

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
INSTITUTO DE CIENCIAS AGRICOLAS



EFFECTO DE NIVEL DE INCLUSIÓN Y TIPO DE PROCESAMIENTO DE PAJA
DE TRIGO SOBRE LA DIGESTIÓN DE LA FRACCIÓN FIBRA EN DIETAS DE
FINALIZACIÓN PARA BOVINOS

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ANIMAL

PRESENTA:

I.A.Z. Jesús Armando Valdéz Albarrán

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Martín Fco. Montaña Gómez

Mexicali, B.C.

Noviembre de 2009.

ESTA TESIS FUE REALIZADA BAJO LA DIRECCIÓN

DEL

CONSEJO PARTICULAR INDICADO, HA SIDO APROBADA POR

EL MISMO Y ACEPTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER

EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ANIMAL

Dr. MARTIN FRANCISCO MONTAÑO GÓMEZ

DIRECTOR DE TESIS

Dr. JOSÉ FERNANDO CALDERÓN CORTÉS

SINODAL

Dra. NOEMÍ GUADALUPE TORRENTERA OLIVERA

SINODAL

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Baja California por haberme dado la oportunidad de formarme profesionalmente dentro de su programa de postgrado.

A mis maestros que durante la duración del programa me fueron guiando en este gran proyecto.

A mi asesor el Dr. Martín Montaña por darme la oportunidad de ser parte de su gran equipo de trabajo, por su paciencia, así mismo por brindarme la confianza para participar en otros proyectos de investigación.

Agradezco a mis amigos la MC Maritza Manríquez y el IAZ Octavio Chirino por todo el apoyo que recibí de ellos durante mi proyecto de tesis.

A mi amigo Everardo Armenta por las veces que me tendió la mano cuando las cosas no estaban del todo bien, gracias.

DEDICATORIAS

Con especial dedicatoria a mi Mamá Marcela que aunque no pudiste acompañarme en la culminación de esta etapa en mi vida, te siento conmigo dándome eterna fortaleza. Gracias vida.

A mis padres que con su esfuerzo y ejemplo me han acompañado desde siempre.

A mis hermanos Pedro, Andrés y Ángel, este es el gran ejemplo que su hermano mayor les quiere transmitir.

CONTENIDO

	Pág.
CARTA AL COMITÉ.....	li
AGRADECIMIENTOS.....	lii
DEDICATORIAS.....	lv
RESUMEN.....	7
SUMMARY.....	8
1. INTRODUCCION.....	9
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	11
2.1 Ganancia de peso.....	11
2.2 Consumo de materia seca.....	12
2.3 Acidosis ruminal.....	13
2.4 Ácidos Grasos Volátiles.....	14
2.5 Almidón.....	16
2.6 Tasa de pasaje.....	17
3. MATERIALES Y METODOS.....	19
3.1. Localización del área de estudio.....	19
3.2 Procedimiento experimental.....	19

3.3 Análisis de las muestras.....	21
3.4 Análisis estadístico.....	22
4. RESULTADOS Y DISCUSION.....	24
5. LITERATURA CITADA.....	33

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Cuadro 1. Composición de las dietas experimentales consumidas por los novillos.....	23
Cuadro 2. Influencia del nivel de inclusión y tipo de procesamiento de paja de trigo sobre características de digestión en rumen y tracto total.....	31
Cuadro 3. Tabla 3. Influencia del nivel de inclusión y tipo de procesamiento de paja de trigo sobre el pH ruminal.....	32

RESUMEN

Se realizó una prueba de metabolismo digestivo con la finalidad de evaluar el efecto de nivel de inclusión y tipo de procesamiento de paja de trigo sobre la digestión de la fracción fibra en dietas de finalización para bovinos. Cuatro novillos Holstein (216 kg PPV), habilitados con cánulas tipo "T" en rúmen y duodeno proximal fueron utilizados con la finalidad de evaluar los efectos de los tratamientos sobre la función digestiva, en un experimento con diseño Cuadrado Latino 4 x 4. Las dietas se basaron en maíz hojueleado a vapor (70-77%), las cuales contenían 0.4% de óxido de cromo como marcador. Los tratamientos consistieron en dos niveles de suplementación de paja de trigo (7 vs 14%) y dos tipos de procesamiento (picado en cedazo de 5 cm de diámetro vs paletizado). La digestión ruminal de la MO incrementó 7% en respuesta al nivel bajo de paja de trigo. El picado incrementó 13% ($P < .05$) el grado de digestión ruminal del N del alimento. La digestión ruminal de almidón incrementó (4.5%: $P < .05$) al comparar la paja de trigo paletizada ofrecida a un nivel de 7% contra la dieta conteniendo 14% de paja de trigo picada. El pH ruminal disminuyó ($P < .05$) en respuesta a la suplementación de paja palatizada. El nivel alto de paja incrementó 7% el flujo de MO a duodeno. El nivel bajo de paja incrementó 5% la digestión de MO en tracto total. No fueron observados efectos de los tratamientos sobre la digestión del almidón en tracto total.

SUMMARY

A trial metabolism trial was conducted to evaluate the influence of level of supplementation of wheat straw (7 and 14%, DM basis) and type of processing (ground vs pelletized) on the fiber digestion value of a steam-flaked corn-based finishing diet (70-77%), using as a marker 0.4% chromic oxide. Four Holstein steers (216 kg EBW) with cannulas in the rumen and proximal duodenum were used to evaluate treatment effects on digestive function in a 4 x 4 Latin square experiment. The low level of straw increased 7% ($P < .05$) OM ruminal digestion. Ruminal N-feed digestion was increased 13% ($P < .05$) by ground. Ruminal starch digestion increased (4.5%: $P < .05$) comparing 7% pelleted diet vs 14% ground diet. Ruminal pH decreased ($P < .05$) by pelleted. The high level of straw increased 7% the flow of OM to duodenum. Total digestion of OM was increased 5% by the low level of straw. No effects of treatments were observed on starch total digestion.

1. INTRODUCCIÓN

El trigo es el principal cultivo agrícola del valle de Mexicali, durante la última década se han destinado anualmente para ello una superficie total que va desde 81,000 a 105, 000 has, abarcando actualmente el 84% de la superficie cultivable (Secretaría de Fomento Agropecuario, 2007). Por cada tonelada de cereal producido en campo, se generan aproximadamente 250 kg. de paja, teniendo como destino final en su gran mayoría la destrucción mediante quemas controladas.

