

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
INSTITUTO DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
MAESTRIA EN CIENCIAS EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ANIMAL



**INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE HENO DE ALFALFA EMPACADO
EN TROZOS A DIETAS DE RECEPCIÓN Y FINALIZACIÓN SOBRE EL
COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y DIGESTIBILIDAD
EN NOVILLOS DE ENGORDA**

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS EN SISTEMAS
DE PRODUCCION ANIMAL**

**PRESENTA
FRANCISCO LOYA OLGUIN**

**ASESOR:
Ph. D. LEONEL AVENDAÑO REYES**

MEXICALI, B. C. ENERO DE 2007

ESTA TESIS FUE REALIZADA BAJO LA DIRECCIÓN DEL CONSEJO PARTICULAR INDICADO, HA SIDO APROBADA POR EL MISMO Y ACEPTADA COMO REQUISITO PARA OBTENERE EL GRADO DE:

:

MAESTRO EN CIENCIAS EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ANIMAL

Consejo Particular

PRESIDENTE

Ph.D. Leonel Avendaño Reyes

SECRETARIO

Ph.D. Sergio Antonio Soto Navarro

SINODAL

M.C. Juan Rodríguez García

“POR LA REALIZACIÓN PLENA DEL HOMBRE”

Ejido Nuevo León, Valle de Mexicali, Baja California, México, Enero de 2007

AGRADECIMIENTOS

- Al Consejo de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo económico brindado con el cual me fue posible realizar esta maestría.
- Al Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Baja California por permitirme continuar mi superación personal y académica.
- Al Ph.D. Leonel Avendaño Reyes, por ser el director del presente trabajo, por sus enseñanzas y por su amistad.
- Al M.C. Juan Rodríguez García, por su valiosa cooperación en el presente trabajo, por su amistad y por ser excelente maestro.
- Al Ph.D. Sergio Soto Navarro, por el gran apoyo al ayudarme a realizar mi estancia en las instalaciones de New Mexico State University, por sus enseñanzas y amistad.
- Al Ph.D. Manuel Encinias y su familia, por el gran apoyo y amistad brindada durante mi estancia en Clayton Livestock Research Center.
- A los compañeros de trabajo durante mi estancia en CLRC M.S. Derek Walter, Casey, Lisa y Laurie, que me brindaron su ayuda y amistad.
- A la Ing. Elydeth Camacho Medina, por brindarme su ayuda durante los análisis de laboratorio de este experimento, por su apoyo y amistad.
- A los Sres. Delfino Torres, Juan Topete y muchos más trabajadores del ICA que me brindaron su ayuda y amistad durante mi estancia.
- A los alumnos y compañeros, que por mencionar algunos, Alfonso, Juan, Jorge, Jaime, Mario, Paco, Janer, Ulises, Adelfo, Sabas, Rolando, Víctor, Giovanni, Horacio y Carlos, entre muchos más, compartí momentos inolvidables, gracias por ofrecerme su amistad.

DEDICATORIAS

A Dios por darme la vida y permitirme llegar a este momento.

A mis padres Irma Mercedes Olguín de Loya y José Loya Ramírez que me han apoyado en todo y su comprensión en esos momentos difíciles de mi vida que me han enseñado a seguir adelante.

A mis hermanos José Lenin Loya Olguín y Jakovsi Yair Loya Olguín, por su apoyo durante mi desarrollo profesional y en mi vida.

A mi novia Mariana Álvarez Rubalcava, que me apoyó durante mis estudios y por su comprensión.

A mis compañeros de la maestría que en todo momento me han brindado su apoyo y amistad.

RESUMEN

Se realizaron 3 experimentos para evaluar el efecto del empacado de heno de alfalfa en trozos y tradicional en dietas de recepción y finalización. En experimento 1 se utilizaron 108 becerros cruzados con PV inicial promedio de 183.1 ± 1.2 kg usándose 9 becerros por corral y 6 corrales por tratamiento en un diseño completamente al azar. Las dos dietas consistieron en 65% de concentrado. La GDP y la conversión alimenticia fue mayor ($P = 0.001$) en el método de empacado en trozos sobre el testigo en los periodos 0 – 16 y 0 – 28 d. En experimento 2, se utilizaron cuatro novillos con cánula en el rumen en un diseño cuadro latino 4 x 4 probándose los dos métodos de empacado de alfalfa y dos niveles de forraje en la dieta, 8 y 14%. Se observó una tendencia ($P = 0.09$) de la interacción método de empacado y niveles de forraje en la dieta para PC en heces y para digestibilidad de PC ($P = 0.009$). El consumo de FDN fue mayor ($P = 0.02$) en el nivel de forraje 8% que en 14%. En experimento 3 se utilizaron 176 novillos cruzados con un PV inicial promedio de 393.9 ± 10.81 kg y tuvo una duración de 84 d en corral, usándose 4 corrales por tratamiento en un diseño bloques al azar con los mismos dos factores y niveles que en experimento 2. La GDP no fue afectada ($P > 0.05$) por ningún efecto o interacción del modelo. No obstante, el CMS fue mayor ($P < 0.05$) en el nivel de forraje 14% sobre el 8% en el periodo completo, la conversión alimenticia fue mejorada ($P = 0.03$) por el nivel 14% de forraje. El método de empacado de alfalfa en trozos puede ser una alternativa mejorar la productividad de ganado de engorda en recepción y finalización.

Palabras clave: alfalfa, empacado, trozos, metabolismo.

SUMMARY

Three experiments were conducted to evaluate the effects of slice and conventional baling alfalfa hay in newly arrived and finishing diets of feedlot cattle. In trial 1, 108 crossbred calves with average BW of 183.1 ± 1.2 kg were used in a completely randomized design consisting of 9 steers per pen and 6 pens per treatment. Both diets contained 65% of concentrate. The ADG and feed efficiency from d 0 – 16 y 0 – 28 was greater ($P = 0.001$) for slice compared to conventional baling. In trial 2, 4 ruminally fistulated steers were used in a 4 x 4 latin square design and fed an all-concentrate diet. There was a trend ($P = 0.09$) in fecal CP for the interaction bale method and forage level. The NDF intake was greater ($P = 0.02$) in 8% level than in 14% level. In trial 3, 176 crossbred steers with average BW of 393.9 ± 10.81 kg were used in an 84-d feeding experiment using 4 pens/ treatment in a randomized block design to evaluate effects of baling alfalfa method (conventional and slice) and forage level (8 y 14%) on growth performance. The ADG was not affected ($P > 0.05$) by the mailing method, level of forage or the interaction method and forage level. However, DMI was higher ($P < 0.05$) in the 14% forage level than in the 8% level during the overall period, and the F:G ratio was improved ($P = 0.03$) by the 14% forage level. It is concluded that the slice baling alfalfa hay method could be an alternative to improve productivity of beef cattle during reception and finishing phases of the feedlot.