La paja de trigo podría utilizarse como ingrediente en las dietas para bovinos en engorda, aunque a la fecha su inclusión se ha visto limitada principalmente por la baja disponibilidad de su contenido energético, por lo que es necesario encontrar las formas mediante las cuales se logre incrementar la utilización de sus componentes nutrimentales (Lesoing et al., 1980). Es importante el considerar que en animales alimentados con dietas de finalización el forraje realiza otras actividades tales como el mejorar el consumo de alimento (Stock et al., 1990) y reducir el riesgo de acidosis ruminal (Owens et al., 1998).

Existe una gran diversidad de factores que afectan tanto la velocidad como la extensión de la digestibilidad de cada uno de los componentes de la dieta. Dos de los principales factores son la relación forraje:concentrado en la dieta y el tamaño de partícula del forraje (Bourquin et al., 1994).

Shain et al. (1999) observaron un incremento del consumo de materia seca al incluir forraje en dietas de engorda para becerros. Por su parte, Alawa y Owens (1984), observaron que la paja de trigo peletizada incrementó el

consumo de materia seca y materia orgánica en 32 y 20% respectivamente en dietas para ovinos, en comparación con paja cortada o molida. Además, el cortado o paletizado incrementó la digestibilidad de la MO en un 15 y 16%, respectivamente, en comparación con la paja de trigo molida. Al mismo tiempo, la adición de bajos porcentajes de forraje en dietas altas en concentrado además de prevenir problemas digestivos, ayuda a eficientar el consumo de energía (ENg) en animales alimentados con dietas de engorda (Galyean y Defoor, 2003).

Por lo antes expuesto, el objetivo del presente estudio es evaluar el nivel de inclusión y el tipo de procesamiento de la paja de trigo, sobre la digestión de la fracción fibra en dietas de finalización para bovinos.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Ganancia de peso

Theurer et al. (1999) alimentaron novillos con alfalfa, semilla de algodón y paja de trigo como fuente de forraje en tres dietas de finalización. Las tres dietas contenían una concentración basal de 6% de alfalfa y fueron formuladas para suministrar un porcentaje igual de FDN del forraje, adicionando un 6% de alfalfa, 2.8% de semilla de algodón y 3.7 % de paja de trigo. Adicionando 2.8% de semilla de algodón o 3.7% de paja de trigo, la cual fue más efectiva para mantener el consumo de materia seca y la ganancia diaria de peso en comparación a la adición de un 6 % de alfalfa en la dieta, indicando que fuentes de fibra de baja calidad generalmente tienen un valor fibra más alto que forrajes de alta calidad, y mucho de este efecto puede ser atribuido a diferencias en las concentraciones de FDN.

Shain et al. (1999) alimentaron 224 novillos con dietas basales de maíz rolado en seco sin forraje o dietas balanceadas para suministrar porcentajes iguales de FDN de alfalfa o paja de trigo. Las fuentes de forraje fueron pasadas por mallas de .95-, 7.62-, o 12.7 cm. La alfalfa y la paja de trigo contenían 42.8% y 82.0% de FDN y fueron incluidos en la dieta en 10 y 5.2% de materia seca, respectivamente, para proporcionar niveles iguales de FDN del forraje. El consumo de MS fue mínimo para el ganado alimentado con dietas concentradas, pero no difirieron entre alfalfa y paja de trigo cortadas en longitudes diferentes. Ganado alimentado con dietas conteniendo alfalfa ganaron más rápido y fueron más eficientes que aquellos que fueron alimentados con paja de trigo a pesar del tamaño de partícula. No hubo diferencias en ganancia diaria de peso (**GDP**) o conversión alimenticia (**CA**)

observadas entre el ganado alimentado con paja de trigo y dietas concentradas. Al mismo tiempo, comparando el tamaño de partícula no hubo efecto en GDP y CA. Las razones para las diferencias señaladas por Shain et al. (1999) en GDP y la eficiencia en ganancia entre las dietas con paja de trigo y alfalfa no son claras; sin embargo, en virtud de que tanto la concentración de proteína (**CP**), la densidad energética y el consumo de materia seca fue similar entre las dietas, es posible que las diferencias fueron atribuidas a efectos de la fuente de fibra sobre la cinética ruminal.

Así mismo, Deefor et al. (2002) usaron 12 novillos medianos de engorda en tres cuadros latinos 4X4 simultáneos en pruebas de consumo para evaluar los efectos de la dieta para suministrar FDN de alfalfa, heno de sudan, paja de trigo y semilla de algodón en cada cuadro latino a 5, 10, 15% de MS en la dieta. Dentro de cada nivel de forraje FDN suministrada consideraron primeramente la variación en Energía Neta de Ganancia/kg de PV^{.75} (**ENg**) entre las fuentes. La ENg consumo/Kg de PV^{.75} tendió (P<.10) a ser mayor cuando los novillos fueron alimentados con semillas de algodón, heno de sudan y paja de trigo.

2.2 Consumo de Materia Seca

Deefor et al. (2002) sostienen que el llenado físico rara vez limita el consumo en dietas concentradas, entonces cuando una dieta concentrada es diluida con forraje el animal tiende a aumentar su consumo con la finalidad de alcanzar el nivel de energía requerido. Este incrementando el consumo de materia seca es posible hasta un punto en el cual el nivel de forraje es lo suficientemente alto para restringir el consumo por llenado físico, disminuyendo por consiguiente la tasa de consumo.

Bajo el punto de restricción, cambios relativamente pequeños en el nivel de fibra en la dieta resultado de cualquier aumento en el nivel de forraje o un cambio a dietas altas en forraje pueden estimular el consumo de materia seca (**CMS**) hasta un punto que el consumo total de energía aumenta (es un efecto cuadrático del nivel de forraje en el consumo de energía). Este concepto es ilustrado por los resultados de Guthrie et al. 1996, en el cual la GPD fue mayor en ganado alimentado 7.5 y 10% de heno de sudan que aquellos alimentados con dietas con 10% de alfalfa.

2.3 Acidosis Ruminal

En el rumen una proporción del lactato es convertida a acetato, propionato, y butirato. Counotte et al. (1981) encontraron que *Megasphaera elsdenii* era la responsable de la mayoría de la fermentación ruminal del lactato; resultando el propionato como el principal producto.

Tanto la acidosis aguda como la crónica son condiciones que sigue a la ingestión de cantidades excesivas de carbohidratos altamente fermentables, siendo este un problema muy frecuente en la producción de rumiantes cuando se ofrecen dietas muy concentradas. Con la acidosis aguda la acidez ruminal y la osmolalidad aumentan notablemente como ácidos y acumulación de glucosa, que pueden dañar la pared ruminal e intestinal, disminuir el pH sanguíneo y causar deshidratación que puede resultar mortal (Owens et al. ,1998). La acidosis es un proceso que afecta negativamente el consumo de alimento en el corral de engorda (Fulton et al., 1979), así, la respuesta cuadrática en CMS en ocasiones con pequeños incrementos en FDN suministrada por forraje podría reflejarse en la carga acida. Por ejemplo, si el

tamaño de mordida fuese relativamente constante con dietas concentradas, la relación del grano a FDN en cada mordida disminuiría para una dieta con una fuente de FND del forraje mayor comparado con una dieta baja en fibra.

2.4 Ácidos Grasos Volátiles

Las bacterias del rumen son regularmente clasificadas como “productoras de lactato”, o “consumidoras de lactato”. Un balance entre estos dos grupos determina si hay acumulación de lactato. Los productos finales de las cepas bacterianas pueden cambiar dependiendo de la disponibilidad del sustrato y condiciones del cultivo Russell y Hino, (1985). La mayoría de los microorganismos que usan el lactato son susceptibles a pH bajos, donde la mayoría de los productores de lactato se encuentran Owens et al. (1998).

En condiciones anaeróbicas el piruvato es convertido a lactato para regenerarse del NAD usado en la glicólisis. En condiciones normales el lactato no se acumula en el rumen a concentraciones por encima de 5 μ M. En contraste, concentraciones ruminales por encima de 40 μ M son indicativas de una severa acidosis. La absorción de ácidos producto de la fermentación ruminal se asocia con la absorción y el metabolismo de las paredes ruminales y el transporte a través torrente sanguíneo (Pitt et al. 1996). Estudios relacionados con la infusión de AGV muestran que los AGV se absorben a diferentes tasas de absorción en el rumen y la tasa de absorción aumenta a medida que el pH disminuye (Danielli et al., 1945; Gray, 1947; Johnson, 1951; Pfander and Phillipson, 1953; Tsuda, 1956). Esto sugiere que el epitelio del rumen es más permeable para ácidos sin disociar que los ácidos disociados.

Sin embargo, Ash and Dobson (1963) encontraron que a un pH 7 aproximadamente la mitad del acetato fue absorbido de forma disociada.

Las concentraciones de lactato y acetato aumentan como el contenido de MS disminuye hasta 25%, después del cual el lactado es convertido parcialmente a butirato debido al deterioro clostridial. Las concentraciones de lactato varían inversamente y son sensibles al pH. Fracciones de AGV son afectadas de forma mínima a pH altos, pero a pH bajos, el propionato aumenta y el acetato disminuye. Resultando la absorción del butirato más sensible al pH (Pitt et al., 1996).

La masticación, la producción de amortiguadores ruminales, y el pH ruminal aumentan a medida que el forraje y contenido de fibra en la dieta aumenta (Bailey, 1961; Cassida and Stokes, 1986; Beauchemin, 1991). Al mismo tiempo, de acuerdo con Welch, (1982), el tamaño de partícula afecta la rumia y moler el alimento tiende a reducir el pH ruminal (Grant et al. 1990a y b).

La fibra efectiva ha sido definida como el porcentaje de FDN en el alimento, dependiendo del procesamiento físico, que contribuye a satisfacer los requerimientos de FDN Mertens, (1992). Físicamente la fibra efectiva es la fracción del alimento que estimula la masticación, la cual a su vez, estimula la secreción de saliva. Amortiguadores de pH en la saliva tales como bicarbonato y fosfatos neutralizan los ácidos producidos durante la fermentación de MS en el rumen. El balance entre la fermentación ácida y la secreción de amortiguadores de pH es el mayor determinante del pH ruminal. La fracción de MO que es fermentada en el rumen varía mucho entre las dietas. Esta variación afecta los ácidos producidos durante la fermentación y afecta

directamente la fibra físicamente efectiva que es requerida para mantener un adecuado pH ruminal. Allen (1996).

El pH ruminal es un indicativo de gran importancia para la determinación de los requerimientos de fibra en rumiantes. Las dietas deben ser balanceadas para evitar disminuciones drásticas del pH ruminal, mantener un adecuado apetito (Shinozaki, 1959), motilidad ruminal, (Ash, 1959, Shinozaki, 1959), producción microbiana (Hoover, 1986), y una adecuada digestión de fibra (Terry et al., 1969, Hoover, 1986).

2.5 Almidón

La capacidad del intestino para digerir el almidón oscila en rangos de 45 a 85% del almidón que entra al duodeno, con una capacidad aparentemente limitada por el suministro de amilasa pancreática. Sin embargo hay pruebas de que la secreción de amilasa puede ser mejorada mediante el aumento de la entrada de la proteína duodenal (Huntington, 1997). Cultivos de *Streptococcus bovis*, *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Bacteriodes ruminicola*, y *Selenomonas ruminatum* demostraron la importancia de la alimentación cruzada entre especies bacterianas en el logro de una mayor tasa de crecimiento bacteriano y una completa digestión del almidón (Cotta, 1992). Al mismo tiempo, los protozoarios ruminales juegan un rol importante en el proceso de ingestión de gránulos de almidón (con o sin el ataque bacteriano).

El grano entero con un pericarpio intacto es en gran parte o completamente resistente a la digestión por rumiantes porque los granos enteros son resistentes al ataque bacterial. Inversamente el grano es procesado por la aplicación de varias combinaciones de calor, humedad,

tiempo, y acción mecánica. Estos procesos aumentan la digestibilidad del almidón ya que deja expuestos los gránulos de almidón para el ataque bacteriano. Los rumiantes “procesan” el almidón por medio de la masticación, quebrando el pericarpio del grano. La velocidad y el grado de la digestión del almidón en el rumen son determinadas por interrelaciones intrínsecas entre muchos factores, dentro de los cuales se incluye la fuente del almidón de la dieta, la composición de la dieta, alimento consumido por unidad de tiempo, alteraciones mecánicas (procesamiento del grano, masticación), alteraciones químicas (grado de hidratación, gelatinización) y el grado de adaptación de los microbios ruminales a la dieta (Huntington, 1997).

2.6 Tasa de Pasaje

Varios factores de la dieta afectan a medida que los polisacáridos de la pared celular de los forrajes son digeridos por los rumiantes. Dos de estos factores son la relación concentrado:forraje de la dieta y el tamaño de la partícula de forraje. Alimentando a los rumiantes con alimentos concentrados se disminuye la digestión de la pared celular de los polisacáridos; en la mayoría de los casos esta disminución se atribuye a la disminución del crecimiento de microorganismos celulolíticos como consecuencia de la disminución en el pH ruminal, pero la utilización preferencial por los microbios ruminales de carbohidratos fácilmente fermentables vs polisacáridos de la pared celular también puede contribuir a la disminución de la digestión de fibra Hoover (1996). El procesamiento del forraje (molido o peletizado) usualmente aumenta el consumo y la digesta por el rumen y así disminuye la digestibilidad de la fibra debido a la disminución del tiempo en el rumen (Fahey et al., 1993).