Keywords: baling, alfalfa, slice baling, metabolism

CONTENIDO

CONSEJO PARTICULAR.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
RESUMEN.....	IV
SUMMARY.....	V
CONTENIDO.....	VI
INTRODUCCIÓN.....	1
REVISIÓN DE LITERATURA.....	10
Importancia del forraje en dietas para rumiantes.....	10
Desarrollo de la acidosis en rumiantes.....	11
Factores de estrés que afectan al ganado recién llegado a la engorda.....	12
Síndrome Respiratorio Bovino (SRB).....	13
Efecto del estrés en el funcionamiento del rumen en ganado de recepción.....	13
Tamaño de partícula del forraje.....	14
Formación y producción de ácidos grasos volátiles (AGV) en el rumen	19
Método de empacado de alfalfa en trozos.....	20
MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
CONCLUSIONES.....	48
LITERATURA CITADA.....	50

INTRODUCCIÓN

La alfalfa (*Medicago sativa*) es un ingrediente importante para las dietas de ganado de engorda, ya que es un forraje caracterizado por poseer un alto nivel de proteína y materia seca (NFR, 1999). En regiones donde se engorda ganado de manera estabulada, como en el Noroeste y el Sur de Estados Unidos, una práctica de manejo que está adquiriendo importancia es el empacado del heno de alfalfa en trozos. Este sistema de empacado permite obtener el heno listo para la mezcla en las dietas sin tener que moler el forraje antes de introducirlo a la máquina mezcladora. Con este empacado se obtiene un tamaño de partícula de 2 a 4 pulgadas de longitud, lo cual mejora la calidad de la dieta debido a que el heno conserva el follaje (Johnson, 2004).

En un programa nutricional de recepción para ganado de engorda en corral se debe de tener presente el estrés al que está sometido el animal, principalmente debido a factores como el transporte, falta de agua y alimento, diferencias en conducta social, manejo y cambios de alimentación (Galyean et al., 1999). El tipo de forraje afecta el consumo de alimento, ya sea por cambios en la concentración de energía o alterando la tasa de producción de ácido ruminal (Galyean and Defoor, 2003). Sin embargo, cuando el nivel de forraje en la dieta supera el 20% en dietas de recepción, el llenado ruminal puede limitar el consumo y, por lo tanto, disminuir la ganancia de peso (Bartle et al., 1994).

Por otro lado, algunas ventajas de adicionar forraje a dietas de finalización altas en concentrado son ayudar a mantener las funciones del rumen, disminuir la acidosis, incrementar el consumo y también puede incrementar la tasa de pasaje de granos, reduciendo de esta forma los costos de la alimentación. La masticación está asociada con el incremento de

producción de saliva, la cual juega un papel importante en la amortiguación de ácidos producidos durante la fermentación ruminal (Shain et al., 1999; Campbell et al., 1992). Sin embargo, existen otros factores que pueden hacer necesaria la utilización de forraje en dietas. Entre ellos, uno importante es el tiempo de retención ruminal debido a que la digestión y el pasaje están compitiendo en el proceso. Por esto, la partícula con una tasa de pasaje lento puede ser más extensamente digerida en el rumen (Moore et. al., 1990).

Existe literatura muy limitada que indique resultados de investigación donde comparen dietas elaboradas con el método tradicional contra dietas elaboradas con el nuevo método de alfalfa empacada en trozos. Por esta razón, el presente estudio fue realizado con el propósito de determinar si la alfalfa empacada en trozos mejora la calidad de la dieta y la función ruminal en novillos en las fases de recepción y finalización comparada con la alfalfa empacada de manera convencional.

REVISIÓN DE LITERATURA

Importancia del forraje en dietas para rumiantes

El forraje en dietas para ganado bovino ayuda mantener la funcionalidad del rumen. Algunos autores señalan que en dietas de recepción es importante suministrar entre 28 a 45% de forraje. Lofgreen et al. (1975) reportaron que animales en recepción con una dieta de 72% de concentrado mostraron mejor comportamiento productivo. Las dietas de finalización generalmente contienen de 5 a 15% de forraje (Stock et al., 1990; Anderson, 1991). Se ha demostrado que el comportamiento de los bovinos en etapa de finalización ha mejorado al incluir niveles bajos de forrajes que ayudan a mantener el pH ruminal casi neutro (Mendoza et al., 1993; Wattiaux, 2003). Sudweeks et al. (1981) reportaron que cuando en vacas lecheras los niveles mínimos de fibra no son alcanzados, se presentan uno o más problemas metabólicos, incluyendo la disminución total de la digestibilidad de materia seca, reducción del porcentaje de la grasa en leche, desplazamiento de abomaso e incremento de la incidencia de paraqueratosis ruminal, laminitis y acidosis.

Por la naturaleza de la fibra, los aspectos limitantes para utilizar forraje en dietas para ganado de engorda son el tamaño de partícula y la tasa de pasaje (Zinn et al., 2004). La utilización de dietas con forraje puede influir en el tiempo de retención ruminal debido a que la digestión y el pasaje están compitiendo en el proceso. Por eso, la partícula con una tasa de pasaje lento puede ser mejor digerida en el rumen. La tasa de movimiento del líquido ruminal puede estar positivamente relacionada con la eficiencia de fermentación microbiana (Moore et al., 1990).

Acidosis en ganado de engorda

Acidosis ruminal es un trastorno metabólico debido a la disminución de los compuestos básicos en relación al contenido de iones hidrógeno de los fluidos corporales (Stedman, 1982). La acidosis ruminal se presenta en forma aguda y crónica. Con la acidosis aguda, la acidez y osmolaridad ruminal incrementa marcadamente a la vez que los ácidos y glucosa se acumulan. Estos pueden dañar las paredes del rumen e intestinos, disminuir el pH sanguíneo, y causar deshidratación que puede ser fatal. Frecuentemente, los síntomas que se presentan con la acidosis son laminitas, poleoencefalitis, y abscesos hepáticos. Aun cuando los animales se han recuperado de acidosis, la absorción de nutrientes puede ser lenta. Bajo condiciones de acidosis crónica, el consumo de alimento típicamente se reduce y es muy variable, y el comportamiento productivo es reprimido, probablemente debido a la hipertonicidad de la digesta (Owens et al., 1998).

La acidosis es producida por la acumulación de ácidos producidos a través de la fermentación ruminal. Los microorganismos ruminales fermentan los carbohidratos y como resultado producen ácidos grasos volátiles y lactato. Cuando el suministro de carbohidratos altamente solubles se incrementa, la producción de ácidos total y la prevalencia de lactato en la mezcla se incrementa. Estos incrementos en la producción total de ácidos puede alterar el balance ácido básico del animal y como resultado se presenta el trastorno metabólico conocido como acidosis ruminal.

El consumo de carbohidratos altamente digestibles se incrementa abruptamente durante la adaptación a dietas altamente concentradas en grano o durante el consumo de granos por animales no adaptados al consumo de

granos. El riesgo de acidosis aumenta al incrementar la digestibilidad del almidón contenido en los granos. Por ejemplo al incrementar la disponibilidad del almidón con el procesamiento del grano, se incrementa el riesgo de acidosis (Gaebe et al., 1998). De la misma manera, los granos que contienen almidón más digestible presentan mayor riesgo de acidosis (Krehbiel et al., 1995). Considerando este problema metabólico y en orden decreciente de peligrosidad se encuentra el trigo, seguido por la cebada, maíz, avena y sorgo.

Además, el pH ruminal de animales consumiendo dietas altas en grano disminuye debido a la disminución en la producción de saliva. Las dietas altas en grano contienen niveles bajos de forraje. Al disminuir el nivel de forraje, disminuye el masticado, y la rumia con lo que se disminuye la producción de saliva (función ruminal). Entre las funciones de la saliva se incluye la amortización del pH ruminal debido a que contiene altas cantidades de bicarbonato.

El pH óptimo de las bacterias celulolíticas es entre 6.0 y 6.4 (Allen, 1997; Mertens, 1997 ; Kolver y Veth, 2001). Al incrementar la proporción de granos en las dietas, la flora ruminal cambia de celulolítica a amilolítica (Slyter y Rumsey, 1991). De tal manera que al disminuir el pH disminuye la fermentación ruminal de la fibra e incrementan la del almidón y otros carbohidratos solubles. En dietas de finalización, la fibra (forraje) representa una fuente pobre de nutrientes. Sin embargo, la fibra del forraje es muy importante para estimular la función ruminal incluyendo la producción de saliva que ayuda a mantener el pH ruminal dentro del rango óptimo (por encima de 6.0).

Factores de estrés que afectan al ganado recién llegado a la engorda

Los problemas mas serios que enfrenta el ganado de engorda se presentan durante la etapa de recepción. El ganado recién llegado a la engorda atraviesa por un periodo de estrés que hace que deba recibir un manejo especial durante su llegada, principalmente en su alimentación. Las principales pérdidas económicas en esta etapa están asociadas a la mortalidad y a la morbilidad por el Síndrome Respiratorio Bovino (SRB). El ganado de recepción, que generalmente promedia 200 kg o menos, se enfrenta a dos grandes problemas que contribuyen a incrementar la incidencia de SRB (Salyer et al., 2004). Primero, el estrés inicial asociado con el destete y el transporte que tiene un efecto negativo en el sistema inmune. Segundo, el estrés que sufre cuando el animal está expuesto a agentes infecciosos durante el redondel, transporte y manejo del ganado en las nuevas instalaciones (Galyean et al., 1999; Lofgreen et al., 1975). Además, el consumo de alimento de los animales estresados es bajo (Galyean y Hubbert, 1995; Cole 1996), y el consumo bajo de nutrientes seguramente aumenta los efectos negativos del estrés en la función inmunológica. Por lo tanto, las dietas de recepción deben de ser aceptadas por el ganado y contener los nutrientes necesarios para mantener a los becerros en crecimiento sanos. Si la dieta no es aceptada por los becerros, el consumo de alimento disminuye resultando en pérdida de peso, lo cual repercute negativamente en la salud y productividad de los animales (Loerch y Fluharty, 1996). En general, el consumo de alimento en becerros de recepción es bajo, pues se estima que su consumo promedio es de 1.5% de su peso vivo durante las primeras dos semanas después de su llegada a las instalaciones (Galyean et al., 1999; Berry et al., 2004).

Estos factores de estrés son manifestados de diferentes maneras en el ganado, como son: a) alteración en el metabolismo de la proteína y energía, b) disminución en el apetito y la tasa de crecimiento, c) a digestión y la funcionalidad del rumen pueden ser modificados, y d) el sistema inmune se debilita (Loerch et al., 1999). Se estima que un becerro sano recién llegado requiere 14 d para alcanzar el 1.90% de consumo de materia seca de su peso vivo, mientras que un becerro enfermo requiere el doble de tiempo (Hutcheson y Cole, 1986).

Síndrome Respiratorio Bovino (SRB)

El SRB es causa de una combinación de bacterias, virus y estrés (Richey y Prichard, 1994). Las principales causas que afectan al sistema inmune en el animal durante el traslado y arribo son: deshidratación, destete precoz, cambios de dieta, castración, transporte, cambios de temperatura y una sobre población en corrales (Stoltenow y Lardy, 1998). Aunado a esto, la presencia de humedad, lodo y estiércol aumentan la presencia de agentes patógenos que predisponen a los becerros a infecciones (Blecha et al., 1984; Cole, 1996). La *Pasteurella haemolítica*, *Pasteurella multocida* y *Haemophilus somnus* son las principales bacterias que se ven involucradas en el SRB (Richey y Prichard, 1994; Stoltenow y Lardy, 1998). El animal estresado empieza a desarrollar un cuadro clínico aparente como es anorexia, agitación al respirar, debilidad, tos, secreción de moco cristalino por fosas nasales, lagrimeo, fiebre y muerte repentina (Hutcheson y Cole, 1986).

Efecto del estrés en el funcionamiento del rumen en ganado de recepción

Antes de la entrada a la engorda, el ganado normalmente es alimentado con forrajes. Por lo tanto, las dietas de recepción deben de ser en base a

forrajes. El ganado comúnmente está estresado cuando llega a la engorda debido al transporte, falta de alimento, falta de agua, manejo y al destete. Buena nutrición lo más pronto posible inmediatamente después de la recepción es importante para mantener la salud y un buen comienzo en la engorda.

El consumo de alimento es el factor más importante para el ganado recién llegado. Es necesario evitar alimentos que sean no-palatables o aquellos con los que el animal no está familiarizado, como por ejemplo ensilados o alimento enmohecido. Se debe minimizar el uso de suplementos proteicos como urea y fuentes de proteína como harina de sangre o de pescado. Por que el consumo de alimento puede ser bajo los primeros días después del arribo del ganado, la concentración de algunos nutrientes incluyendo energía, proteína y potasio, deben de incrementarse (Cole y Hutchenson, 1988).

La energía puede provenir de granos, pero la posibilidad de acidosis existe. Fuentes de fibras altamente digestibles como cascarilla de soya, salvado de trigo, fibra de grano de maíz y gluten de maíz son excelentes ingredientes en dietas de recepción por que proporcionan prácticamente la misma energía que los granos sin presentar el riesgo de acidosis. También son muy palatables si se controla el polvo.

La proteína es necesaria para satisfacer las necesidades de los microorganismos ruminales y las necesidades de amino ácidos del cuerpo. La proteína degradable en rumen debe ser ofrecida hasta cierto punto, pero el ofrecer fuentes de proteína de sobrepaso (escape) ofrece buenas oportunidades para satisfacer las necesidades de amino ácidos del animal.

Algunos trabajos han demostrado los efectos negativos que se observan durante el proceso de transporte recepción de ganado. Por ejemplo en becerros que tuvieron un periodo de 48 h en ausencia de alimento y agua se observó una disminución de 10 a 25% de la microflora bacteriana en rumen (Loerch y Fluharty, 1999). Cole et al. (1988) reportan que animales que pasaron por un periodo de 72 h sin agua y alimento presentaron menor consumo durante 4 d o más. Como se menciona previamente, las dietas de recepción deben ser basadas en forraje por que los animales generalmente consume forraje antes de llegar a la engorda y no están adaptados a consumir grano. Sin embargo, las condiciones de estrés incrementan las necesidades de nutrientes. El déficit de nutrientes se acentúa con la disminución en consumo de alimento. Por tal motivo varias publicaciones recomiendan incrementar la densidad de nutrientes en dietas de recepción (Lofgreen 1979; Loerch y Fluharty, 1999; and Duff y Galyean, 2006). Aunque la ganancia diaria de peso se ha incrementado al incrementar la densidad energética en dietas de recepción, SRB también e incrementado.

Tamaño de partícula del forraje

El forraje tiene funciones importantes en dietas para recepción, crecimiento, y para adaptación a niveles altos de grano como fuente de nutrientes. Sin embargo, el uso de forrajes en dietas para finalización es principalmente para controlar disturbios digestivos haciendo las dietas menos densas, estimulando la producción saliva y no como fuente de nutrientes. Los trastornos digestivos incluyen acidosis sub-aguda, abscesos hepáticos, timpanismo, y paraqueratosis ruminal.

Se ha propuesto un nuevo requerimiento de fibra efectiva o FDN efectiva (NRC, 1996). Fibra efectiva es la proporción de fibra de suficiente tamaño de partícula para estimular una fermentación ruminal normal, incluyendo masticación del material regurgitado, y la producción de saliva como amortiguador de pH. Además, el tamaño de partícula juega un papel en el tiempo de retención ruminal (Welch, 1986). Al reducir el tamaño de partícula puede incrementar la velocidad de paso ruminal, disminuir el efecto de dilución energética obtenido al alimentar forraje, y reduce la efectividad de la fibra para mantener la función ruminal normal (Hristov et al., 2003, Mertens, 1997). Por el contrario, si el tamaño de partícula del forraje es muy largo, el consumo total y de energía puede disminuir debido al incremento en el tiempo de retención ruminal. Sin embargo, Shain et al., (1999) reportaron que el variar FDN efectiva utilizando alfalfa o paja de trigo molidos para pasar por cedazos de 0.95-, 7.6-, o 12.7-cm de diámetro, no tuvo efecto el consumo diario, ganancia diaria de peso o conversión alimenticia. De la misma forma Calderon-Cortes y Zinn (1996) observaron que la inclusión de sudan molido utilizando cedazos de 2.5- y 7.6-cm de diámetro, no afectó el consumo diario de alimento, ganancia diaria o eficiencia alimenticia. Aunque, la digestibilidad de la materia orgánica incremento 2.3%. Por su parte Markham et al. (2002) también concluyeron, que el tamaño de partícula no es un factor importante en la determinación del valor del forraje que se incluye en las dietas de ganado en engorda.