El tamaño de las partículas de forraje juega un papel importante en la determinación de tiempo de retención ruminal (Welch, 1992). Reduciendo el tamaño de la partícula de forraje puede aumentar la tasa de pasaje desde rumen, se reduce el efecto de dilución energética de la dieta resultado de la adición de forraje, y reduce la eficacia de la fibra para mantener el funcionamiento normal del rumen, sin embargo de forma mínima ayuda a reducir la acidosis (Shain et al., 1999). Contrariamente si la partícula de forraje es muy larga, el consumo total y la energía consumida puede disminuir debido al aumento del tiempo de retención ruminal. Sniffen et al. (1992) demostraron que reduciendo la partícula de forraje reduce FDNe del forraje. Además, Pitt et al. (1996) observaron que en dietas conteniendo menos de 30% de FDNe, al disminuir el nivel de FDNe, el pH ruminal disminuía.

Marshall et al. (1992) encontraron que la tasa y el grado de la digestión ruminal del almidón fue similar en dietas de finalización, usando diferentes fuentes de forraje, o diferente tamaño de partícula del forraje, alfalfa peletizada o mazorcas molidas. Reduciendo el tamaño de la partícula de forraje en dietas que contenían alfalfa o paja de trigo no hubo influencia en la tasa de pasaje del maíz y del forraje. Sin embargo las tasas de pasaje para maíz y forraje en dietas que contenían partículas pequeñas de forraje fueron numéricamente mejores Welch (1982).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización del área de estudio. El presente estudio se realizó en la Unidad de Metabolismo Digestivo del Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias de la UABC, en la ciudad de Mexicali, B.C. El clima se define como cálido muy seco, donde se presenta una temperatura media anual de 22 °C, con oscilaciones de la media mensual mayores a 14 ° C, con lluvias en invierno (SARH, 2007).

3.2 Procedimiento experimental. Se utilizaron cuatro novillos Holstein (216 kg PVV) habilitados con cánulas tipo “T” en rumen y duodeno proximal (a 6 cm del esfínter pilórico) en un experimento, con la finalidad de evaluar el efecto de los tratamientos sobre la función digestiva. Las dietas experimentales utilizadas se muestran en el Cuadro 1. A todas las dietas les fue adicionado óxido crómico como marcador.

Los novillos se alojaron en corraletas individuales (3.9 m²) con comedero individual y bebedero automático compartido. El consumo se ajustó en base al 2.1 % del peso vivo. Las dietas fueron ofrecidas diariamente a los 0800 y 2000 h. Los cuatro períodos experimentales consistieron en 10 d de adaptación a las dietas, seguido de un período de 4 d de colección, empezando el día 12 de abril de 2008 y finalizando el 06 de junio de 2008.

Los tratamientos fueron asignados a las unidades experimentales manera aleatoria.

Los tratamientos quedaron de la siguiente manera:

TMT1: paja de trigo picada 14%;TMT2: paja de trigo peletizada 14%;TMT3: paja de trigo picada 7%;TMT4: paja de trigo peletizada 7%

Durante el período de colección se tomaron muestras de contenido duodenal y de heces a todos los novillos. El muestreo se realizó dos veces por día, basado en el siguiente protocolo: d 1, 1050 y 1650 h; d 2, 0900 y 1500 h; d 3, 0730 y 1330 h; y d 4, 0600 y 1200 h. La cantidad de muestra obtenida cada vez que se efectuó la recolección fue de aproximadamente 750 ml de líquido duodenal y 200 g de heces (base húmeda) en cada muestreo por animal. Las muestras de cada novillo en cada periodo de colección, se mezclaron con el propósito de formar una muestra compuesta la cual se congeló a -20°C para su posterior análisis.

Durante el día final de cada período de colección, se obtuvieron muestras del contenido ruminal mediante la cánula ruminal, a un tiempo de 4 h después de la alimentación matutina. El pH del fluido ruminal fue determinado en las muestras frescas con un potenciómetro. De manera inmediata a la lectura del pH, las muestras fueron filtradas a través de 4 gasas para posteriormente agregar 2 ml de ácido metafosfórico al 25% (p/v) recién preparado a 8 ml de fluido ruminal previamente filtrado. Las muestras fueron centrifugadas (17,000 r.p.m. x g por un período de 10 min) y el fluido sobrenadante fue almacenado a -20°C para el análisis de AGV's.

Antes de la finalización del experimento, se obtuvo contenido ruminal de cada uno de los novillos, mezclándose todas las muestras con la finalidad de obtener una muestra representativa del contenido bacteriano ruminal por medio

de centrifugación diferencial (Bergen et al., 1968).

3.3 Análisis de las muestras.

Las muestras fueron sometidas a los siguientes análisis: Materia Seca (secado en estufa a 65 °C hasta no perder peso); cenizas, (AOAC, 1975); concentración de AGV's en fluido ruminal (cromatografía de gas; Zinn, 1988); óxido crómico (Hill and Anderson, 1958) y almidón (Zinn, 1990). La MOM y el NM que abandonan el abomaso se calcularon usando purinas como marcadores microbiales (Zinn y Owens, 1986). La MOF fue considerada igual a la MO consumida menos la diferencia entre la cantidad de MO total que alcanza el duodeno y la MOM que alcanza el duodeno. El N del alimento que escapa hacia intestino delgado fue considerado igual al N total que abandona abomaso menos el N amoniacal y el NM, por lo tanto, esto incluye cualquier contribución endógena. La producción total de metano fue calculada en base al balance de fermentación teórica para la distribución molar de AGV's y MO fermentada en el rúmen (Wolin, 1960).

3.4 Análisis estadístico.

El experimento fue analizado como un Cuadrado Latino 4 x 4 (Hicks, 1973), bajo el siguiente modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + \tau_i + C_j + H_k + \varepsilon_{ijkl}$$

donde:	Y_{ijkl}	=	Variable de respuesta
	μ	=	Media general
	τ_i	=	Efecto del i-ésimo tratamiento, $i=1.....t=4$
	C_j	=	Efecto de la j-ésima columna, $j=1.....b=4$
	H_k	=	Efecto de la k-ésima hilera, $k=1.....n=4$
	ε_{ijkl}	=	Error experimental

Supuestos:

$$\begin{aligned} \text{Los } \varepsilon_{ijk} &\sim \text{NI } (0, \sigma^2). \\ C_j &\sim \text{NI } (0, \sigma_c^2). \\ H_k &\sim \text{NI } (0, \sigma_k^2). \end{aligned}$$

Los efectos de los tratamientos fueron separados utilizando la prueba de diferencia mínima significativa; todo lo anterior de acuerdo con lo especificado por Hicks (1973).

Cuadro 1. Composición de las dietas experimentales consumidas por los novillos

Concepto	14 % Paja de trigo		7% Paja de trigo	
	Picada	Peletizada	Picada	Peletizada
Maíz blanco, hojueleado	70.00	70.00	77.00	77.00
Paja de trigo, picada	14.00		7.00	
Paja de trigo, peletizada		14.00		7.00
Melaza de caña	6.00	6.00	6.00	6.00
Canola, pellets	3.70	3.70	3.70	3.70
Grasa amarilla	2.80	2.80	2.80	2.80
Roca caliza	1.40	1.40	1.40	1.40
Urea	1.30	1.30	1.30	1.30
Sal TM ^a	0.35	0.35	0.35	0.35
Óxido de cromo ^b	0.35	0.35	0.35	0.35
Óxido de magnesio	0.10	0.10	0.10	0.10

^a Sal conteniendo: CoSO₄,.68%; CuSO₄, 1.04%; FeSO₄, 3.57%; ZnO, 1.24%; MnSO₄, 1.07%; KI, .052% y NaCl, 92.96%.

^b Añadido a la dieta como marcador de digesta.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

5. Los resultados del experimento sobre digestión y metabolismo digestivo se observan en el Cuadro 2. La digestión ruminal de la MO incrementó 7% (73 vs 68 %; $P < .05$) en respuesta a la inclusión de paja de trigo a un nivel de 7% en la dieta total. Resultados similares son reportados por Sultan y Loerch, (1992), quienes observaron que la digestibilidad ruminal de la MO fue 1.33 veces mejor para la dieta conteniendo el menor porcentaje de paja de trigo (42 vs 70). El utilizar paja de trigo paletizada a nivel de 7% incrementó la digestibilidad de la MO ($P < .05$) al compararla con paja ofrecida a nivel del 14%, independientemente de su tipo de procesamiento. Nuestros resultados concuerdan con los presentados por Bourquin et al. (1994) al estar trabajando con dietas para becerros (60 vs 96%)

Disminuciones en la digestión ruminal de la MO son usualmente atribuidas a una disminución del tiempo de permanencia observada como respuesta al procesamiento excesivo de los forrajes. Bourquin et al. (1994) observaron una disminución de la digestión de MO en animales que consumieron forraje molido (cortado vs molido), lo cual conforme con estos investigadores pudo haber sido resultado de un menor pH ruminal, el cual probablemente se presentó debido a una disminución de la producción de saliva resultante de un menor tiempo de rumia.

Respecto a la digestión ruminal de almidón, solo se observó un incremento significativo (4.5%; $P < .05$) al comparar la paja de trigo peletizada ofrecida a un nivel de 7% contra la dieta conteniendo 14% de paja de trigo picada. En cuanto a la digestión total de monosacáridos a nivel ruminal, Bourquin et al. (1994) reportaron resultados similares ($P < .05$) al estar trabajando con dietas para novillos (96 vs 60%). De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente experimento, estos mismos autores observaron que la digestión ruminal de FT, FDA y FDN no fue afectada por el tamaño de partícula, aunque disminuyó numéricamente como respuesta al consumo de la dieta con menor cantidad de forraje. Mientras que Garrett et al. (1961) reportan que el paletizado aumenta el consumo de MS y disminuye el tiempo de consumo de alimento, al mismo tiempo que Alawa y Owens (1984), reportan que la paja de trigo peletizada reduce significativamente el tiempo de rumia comparado con paja de trigo picada, en este trabajo no fueron observados efectos de los tratamientos sobre digestibilidad de FND, almidón ni eficiencia del N microbial. Esto puede deberse en parte a que durante el experimento los animales fueron programados bajo un consumo limitado de alimento, lo cual pudo haber influido en la tasa de pasaje.

El pH ruminal disminuyó ($P < .05$) en respuesta a la suplementación de paja peletizada (ver Tabla 3). Los mayores valores (pH 5.95) fueron observados en respuesta a la dieta con 14% de paja picada, mientras que valores similares fueron observados al utilizar dietas con 7% de paja

independientemente de que esta fuera molida o peletizada. Lo anterior puede deberse a que el reducir el tamaño de partículas puede causar reducciones en el flujo de saliva, y consecuentemente modificaciones en cuanto a la capacidad tampón a nivel ruminal (Merchen et al., 1986).

En otros experimentos (Bourquin et al., 1994), no se observó diferencia significativa ($P > .10$) sobre el pH ruminal al comparar 2 niveles de paja (60 vs 96%). Cuando los animales consumieron la dieta con 60% de paja el pH ruminal disminuyó de valores de 6.7 antes de la alimentación, hasta 5.6 a 3 horas después de la alimentación. Al mismo tiempo, los valores de pH ruminal observados 3 horas después de la alimentación fueron de 6.2 para los animales que recibieron la dieta con 96% de forraje. La mayor disminución observada en los animales que recibieron 60% de forraje fue debido a la rápida fermentación de los componentes concentrados de la dieta.

Al mismo tiempo, no fueron observadas diferencias ($P > .10$) sobre el pH ruminal al comparar 2 tamaños de partícula de forraje (picado vs molido). Cuando los animales consumieron la dieta de forraje molido, el pH ruminal disminuyó de valores de 6.7 antes de la alimentación, hasta 5.8 a 4 horas después de la alimentación. Al mismo tiempo, los valores de pH ruminal observados 4 horas después de la alimentación fueron de 6.1 para los animales que recibieron la dieta con forraje picado (Bourquin et al., 1994). El nulo efecto de los tratamientos sobre los valores de pH ruminal pueden deberse en este caso al alto contenido de forraje utilizado en el experimento, el cual por sí mismo, ejerce un efecto amortiguador.

Coincidiendo con nuestros resultados, Shain et al. (1999) observaron que el pH ruminal promedio para los novillos alimentados con partículas grandes de paja de trigo fue más alto al comparar dos tratamientos (picado vs molido). Aunque Merchen et al. (1986) no observaron efecto del nivel de consumo sobre el pH ruminal, esto puede deberse al alto contenido de forraje de las dietas utilizadas (25 vs 75%).

Al mismo tiempo, la NRC (1996) propone que bajas concentraciones de FDNe en la dieta pueden disminuir el pH ruminal, que a su vez reduce el consumo de materia seca (CMS) y el valor de la EN de la dieta, lo cual de acuerdo con Montaña et al. (2000), se presenta debido a un efecto de dilución energética de la dieta. Ellos propusieron la existencia de niveles mínimos de FND con la finalidad de mantener un adecuado pH y maximizar tanto la digestión del forraje como el crecimiento microbiano.