Digestión de los componentes de la dieta

Fermentación de fibra

La fibra de la dieta es generalmente considerada la porción de las plantas que no es disponible. Muchos términos diferentes se han utilizado para describir esta fracción incluyendo: fibra cruda, fibra de la planta, fibra de la dieta o simplemente fibra. El hecho es que la fibra de la dieta es la porción de la planta que resiste la degradación de las enzimas de los mamíferos (Kritchevsky, 1988). Existen varios factores que contribuyen a esta indegibilidad incluyendo la estructura más las propiedades físicas de la pared celular. Para efectos analíticos, Van Soest (1982) separó los carbohidratos de los alimentos basándose en la disponibilidad nutricional a rumiantes y bacterias ruminales. Esencialmente, dividió los alimentos en dos fracciones; 1) el contenido celular de la planta, la fracción altamente digestible compuesta de azúcares, almidón, proteína soluble, pectinas y lípidos. 2) constituyentes de la pared celular, la fracción de digestibilidad variable compuesta de proteína insoluble, hemicelulosa, celulosa, lignina y nitrógeno pegado. Esta segunda fracción representa la fibra del alimento. Debido a que los mamíferos no producen enzimas que puedan hidrolizar celulosa o hemicelulosa la digestión de la fibra depende de las enzimas producidas por los microorganismos ruminales. Las bacterias celulíticas más comunes en el rumen son *Bacterioides succinogenes*, *Ruminococcus albus*, y *Ruminococcus flavefaciens* (Fahey y Berger, 1988). Las mismas bacterias específicas que hidrolizan celulosa comúnmente degradan hemicelulosa.

Digestión de Carbohidratos

Las bacterias amilolíticas y dextrinolíticas más comunes en el rumen son

Bacteroides amylophilus, *Streptococcus Bovis*, *Succinimonas amylolytica* y *Succinivibrio dextrinosolvens* (Baldwin y Allison, 1983). La rapidez con la cual el almidón es hidrolizado por estas bacterias a maltosa algo de glucosa es afectado grandemente por la fuente y tipo de almidón y el método de procesamiento utilizado. Una vez que el almidón es degradado a maltosa, es fermentado rápidamente por microbios sacaroolíticos. El papel de los protozoarios ruminales en la degradación de almidón no es muy claro por que es difícil diferenciar entre almidón digerido por protozoarios en si y el degradado por bacteria.

Las bacterias sacaroolíticas mas comunes en el rumen son *Bacteroides ruminicola*, *Butyrivibrio fibrisolvens* y *Selenomonas ruminantium*. La conversión de hexosas a dos moléculas de piruvato rinde dos trifosfatos de adenosina (ATP) y dos nicotinamidas adenina dinucleoticos reducidos (NADH₂). Los ATP's generados son la fuente principal de energía para el crecimiento y manutención de las bacterias ruminales.

Digestión de Proteína

Los principales microorganismos microbiales del rumen (bacterias, protozoarios y hongos) han demostrado que hidrolizan la proteína y usan las fuentes de N para crecer (Hino y Russell, 1987; Craig et al., 1987). Las bacterias tienen una alta actividad proteolítica debido a las enzimas que poseen.

Muchas de las bacterias predominantes en el rumen son proteolíticas, pero bacterias altamente especializadas que dependan de únicamente de proteína como fuente de energía no existen. Las bacterias proteolíticas del rumen incluyen *Bacteroides amylophilus*, *B. ruminicola*, *Butyrivibrio*

fibrisolvens, y *Streptococcus Boris* (Russell et al., 1983). Algunas bacterias producen amonía a partir de la desaminación de aminoácidos. Las bacterias que producen amonía incluyen *Bacteroides ruminicola*, *Megasphaera elsdenii*, *Selenomonas ruminantum*, y algunas *Butyrivibrio spp.* Muchas bacterias requieren amonía en vez de aminoácidos o grupos peptídico como fuente de nitrógeno. En general, la amonía es más importante como fuente de nitrógeno para aquellas bacterias ruminales que digieren carbohidratos complejos. La amonía también es derivada de la hidrólisis de urea.

Los microbios ruminales son cosechados por el animal como y, junto con la proteína de la dieta que escapa (sobrepasa) la degradación ruminal, suministran al intestino delgado de proteína para digestión y absorción. Esta proteína es denominada proteína metabolizable (NRC, 1996).

Formación y producción de ácidos grasos volátiles (AGV) en el rumen.

Los AGV son el producto final de la fermentación realizado por los microorganismos que convierten una gran parte de los alimentos, como los polisacáridos y proteínas a AGV, lo cual provee nutrientes para el metabolismo del animal (Roderick et al., 1990). Los principales AGV son acético, propiónico y butírico, pero también en cantidades menores valerato, caproato, isobutirato, isovalerato y 2-metilbutirato. Los AGV son productos de desecho de los microorganismos pero para el rumiante representan la principal fuente de energía absorbible. Todos los AGV se absorben por el mismo mecanismo, que es por la difusión del epitelio. El ácido acético se utiliza mínimamente en el hígado y se oxida en la mayor parte del cuerpo para formar ATP. Otro uso importante de acetato es como fuente principal de acetil CoA para la síntesis de

lípidos. El ácido propiónico es retirado casi completamente por la vena porta hacia el hígado.

Dentro del hígado, el propionato sirve como sustrato primordial para la gluconeogénesis, que es absolutamente crítica para los rumiantes porque la glucosa no suele alcanzar el intestino delgado para su absorción (Ocáriz, 2004). Los tipos de AGV producidos dependerán de varios factores como la dieta, disponibilidad de sustrato, especies de microorganismos presentes y otras características fisicoquímicas del medio ambiente ruminal. Por ejemplo, la celulosa es degradada por enzimas que son producidas por bacterias celulolíticas (aparentemente extracelularmente) y su producto final es la glucosa, la cual es rápidamente fermentable a compuestos de 3 carbonos como el piruvato y el lactato. El lactato se forma a partir de la fermentación del piruvato y el lactato incrementa la conversión de acetato a propionato. El piruvato es el precursor de AGV como el acetato, propionato y butirato. Por lo tanto, el propionato se puede formar a partir del lactato o piruvato. La principal ruta de la formación del propionato es a partir del piruvato, pero en casos de deficiencia de azufre o dietas altas en granos se da por la ruta del lactato.