A nivel duodenal se observó efecto del nivel de paja de trigo sobre MO, la cual incrementó (7.4%:P <.05) en respuesta a las dietas conteniendo 14% de paja de trigo. Al mismo tiempo, el nivel alto de paja incrementó (26.7%:P <.05) el nivel de FND lo cual se explica en parte a la baja digestibilidad presentada a nivel ruminal. No fueron observados efectos de los tratamientos sobre el flujo de almidón ni del N microbiano. Acorde con nuestros resultados, Sultan y Loerch, (1992) observaron un incremento en el flujo de MO en respuesta al incremento del nivel de paja de trigo en la dieta. Además, Bourquin et al. (1994) reportaron que el paso a duodeno de MO total no fue afectado por el tamaño de partícula, pero fue mayor cuando los animales consumieron dietas altas en forraje, debido

principalmente a la menor digestibilidad de la dieta. Acorde con nuestros resultados, Sultan y Loerch, (1992), observaron que el flujo de FDN al abomaso incrementó a medida que se incrementó el nivel de forraje, en una prueba en la cual utilizaron paja de trigo a dos niveles (42 y 70%). Resultados similares son reportados por (Merchen et al., 1986), quienes observaron que el flujo duodenal de FDN incrementó a medida que incrementaba el porcentaje de forraje (25 vs 75), lo cual de acuerdo con estos autores puede ser debido a una disminución de la digestión ruminal de la FDN a medida que incrementa el nivel de forraje en la dieta. No se observaron efectos de los tratamientos sobre almidón.

El nivel de paja de trigo afectó la digestión total de MO. El utilizar dietas con 7% de paja incrementó (5%:P < .05) la digestión de MO en tracto total. Es importante observar que el peletizado no tuvo efecto negativo, estadísticamente significativo sobre la digestión total de MO, independientemente del nivel de paja ofrecido. Resultados similares fueron reportados por Sultan y Loerch, (1992), quienes observaron un incremento en la digestibilidad de MO al comparar dos niveles de paja de trigo (42 vs 72). Asimismo, Alawa y Owens (1984), reportaron que el cortado o paletizado incrementa la digestibilidad de la MO en un 15 y 16%, respectivamente, en comparación con la paja de trigo molida. No fueron observados efectos de los tratamientos sobre la digestibilidad de FND en tracto total. Resultados similares fueron reportados por Hoover, (1986) al estar trabajando con dietas con diferente tamaño de partícula (picado vs molido), al no observar efecto sobre la digestibilidad en tacto total de las

fracciones de fibra (FAD y FND). Por otra parte, como respuesta al consumo de dietas con menor cantidad de forraje Bourquin et al. (1994) observaron una disminución de la digestibilidad de fibra total (FT), FAD y FND en 10 unidades de porcentaje en promedio, lo cual coincidiendo con los mismos autores, pudiera ser provocado por factores tales como una disminución del pH ruminal, lo cual provoca una disminución del crecimiento de bacterias celulolíticas, así como la utilización primeramente de los carbohidratos rápidamente fermentables por parte de los microorganismos ruminales, comparados contra los carbohidratos de la pared celular.

Bourquin et al. (1994), reportaron subsecuentes incrementos en la digestión postruminal de la fracción fibra en los animales que consumieron dietas con la menor cantidad de forraje (60 vs 96%). La proporción de la digestión total de la fibra observada en intestino delgado fue mucho mayor de lo esperado, promediando 18, 29 y 17% de la digestión en tracto total de FT, FND y FAD, respectivamente. De acuerdo con estos autores, esta aparente digestibilidad de la fibra en intestino delgado pudiera ser debido a una sobreestimación del paso de MS a duodeno o del contenido duodenal de FT, FND y FAD. Concordando con nuestros resultados, Kerley et al. (1985), reportaron que la digestión total en el tracto de FDN no fue diferente entre dietas conteniendo 36 y 76 % de paja de trigo. Sobre este mismo tema, Lesoing et al. (1981), observaron que dietas conteniendo niveles de menos del 20% de paja de trigo, fueron utilizadas más eficientemente, lo cual confirma que la capacidad de digestión eficiente de fibra a nivel ruminal presenta un límite fisiológico.

No fueron observados efectos de los tratamientos sobre la digestión del almidón en tracto total. Resultados similares son reportados por Bourquin et al. (1994), quienes no observaron efecto al comparar el tamaño de partícula de forraje picado contra molido.

Cuadro 2. Influencia del nivel de inclusión y tipo de procesamiento de paja de trigo sobre características de digestión en rumen y tracto total.

Variable	Nivel de paja de trigo en la dieta				CME
	14 %		7%		
	Método de procesamiento ^a				
	Picada	Peletizada	Picada	Peletizada	
Consumo, g/d					
MS	4324.00	4324.00	4371.00	4277.00	
MO	4079.97	4057.70	4165.13	4073.09	
FDN	705.48	677.89	520.88	501.65	
N	89.02	88.52	88.88	86.81	
Almidón	23.83	24.58	26.30	25.19	
Abandonando abomaso, g/d					
MO ^{bcd}	1980.66	1973.16	1882.21	1779.91	60.29
FDN ^{bcdi}	446.18	456.84	334.49	326.69	32.28
Almidón	334.77	291.41	347.96	256.05	30.98
N Microbial	66.25	64.97	73.66	67.13	2.79
N dieta ^{adefh}	25.72	34.39	21.32	27.97	2.07
Digestión ruminal, %					
MO ^{bcd}	67.97	67.56	72.77	72.45	0.01
FDN	38.22	33.81	37.77	33.75	0.05
Eficiencia del N microbial ^g	23.74	23.57	24.44	22.93	1.07
Almidón ^b	86.25	88.04	87.08	89.74	0.01
Digestión en tracto total, %					
MO ^{dh}	80.39	79.99	84.03	83.20	0.01
FDN ^f	41.96	45.16	49.38	34.18	0.04
Almidón	98.40	98.11	99.05	98.78	0.01

^a Efecto de procesamiento (P <.05)

^b TMT1 vs TMT4 (P <.05)

^c TMT2 vs TMT4 (P <.05)

^d Efecto de nivel (P <.05)

^e TMT1 vs TMT2 (P <.05)

^f TMT3 vs TMT4 (P <.05)

^g Eficiencia microbial = Nitrógeno microbial, g/kg de MO fermentada.

^h TMT2 vs TMT3 (P <.05)

ⁱ TMT1 vs TMT3 (P <.05)

Cuadro 3. Influencia del nivel de inclusión y tipo de procesamiento de paja de trigo sobre el pH ruminal.