Método de empacado de alfalfa en trozos

Una modificación de la forma tradicional de empacar alfalfa está disponible. El sistema se le conoce en inglés como Slice Baling (empacado en rebanadas) y consiste en cortar el heno en rebanadas o trozos después de curarse al sol y antes de empacarse. Las navajas cortadoras se ajustan para cortar el heno a diferentes longitudes. Las longitudes comúnmente usadas son 5.08 y 7.62 cm. Se cree que este sistema causa menos daño a las hojas comparado a moler el heno después de ser almacenado por varios meses. El

almacenar el heno de alfalfa provoca que se deshidrate, pierda flexibilidad con lo cual al ser molido, su hojas se pulverizan mas. Información anecdotal sugiere que la alfalfa empacada en trozos es de mejor calidad (mayor proporción de hojas), mejora la función ruminal (material mas tosco). Además, no es necesario moler el heno de alfalfa empacada en trozos antes de incorporarse a dietas mezcladas (New Holland, 2005). En un estudio realizado en la Universidad Estatal de Pensilvania, se observó un aumento en el consumo por animal al utilizar el empacado en trozos y además reportaron un aumento en la ganancia de peso de 25% más en vaquillas alimentadas con este tipo de forraje en trozos en relación a vaquillas con alfalfa tradicional (Harpster, 2004).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del estudio

Los experimentos de campo se desarrollaron en Clayton Livestock Research Center (CLRC) ubicado en Clayton, New Mexico, EUA. La zona tiene una altitud de 1513 msnm, una precipitación media anual de 353.5 mm y temperatura media anual de 11.9°C. La fase de laboratorio se realizó en el Laboratorio de Nutrición Animal del Department of Animal and Range Sciences de New Mexico State University (NMSU), ubicado en Las Cruces, New Mexico, EUA. La fase experimental de campo se dividió en 3 experimentos: experimento 1; fase de recepción, experimento 2; fase de metabolismo y experimento 3, fase de finalización.

Fases experimentales

Fase de recepción (Exp. 1)

Se utilizaron 108 novillos cruzados de razas europeas con PV inicial promedio de 183.1 ± 1.2 kg para evaluar el efecto del sistema de empacado en trozos sobre el comportamiento productivo y morbilidad de novillos en la recepción. Los novillos fueron transportados 1,014 km desde las instalaciones del remate de ganado de Hope, Arkansas, EUA, hasta CLRC en Clayton, New Mexico, EUA. A todos los novillos se les aplicaron vacunas de clostridium (Ultrabac- 7, Pfizer Salud Animal) y de IBR/PI-3-BVD-BRSV (Bovishield Gold 5 Pfizer); se desparasitaron con Cydectin (Fort Dodge Animal Health) y se medicaron masivamente con Excede (Pfizer). Se identificaron con arete en la oreja izquierda, se herraron, se descornaron y se pesaron individualmente. Las

dietas se experimentales se ofrecieron diariamente a las 0800. Además, durante los primeros 7 d se ofreció heno de trigo.

Los novillos se asignaron por su PV a uno de dos tratamientos (9 novillos/ corral; 6 corrales/tratamiento): 1) Testigo (alfalfa empacada en forma tradicional), y 2) Trozos (alfalfa empacada en trozos). El grupo testigo recibió la alfalfa empacada con el método tradicional, en el cual el heno de alfalfa se molio en molino de martillo utilizando un cedazo 5.08 cm de diámetro. Por otro lado, en el grupo de alfalfa en trozos, la alfalfa fue cortada después de levantarse pero antes de prensarse dentro de la paca. Las navajas de la empacadora/cortadora se separaron a 5.08 cm. El Cuadro 1 muestra la composición nutricional de la alfalfa utilizada en los tratamientos. Las dos dietas consistieron en 65% de concentrado y su composición de ingredientes y nutrientes se presenta en el Cuadro 2. Los animales se monitorearon diariamente a las 0700 h para detectar signos del SRB revisando visualmente los siguientes síntomas asociados a la enfermedad: descarga nasal y ocular, depresión y anorexia. Los animales que presentaron estos signos fueron separados del corral para ser examinados. Este examen consistió en tomar la temperatura rectal; cuando ésta fue $>39.7^{\circ}\text{C}$, el animal fue tratado con Baytril 100 (Bayer Salud Animal). Si la temperatura del animal disminuía en un periodo de 24 h, se continuaba utilizado el mismo tratamiento. Si el estado de salud no mejoraba (continua temperatura rectal elevada y signos de SRB), se cambiaba de tratamiento. Este nuevo tratamiento consistió en una inyección intra-muscular de Nuflor (20 mg/ kg de PV; Schering-Plough Salud Animal). Si los signos de SRB en el animal continuaban o se acentuaban 48 h después del segundo tratamiento, se recurrió a un tercer tratamiento, el cual fue Albon SR

(137.78 mg/ kg de PV; Pfizer, Salud Animal) y Liquamicina LA 200 (19.84 mg/ kg de PV; Pfizer Salud Animal). Un animal se consideró morbosos después de la primera aplicación de medicamento para SRB, y se consideró reincidencia al animal que se trató más de dos veces para SRB.

Las variables registradas en esta fase fueron: consumo de heno de trigo en los primeros 7 d de la recepción; ganancia diaria de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia en los periodos 0 a 16, 17 a 28 y 0 a 28 d. Además se tomaron los pesos iniciales y finales de esta fase, así como los porcentajes de morbilidad y animales tratados en el periodo completo de 28 d.

Cuadro 1. Composición nutricional de la alfalfa ofrecida en forma convencional (testigo) y en trozos para los becerros en fase de recepción.

	Testigo	Trozos
PC (%)	17.26	18.72
FDA (%)	54	47.52
FDN (%)	60.05	55.21
TDN (%)	35.19	42.83
Ca (%)	1.33	1.35
P (%)	0.23	0.24
K (%)	1.67	1.96
Mg (%)	0.2	0.23

Cuadro 2. Ingredientes y composición nutricional de las dietas ofrecidas a los grupos testigo y tratado en la fase de recepción.

Alfalfa		
Ingredientes (% de M.S.)	Testigo	Trozos
Testigo	33.0	0.0
Trozos	0.0	33.0
Maíz rolado	56.13	56.13
Harinolina	2.13	2.13
Melaza	5.44	5.44
Grasa animal	1.56	1.56
Piedra caliza	0.47	0.47
Dical	0.62	0.62
Sal	0.27	0.27
Urea	0.58	0.58
Premezcla mineral ^a	0.79	0.79
% de la composición, base MS		
PC	14.92	14.58
FDN	27.37	21.81

^aPremezcla mineral (Base MS): 4.25% Vitamina A (30,000 UI/g), 10.40% Vitamina E (125,000 UI/g), 13.38% Selenio premix (600ppm), 14.23% Sulfato férrico, 10.19% Sulfato de manganeso, 20.38% Sulfato de Zinc, 21.66% Oxido de magnesio, 2.34% Sulfato de cobre, 0.21% Carbonato de cobalto, 0.21% Ethylenediamine dihydroiodide y 2.76 % Aceite mineral.

Fase de metabolismo (Exp. 2)

Con el objeto de evaluar el efecto de heno de alfalfa empacada en trozos en dietas para ganado de engorda en finalización en las características digestivas, se utilizaron cuatro novillos con cánula en el rumen en un diseño experimental en cuadro latino 4 x 4. Los tratamientos se acomodaron en un arreglo factorial 2 x 2. Los factores utilizados fueron: método de empacado (tradicional o testigo y en trozos) y nivel de forraje (8 y 14%). Los ingredientes de las dietas experimentales se muestran en el Cuadro 3. Las dietas se ofrecieron *ad-libitum* a las 0800 una vez al día. Los periodos experimentales consistieron de 10 d para la adaptación de las dietas seguidas de 5 d para las colecciones de muestras. La excreción total de heces fecales se colectó utilizando bolsas fecales durante los días 10 al 15 de cada periodo experimental. Las bolsas fecales se vaciaron diariamente y las heces fecales se pesaron inmediatamente después de vaciar las bolsas. Se recolectó 10% (base húmeda) de heces por novillos diariamente durante el periodo de recolección. Las heces fecales colectadas cada uno de los 5 días de cada novillo en cada periodo, se mezclaron y una sub-muestra del 10% se tomó para posteriormente ser secada.