Variable	14 % Paja de trigo		7% Paja de trigo		CME
	Picada	Peletizada	Picada	Peletizada	
pH ruminal ^a	5.95	5.38	5.6	5.5	0.09

^a Efecto de procesamiento (P <.05)

6. LITERATURA CITADA

- Alawa, J. P. and E. Owens. 1984. The effect of milling and sodium hydroxide treatments on intake and digestibility of wheat straw by sheep. *Animal Feed Sciences and Technology*. 11:149-157.
- Allen, M. S. 1996. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. *J Anim Sci* 1996. 74:3063-3075.
- AOAC. 1975. Official methods of analysis. Official analytical chemist. 12th ed. Washington D.C.
- Ash, R. W. 1959. Inhibition and excitation of reticulo-rumen contractions following the introduction of acids into the rumen and abomasum. *J. Physiol.* 147:58.
- Ash, R. W., and A. Dobson. 1963. The effect of absorption on the acidity of rumen contents. *J. Physiol. (Lond.)* 169:39.
- Bailey, C. B. 1961. Saliva secretion and its relation to feeding in cattle. 3. The rate of secretion of mixed saliva in the cow during eating, with an estimate of the magnitude of the total daily secretion of mixed saliva. *Br. J. Nutr.* 15:443.
- Beauchemin, K. A. 1991. Ingestion and mastication of feed by dairy cattle. *Vet. Clin. North Am.* 7:439.
- Bergen, W. G., D. B. Purser, and J. H. Cline. 1968. Effect of ration on the nutritive quality of rumen microbial protein. *J. Anim. Sci.* 27:1497.
- Bourquin, L. D., E. C. Titgemeyer, N. R. Merchen and G. C. Faher Jr. 1994.

- Forage level and particle size effects on orchardgrass digestion by steers; I. Site and extent of organic matter, nitrogen, and cell wall digestion. *J. Anim. Sci.* 72:746-758.
- Cassida, K. A., and M. R. Stokes. 1986. Eating and resting salivation in early lactation dairy cows. *J. Dairy Sci.* 69:1282.
- Cotta, M. A. 1992. Interaction of ruminal bacteria in the production and utilization of maltooligosaccharides from starch. *Appl. Environ. Microbiol.* 58:48.
- Counotte, G.H.M., R. A. Prins, R.H.A. Janssen, and M.J.A. deBie. 1981. Role of *Megasphaera elsdenii* in the fermentation of DL- [2-13C]lactate in the rumen of dairy cattle. *Appl. Environ. Microbiol.* 42:649.
- Danielli, J. F., M.W.S. Hitchcock, R. A. Marshall, and A. T. Phillipson. 1945. The mechanism of absorption from the rumen as exemplified by the behaviour of acetic, propionic, and butyric acids. *J. Exp. Biol.* 22:75.
- Defoor, P. J., M. L. Galyean, G. B. Salyer, G. A. Nunnery, and C. H. Parsons. 2002. Effects of roughage source and concentration on intake and performance by finishing heifers. *J. Anim. Sci.* 80:1395–1404.
- Fahey, G. C., Jr., L. D. Bourquin, E. C. Titgemeyer, and D. G. Atwell. 1993. Postharvest treatment of fibrous feedstuffs to improve their nutritive value. In: H. G. Jung, D. R. Buxton, R. D. Hatfield, and J. Ralph (Ed.) *Forage Cell Wall Structure and Digestibility*. pp 715-766. ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI.
- Fulton, W. R., T. J. Klopfenstein, and R. A. Britton. 1979. Adaptation to high

- concentrate diets by beef cattle. I. Adaptation to corn and wheat diets. J. Anim. Sci. 49:775-784.
- Galyean, M. L. and P. J. Defoor. 2003. effects of roughage source and level on intake feedlot cattle. J. Anim. Sci. 81:E8-16.
- Garrett, W. N., J.H. Meyer, G.P., Lofgreen and G.P. Dobie. 1961. Rffect of pellet size and composition on feedlot performance, carcass characteristics and rumen parakeratosis of fattening steers. J. Anim. Sci. 20:833-838.
- Grant, R. J., and D. R. Mertens. 1992a. Influence of buffer pH and raw corn starch addition on *in vitro* fiber digestion kinetics. J. Dairy Sci. 75:2762.
- Grant, R. J., and S. J. Weidner. 1992b. Digestion kinetics of fiber: Influence of *in vitro* buffer pH varied within observed physiological range. J. Dairy Sci. 75:1060.
- Gray, F. V. 1947. The absorption of volatile fatty acids from the rumen. J. Exp. Biol. 24:1.
- Guthrie, M. J., M. L. Galyean, K. J. Malcolm-Callis, and G. C. Duff. 1996. Roughage source and level in beef cattle finishing diets. Prof. Anim. Sci. 12:192–198
- Hicks, C. R. 1973. Fundamental Concepts in the Design of Experiments. Holt, Rinehart and Winston, New York.
- Hill, F. N. and D. L. Anderson. 1958. Comparison of metabolizable energy and productive energy determination with growing chicks. J. Nutr. 64:587.

- Hoover, W. H. 1986. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. *J. Dairy Sci.* 69:2755.
- Huntington, G. B. 1997. Starch utilization by ruminants: from basics to the bunk. *J Anim Sci* 1997. 75:852-867.
- Johnson, R. B. 1951. The relative rates of absorption of the volatile acids from the rumen and their relationship to ketosis. *Cornell Vet.* 41:115.
- Kerley, M. S., G. C. Fahey, Jr., L. L. Berger, J. M. Gould, and F. L. Baker. 1985. Alkaline hydrogen peroxide treatment unlocks energy in agricultural by products. *Science.* 230:820-822.
- Lesoing G., I. Rush, T. Klopfenstein and J. Ward. 1980. Wheat straw in growing cattle diets. *J. Anim. Sci.* 51:257-262.
- Marshall, S. A., C. P. Campbell, I. B. Mandell, and J. W. Wilton. 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.* 70:884-893.
- McCarthy, R. D., Jr., T. H. Klusmeyer, J. L. Vicini, and J. H. Clark. 1989. Effects of source of protein and carbohydrate on ruminal fermentation and passage of nutrients to the small intestine of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 72:2002.
- Merchen, N. R., J. L. firkins, and I. L. berger. 1986. Effect on intake and forage level on ruminal turnover rates, bacterial protein synthesis and duodenal amino acid flows in sheep. *J. Anim. Sci.* 62:216-225.