En el día 12, el compuesto Cr EDTA (200 mL; Uden et al., 1980) se dosificó intraruminalmente a las 0600 h para usarse como marcador para medir tasa de paso de la fracción líquida. Muestras de fluido ruminal se recolectaron a las 0 (antes de dosificar), 3, 6, 9, 12, 18, 24, 36 y 48 h después de la dosificación. El pH del fluido ruminal fue determinado inmediatamente a través de un potenciómetro portátil tipo pluma después de la recolección y luego las muestras se mezclaron con H₂SO₄ (7.2 Normal; 1 mL/150 mL de fluido ruminal)

para acidificarse; se almacenaron a -10°C para posteriormente determinar las concentraciones de Cr, amoníaco ruminal y AGV.

Se utilizó alfalfa marcada con Iterbio (Yb) como marcador de para medir la tasa de flujo de las partículas. Henos de alfalfa molido y en trozos fueron usados para los tratamientos testigo y trozos, respectivamente. Los henos se marcaron utilizando 2.5 g $\text{YbCl}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ por cada 2 kg de alfalfa como marcador de acuerdo al procedimiento de Vargas y Prigge (1982) con algunas modificaciones. Diez kg de heno de alfalfa se dejaron remojando con la solución de Yb durante 48 h y cada 12 h se revolvió y luego se enjuagaba cada hora durante 6 h con agua ionizada y después de este proceso se secó en estufa a 65°C durante 72 h. En el d 12 del periodo, 100 g de heno de alfalfa marcada con Yb (Sindt et al., 1993) se dosificó intraruminalmente a las 0600 h. Muestras de contenido ruminal se recolectaron a las 0 (antes de dosificar), 3, 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48 y 72 h después de la dosificación.

Las muestras de las heces fecales se secaron en un horno de aire forzado (50°C) por 48 h y finalmente se molieron en un molino Wiley con malla de 2 mm. A las muestras de alimento, sobrantes y heces se les determinó MS, MO y PC (con métodos No. 930.15, 942.05, y 990.02, respectivamente citados en AOAC, 1997). El análisis de FDN se realizó siguiendo la técnica descrita por Robertson y Van Soest (1991) usando un analizador de fibras AnKom 200 (Ankom Co., Fairport, NY).

Las muestras de fluido ruminal se centrifugaron a 20,000 x gr por 20 min y se analizó amonía (Broderick and Kang, 1980) y AGV (Goetsch and Galylean, 1983). El Cr se determinó por medio de un espectrómetro de absorción atómica usando una flama de acetileno más aire (Uden et al., 1980). El Yb se

extraído por la técnica de Hart and Poland (1984) y para determinar la concentración del marcador (Yb) se utilizó un espectrómetro de absorción atómica usando una flama producida con la mezcla de óxido nítrico y acetileno.

El consumo de MS se obtuvo por diferencia entre la MS del alimento ofrecido y la MS de los sobrantes. La tasa de dilución de la fracción líquida se calculó con un modelo de regresión lineal simple usando el logaritmo natural de la concentración de Cr y el tiempo de muestreo. La tasa de paso de las partículas se calculó con un modelo de regresión lineal simple usando el logaritmo natural de la concentración de Yb y el tiempo de muestreo.

Fase de finalización (Exp. 3)

Con el objeto de evaluar el efecto del método de empacado (testigo y en trozos) y niveles de forraje en la dieta (8% ó 14%) en el comportamiento productivo en corral, se utilizaron 176 novillos cruzados de razas europeas y con un PV inicial de 393.9 ± 10.81 kg. El experimento tuvo una duración de 84 d en corral y se usaron 4 corrales por tratamiento en un diseño experimental de bloques al azar. Los tratamientos se acomodaron en un arreglo factorial 2 x 2. Los factores fueron el método de empacado y el nivel de forraje. La composición de la dieta para el experimento 3 se muestra en el Cuadro 3.

Los novillos fueron bloqueados por su PV y asignados al azar a los tratamientos. Los 16 corrales estuvieron equipados con bebederos automáticos y los comederos estaban alineados horizontalmente. Las dietas se preparaban diariamente y se alimentaban una vez al día. Los comederos se examinaron visualmente cada día aproximadamente a las 0730. La cantidad remanente estimada en el comedero se utilizó para determinar la cantidad ofrecida cada día. La lectura de comedero se utilizó para permitir poca o no

acumulación de alimento en el comedero de un día para otro. Sin embargo, el ganado fue retado regularmente (aproximadamente en intervalos de 3 d) para asegurar que el consumo era ad limitum. Cuando quedaba alimento en el comedero, el corral se mantenía al nivel del día anterior o se restringía un poco hasta que la cantidad de alimento reofrecida era consumida. Los novillos fueron pesados individualmente en intervalos de 28 d. En la estimación del comportamiento productivo del novillo, el ganado se ajustó por llenado del tracto digestivo substrayendo el 4% del PV. El comportamiento productivo de los novillos se estimó basado en la media del corral, ya que la unidad experimental fue el corral.

Cuadro 3. Ingredientes en las dietas ofrecidas a los grupos de animales en las fases de metabolismo y finalización (experimentos 2 y 3).

Ingredientes, % (MS)	Tratamientos ^a			
	8%		14%	
	Testigo	Trozos	Testigo	Trozos%
Alfalfa molida	8.00		14.00	
Alfalfa en trozos		8.00		14.00
Maíz Rolado	75.88	75.88	69.22	69.22
H. de Algodón	5.69	5.69	6.63	6.63
Urea	0.93	0.93	0.67	0.67
Cebo	3.00	3.00	3.00	3.00
Melaza	4.00	4.00	4.00	4.00
CLRC 2.5	2.50	2.50	2.50	2.50

Análisis estadístico

Fase de recepción

Se utilizó un diseño completamente al azar para evaluar los efectos del método de empacado sobre el comportamiento productivo y morbilidad de los novillos de recepción. El corral se usó como unidad experimental. Las variables de respuesta se analizaron utilizando el PROC GLM del programa SAS (SAS, 2004) bajo el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

Donde,

Y_{ij} = Variable de respuesta.

μ = Media poblacional.

T_i = Efecto i -ésimo método de empacado.

ϵ_{ij} = Error experimental.

Las medias se compararon por medio de una prueba de "t" student y las diferencias se declararon significativas a un nivel de 0.05.

Fase de metabolismo

Las variables relacionadas con la fase de metabolismo se analizaron mediante un diseño en cuadro latino 4 x 4 con un arreglo factorial 2 x 2 que incluyó los efectos de periodo (4), método de empacado (2) como el primer factor, nivel de forraje incluido en la dieta (2) como segundo factor y la interacción entre éstos últimos factores. Se utilizó el PROC MIXED de SAS (2004) para todas las variables. El diseño incluyó el comando de mediciones repetidas y se consideró novillo como un efecto aleatorio. El modelo se denota como:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\beta\gamma)_{jk} + \delta_{l(j)} + \epsilon_{ijkl}$$

Y_{ijk} = Variable dependiente

μ = Media general

α_i = Efecto de periodos, $i = 1, 2, 3, 4$.

β_j = Efecto del método de empacado, $j = 1, 2$.

γ_k = Efecto del nivel de forraje, $k = 1, 2$.

$(\beta\gamma)_{jk}$ = Efecto de interacción método con nivel,

$\delta_{l(j)}$ = Efecto aleatorio de novillo,

ϵ_{ijkl} = Error experimental

Se utilizó la estructura de covarianza autoregresiva de primer orden y los grados de libertad se estimaron por el método Satterthwaite (Littell et al., 1996). Las medias se compararon por una prueba de Tukey y las diferencias se declararon significativas a un nivel de 0.05.