- Mertens, D. R. 1992. Nonstructural and structural carbohydrates. In: H. H. Van Horn and C. J. Wilcox (Ed.) Large Dairy Herd Management. p 219. Am. Dairy Sci. Assoc., Champaign, IL.
- Montaño, M. F., K. F. Preciado, and R. A. Zinn. 2000. Influence of level of supplementation on the feeding value of cane molasses in growing-finishing diets for feedlot cattle. *Proceedings* 51:537-540.
- NRC. 1996. Nutrient Requirements of Beef Cattle. National Academy Press, Washington, DC.
- Oliveira, J. S., J. T. Huber, J. M. Simas, C. B. Theurer, and R. S. Swingle. 1995. Effect of sorghum grain processing on site and extent of digestion of starch in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 78:1318.
- Owens, F. N., D. S. Secrist, W. J. Hill and D. R. Gill. Acidosis in cattle: a review. 1998. *J Anim Sci* . 76:275-286.
- Pfander, W. H., and A. T. Phillipson. 1953. The rates of absorption of acetic, propionic, and n-butyric acids. *J. Physiol. (Lond.)* 122:102.
- Pitt, R. E., J. S. Van Kessel, D. G. Fox, A. N. Pell, M. C. Barry, and P. J. Van Soest. 1996. Prediction of ruminal volatile fatty acids and pH within the net carbohydrate and protein system. *J. Anim. Sci.* 74:226–244.
- Russell, J. B., and T. Hino. 1985. Regulation of lactate production in *Streptococcus bovis*: A spiraling effect that contributes to rumen acidosis. *J. Dairy Sci.* 68:1712-1721.
- SARH. 2007. INIA-CIANO. Guía para la asistencia técnica agrícola: Área de

influencia del CAEMEXI. ED. CAEMEXI, 2da. Edición.

Shain, D. H., R. A. Stock, T. J. Klopfenstein, and D. W. Herold. 1999. The effect of forage source and particle size on finishing yearling steer performance and ruminal metabolism. *J. Anim. Sci.* 77:1082–1092.

Shinozaki, K. 1959. Studies on experimental bloat in ruminants. 5. Effects of various volatile fatty acids introduced into the rumen on the rumen motility. *Tohoku J. Agric. Res.* 9:237.

Sniffen, C. J., J. D. O'Connor, P. J. Van Soest, D. G. Fox, and J. B. Russell. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.* 70:3562-3577.

Spicer, L. A., C. B. Theurer, J. Sowe, and T. H. Noon. 1986. Ruminal and post ruminal utilization of nitrogen and starch from sorghum grain-, corn- and barley-based diets by steers. *J. Anim. Sci.* 62: 521.

Stock, R. A., D. R. Brink, R. A. Britton, F. K. Goedecken, M. H. Sindt, K. K. Kreikemeier, M. L. Bauer, and K. K. Smith. 1987a. Feeding combinations of high moisture corn and dry-rolled sorghum to finishing steers. *J. Anim. Sci.* 65:290.

Stock, R. A., M. H. Sindt, J. C. Parrot, and F. K. Goedecken. 1990. Effects of grain type, roughage level and monensin level on finishing cattle performance. *J. Anim. Sci.* 68:3441-3455.

Streeter, M. N., and M. J. Mathis. 1995. Effect of supplemental fish meal protein of site and extent of digestion in beef steers. *J. Anim. Sci.* 73:1196.

- Streeter, M. N., D. G. Wagner, C. A. Hibberd, and E. D. Mitchell, Jr. 1990a. Effect of variety of sorghum grain on digestion and availability of dry matter and starch in vitro. *Anim. Feed Sci. Tech.* 29:279.
- Streeter, M. N., D. G. Wagner, F. N. Owens, and C. A. Hibberd. 1989. Combinations of high-moisture harvested sorghum grain and dry-rolled corn: Effects on site and extent of digestion in beef heifers. *J. Anim. Sci.* 67:1623.
- Sultan, J. I. and S. C. Loerch. 1992. Effects of protein and energy supplementation of wheat straw-based diets on site of nutrient digestion and nitrogen metabolism of lambs. *J Anim Sci* 70: 2228-2234.
- Terry, R. A., J.M.A. Tilley, and G. E. Outen. 1969. Effect of pH on the cellulose digestion under in vitro conditions. *J. Sci. Food Agric.* 20:317.
- Theurer, C. B., R. S. Swingle, R. C. Wanderley, R. M. Kattnig, A. Urias, and G. Ghenniwa .199. Sorghum grain flake density and source of roughage in feedlot cattle diets. *J Anim Sci* 1999 77: 1066-1073.
- Tsuda, T. 1956. Studies on the absorption from the rumen. II. Absorption of several organic substances from the miniature rumen of the goat. *Tohoku J. Agric. Res.* 7:241.
- Welch, J. G. 1982. Rumination, particle size and passage from the rumen. *J. Anim. Sci.* 54:885-894.
- Wolin, M. J. 1960. A theoretical rumen fermentation balance. *J. Dairy Sci.* 43:1452.

- Zinn, R. A. 1987. Influence of lasalocid and monensin plus tylosin on comparative feeding value of steam-flaked versus dry-rolled corn in diets for feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 65:256.
- Zinn, R. A. 1988. Comparative feeding value of supplemental fat in finishing diets for feedlot steers supplemented with and without monensin. *J. Anim. Sci.* 66:213.
- Zinn, R. A. 1988. Influence of tempering on the comparative feeding value of rolled and steam-flaked corn for feedlot steers. *Proc West. Sect. Am. Sci. Anim. Sci.* 39:286.
- Zinn, R. A. 1990. Influence of flake density on the comparative feeding value of steam-flaked corn for feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 68:767.
- Zinn, R. A. 1990a. Influence of steaming time on site of digestion of flaked corn in steers. *J. Anim. Sci.* 68:776.
- Zinn, R. A. 1990b. Influence of flake density on the comparative feeding value of steam-flaked corn for feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 68:767.
- Zinn, R. A. 1991. Comparative feeding value of steam-flaked corn and sorghum in finishing diets supplemented with or without sodium bicarbonate. *J. Anim. Sci.* 69:905.
- Zinn, R. A. 1993a. Influence of processing on the feeding value of barley for feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 71:3.
- Zinn, R. A. 1993b. Influence of processing on the feeding value of oats for feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 71:2303.

Zinn, R. A. and F. N. Owens. 1986. A rapid procedure for purine measurement and its use for estimating net ruminal synthesis. *Can. J. Sci.* 66:157.

Zinn, R. A., and J. L. Borques. 1993. Influence of sodium bicarbonate and monensin on utilization of a fat-supplemented, high-energy growing-finishing diet by feedlot steers. *J. Anim. Sci.* 71:18.

Zinn, R. A., C. F. Adam, and M. S. Tamayo. 1995. Interaction of feed intake on comparative ruminal and total tract digestion of dry rolled and steam-flaked corn. *J. Anim. Sci.* 73:1239.