Fase de finalización

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con un arreglo factorial de 2 x 2 para evaluar el efecto del nuevo método de empacado sobre comportamiento en finalización. Los factores fueron método de empacado (2) y nivel de forraje (2). Se utilizó el PROC MIXED de SAS (2004) para todas las variables. El diseño incluyó el comando de mediciones repetidas y se consideró novillo como un efecto aleatorio. El modelo se denota como:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\beta\gamma)_{jk} + \delta_{l(j)} + \epsilon_{ijkl}$$

Y_{ijk} = Variable dependiente

μ = Media general

α_i = Efecto de periodos, $i = 1, 2, 3, 4$.

β_j = Efecto del método de empacado, $j = 1, 2$.

γ_k = Efecto del nivel de forraje, $k = 1, 2$.

$(\beta\gamma)_{jk}$ = Efecto de interacción método con nivel,

$\delta_{l(j)}$ = Efecto aleatorio de novillo,

ϵ_{ijkl} = Error experimental

Se utilizó la estructura de covarianza autoregresiva de primer orden y los grados de libertad se estimaron por el método Satterthwaite (Littell et al., 1996).

Las diferencias entre las medias ajustadas se declararon significativas a un nivel de 0.05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fase de Recepción

El efecto del método de empacado de alfalfa sobre el comportamiento productivo del ganado recién ingresado a la engorda se muestra en el cuadro 4. El consumo de heno de trigo en el periodo 0 a 7 d fue similar ($P = 0.86$) en ambos grupos bajo estudio. No obstante, el consumo promedio de MS por novillo fue similar ($P > 0.05$) en los periodos 0 - 16, 17 - 28 y 0 - 28 d, para los dos métodos de empacado de alfalfa, la GDP y la conversión alimenticia fue mayor ($P = 0.001$) en el método de empacado en trozos sobre el testigo en los periodos 0 - 16 y 0 - 28 d. Sin embargo, la GDP y la conversión alimenticia fueron similares ($P > 0.05$) en el periodo 17 - 28 d para los dos métodos de empacado de alfalfa.

No se observó diferencia ($P = 0.95$) en el peso inicial promedio de los animales alimentados bajo los 2 métodos de empacado de alfalfa, sin embargo, el peso final fue mayor ($P = 0.01$) en los animales alimentados con alfalfa empacada en trozos. Asimismo, los porcentajes de morbilidad y el de animales tratados más de 2 veces fueron similares ($P > 0.05$) en ambos grupos bajo estudio.

Cuando el ganado de engorda se alimenta con dietas altas en concentrado, el consumo de MS generalmente aumenta cuando las fuentes de forraje diluyen la concentración de energía. Sin embargo, cuando los niveles de forraje sobrepasan el 20% en la dieta, se presenta un llenado físico y la distensión del rumen limita el consumo (Bartle et al., 1994). Por lo tanto, una posible explicación a los resultados obtenidos en el presente estudio es que en

el grupo testigo la concentración de energía fue diluida y los animales no fueron capaces de incrementar su consumo de MS debido a la presencia de un llenado físico del rumen. Sin embargo, para sustentar esta hipótesis, es necesario evaluar las fuentes de alfalfa a niveles de inclusión que no limiten el consumo por el llenado ruminal. Adicionalmente, la tasa de producción de ácidos ruminales es un resultado de la forma física del forraje que podría afectar varios mecanismos, incluyendo la masticación y la rumia, provocando así un cambio en el flujo salival, lo cual conduce a una alteración de la cinética de la digesta a nivel intestinal y ruminal, alterando el sitio y la extensión de la digestión (Galyean y Defoor, 2003). Otra posible explicación es que las diferencias sean el resultado de las diferencias en la composición nutricional del heno de alfalfa testigo y el heno empacado en trozos. Diferencias en la composición nutricional de forrajes incluidos al 33% de la ración pueden afectar el comportamiento productivo del ganado. Es importante mencionar que la alfalfa utilizada en estos experimentos proviene del mismo campo agrícola del mismo corte y la única diferencia es el procesado después de que se corto la planta. De acuerdo al análisis de laboratorio, el heno empacado en trozos conservo un nivel superior de PC y de TDN. Aunque, estadísticamente no se evaluó el efecto del empacado en la conservación de las propiedades nutricionales del heno de alfalfa.

Incrementando la digestibilidad de nutrientes se puede afectar positivamente el sistema inmune, lo cual puede explicar la tendencia numérica observada en la reducción de la morbilidad en novillos que consumieron dietas con alfalfa en trozos y, consecuentemente, mejorar su ganancia de peso.

Cuadro 4. Efectos del método de empacado de alfalfa en el comportamiento productivo de ganado recién llegado.

Valores	Testigo	Trozos	DS	Valor de P
Consumo de heno, kg/ Novillo.				
0 – 7 d	1.81	1.85	0.02	0.86
Ganancia diaria de peso, kg				
0 – 16 d	0.81	1.27	0.07	0.001
17 – 28 d	1.04	1.17	0.08	0.28
0 – 28 d	0.91	1.23	0.04	0.001
Conversión Alimenticia, kg				
0 – 16 d	0.25	0.39	0.02	0.001
17 – 28 d	0.22	0.24	0.02	0.45
0 – 28 d	0.24	0.31	0.01	0.002
Consumo de MS.kg/d.				
0 – 16 d	2.69	2.68	0.13	0.98
17 – 28 d	4.67	4.85	0.11	0.25
0 – 28 d	3.96	4.05	0.11	0.57
Peso de Novillos.				
Inicial, kg	183.1	183.2	1.72	0.95
Final, kg	208.6	217.6	2.11	0.01
Salud				
Morbilidad, %	44.3	33.7	3.94	0.20
Tratados (> 2 veces), %	39.2	22.2	7.5	0.14

Fase de metabolismo

El efecto del método de empacado de alfalfa y el nivel de forraje en la función digestiva de ganado de engorda alimentado con dietas de finalización se muestra en cuadro 5. El consumo, heces y digestibilidad de la MO no fue afectada ($P > 0.05$) por el método de empacado, o niveles de forraje. Aunque, la digestibilidad de MO tendió ($P = 0.08$) a ser mayor cuando la dieta incluía 8% de forraje. Se observó una tendencia ($P = 0.09$) en la interacción de PC en heces entre los métodos de empacado y los niveles de forraje en la dieta. Sin embargo, la concentración de PC en heces no fue diferente ($P > 0.10$) para 8 o 14% de forraje. La digestibilidad de PC mostró ($P < 0.01$) interacción entre los métodos de empacado y niveles de forraje en la dieta. Cuando se incluyó en la dieta 8% de forraje, la digestibilidad de PC fue mayor para la dieta que incluía heno de alfalfa en trozos. Mientras que cuando se incluyó en la dieta 14% de forraje, la digestibilidad de la PC fue menor para la dieta que incluía heno de alfalfa en trozos. El consumo de FDN fue mayor ($P=0.02$) para el 14% de forraje (2.73 y 3.32 ± 0.20 , para 8 y 14% de forraje respectivamente). Sin embargo, Digestibilidad de PC no fue afectada ($P \geq 0.54$) por el método de empacado o por el nivel de forraje.

El efecto de los métodos de empacado y nivel de forraje en las características de la cinética del flujo y ruminal en dietas para ganado de engorda se muestra en Cuadro 6. El volumen ruminal tendió ($P = 0.07$) a ser mayor para las dietas que contenían heno de alfalfa en trozos que las que contenían heno de alfalfa empacada de forma tradicional. Mientras que la tasa de paso del líquido ruminal fue menor ($P=0.05$) para el heno de alfalfa empacado en trozos que el empacado de forma tradicional. El tiempo de

recambio fue menor ($P = 0.01$) para el heno de alfalfa empacado en trozos que el empacado tradicionalmente. Con respecto a la tasa de paso de las partículas, las dietas con 14% de presentaron una velocidad de paso mas rápida ($P = 0.03$) que las dietas con el 8%.

El efecto del método de empacado de alfalfa y el nivel de forraje en el pH, amoniaco ruminal, y concentración de AGV en rumen de dietas de finalización se muestra en el Cuadro 7. El método de empacado de heno de alfalfa y el nivel de de forraje en la dieta no afectaron ($P \geq 0.14$) pH, amoniaco ruminal, AGV totales, proporción molar de propionato o butirato, o la relación acetato/propionato. Sin embargo, la proporción molar de acetato fue mayor para las dietas con 14% de forraje que la de las dietas con 8% de forraje.

Los resultados de este experimento están en desacuerdo con la propuesta de fibra efectiva o FDN efectiva (NRC, 1996). Esta teoría propone que los alimentos mas toscos con mayor tamaño de partícula ofrecen una mayor estimulación de la función ruminal, incluyendo masticación, mayor producción de saliva que funciona como amortiguador de pH. Además, al incrementar el tamaño de partícula, la velocidad de paso disminuye con lo que el consumo de alimento disminuye (Hristov et al., 2003, Mertens, 1997). Sin embargo en este experimento no se observaron efectos debido al método de empacado en el consumo de alimento, las características de digestión de MO, PC, y FDN; o en las características de fermentación (pH, amoniaco ruminal y AGV). Se cree que el empacado en tradicional al molerse disminuye el tamaño de partícula a un mayor grado que el empacado en trozos al pulverizar más las hojas. Con el periodo de almacenado, el heno se deshidrata mas con lo que las hojas pierden flexibilidad y al molerse se pulverizan mas. Calderon-Cortes

y Zinn (1996) y Shain et al. (1999) no encontraron diferencia en comportamiento productivo de ganado de engorda debido a la utilización de forrajes molidos a diferente tamaño de partícula. Además, Calderon-Cortes y Zinn (1996) reportaron que la digestibilidad de MO únicamente incremento 2.3% cuando se incremento el diámetro del cedazo (2.5 a 7.6 cm) utilizado para moler el forraje. Si el heno de alfalfa empacado en trozos tiene algún efecto en las características de fermentación ruminal y digestión, el efecto no es lo suficientemente grande para ser detectado cuando el nivel de forraje es de 8 o 14% de la dieta.

La tasa de paso de las partículas obtenida en este experimento presenta una tendencia en el sentido esperado. Mertens, (1997) y Hristov et al. (2003) reportaron que al disminuir el tamaño de partícula del forraje, la velocidad de paso de las partículas se incrementa. En el presente trabajo, aunque únicamente fue una tendencia, la más rápida tasa de paso del heno de alfalfa empacada tradicionalmente pudo deberse a la presencia de partículas mas pequeñas al pulverizado de hojas explicado anteriormente.

Los efectos del nivel de forraje observados coinciden con lo esperado. Al incrementar el nivel de forraje, se esperaba una disminución en la digestibilidad de la materia orgánica debido a que el forraje es menos digestible que el grano. Además, la digestibilidad de la fibra disminuye con pH ruminal por debajo de 6.0 (Allen, 1997; Mertens, 1997; Volver y Veth, 2001). El mayor consumo de FDN observado en las dietas que contenían 14% en comparación con las que contenían 8% se debe al mayor contenido de FDN de las dietas con 14% de forraje. Estos resultados coinciden con los de Kreikemeier et al.

(1990) quienes reportaron que al incrementar la fibra ruminal un punto porcentual de forraje en las dietas, el consumo de FDN se incrementa

Cuadro 5. Efecto del empacado de alfalfa tradicional y trozos en la digestión de MO y PC en las dietas de finalización en novillos de engorda.

Valores	Tratamientos				E.E	Valores de P		
	8%		14%			Método	Nivel	M x N
	Testigo	Trozos	Testigo	Trozos				
Materia orgánica								
Consumo, kg/d	12.11	12.31	12.08	12.83	0.71	0.40	0.71	0.68
Heces, kg/d	2.06	2.01	2.16	2.37	0.18	0.55	0.18	0.44
Digestibilidad, %	83.14	83.66	81.88	81.21	1.55	0.91	0.08	0.52
Proteína cruda								
Consumo, kg/d	1.56	1.62	1.69	1.73	0.11	0.51	0.24	0.94
Heces, kg/d	0.43	0.38	0.42	0.47	0.04	0.96	0.12	0.09
Digestibilidad, %	72.58	75.79	74.27	72.53	1.97	0.16	0.27	0.01
FDN								
Consumo, kg/d	2.65	2.80	3.27	3.37	0.24	0.51	0.03	0.91
Heces, kg/d	0.98	1.00	1.16	1.22	0.12	0.69	0.11	0.85
Digestibilidad, %	62.22	62.60	63.93	63.31	3.79	0.93	0.54	0.80

Cuadro 6. Características de la cinética del flujo y ruminal de los novillos alimentado con los diferentes porcentajes de alfalfa empacada tradicional y trozos en las dietas de finalización

Valores	Tratamientos				E.E	Valores de P		
	8%		14%			Método	Nivel	M x N
	Testigo	Trozos	Testigo	Trozos				
Volumen ruminal, l	58.3	66.0	55.4	65.9	4.43	0.07	0.73	0.76
Tasa de paso de líquidos, %/h	5.83	4.87	6.26	4.95	0.70	0.05	0.66	0.77
Tiempo de recambio, h	18.5	21.0	17.0	21.1	1.97	0.01	0.46	0.47
Salida de líquido, l/h	3.19	3.17	3.45	3.32	0.25	0.66	0.34	0.80
Tasa de paso de las partículas, %/h	3.96	3.18	5.59	4.35	0.58	0.08	0.03	0.68

Cuadro 7. Efecto del empacado de alfalfa tradicional y en trozos en dietas de finalización evaluando el pH, amonía ruminal y concentración de AGV.

Valores	Tratamientos				E.E	Valores de P		
	8%		14%			Método	Nivel	M x N
	Testigo	Trozos	Testigo	Trozos				
pH	5.33	5.41	5.64	5.48	0.12	0.72	0.14	0.34
Amonía mM	3.3	3.70	3.92	4.25	1.00	0.72	0.57	0.97
VFA total mM	148.96	138.61	135.49	139.32	6.92	0.65	0.38	0.33
	----- mol/100mol -----							
Acetato	40.75	40.51	45.94	47.51	2.29	0.78	0.03	0.70
Propionato	39.92	41.08	42.55	38.03	3.45	0.64	0.95	0.43
Butirato	15.37	12.75	8.22	10.12	3.24	0.92	0.17	0.50
Relación A/P	1.07	1.00	1.11	1.30	0.12	0.61	0.19	0.29

Experimento 3.

La influencia del método de empacado de alfalfa y los niveles de forraje sobre el comportamiento productivo de novillos de engorda de finalización se muestra en cuadro 8. La GDP en el periodo 28 a 56 d fue mayor ($P = 0.01$) para las dietas que contenían heno de alfalfa empacada tradicionalmente comparada con la ganancia de las dietas que incluían alfalfa empacada en trozos. Sin embargo al final de los 84 d experimentales el método de empacado o el nivel de forraje no afectaron ($P > 0.10$) la GDP. Se observó un efecto significativo ($P = 0.03$) en la interacción método con nivel de forraje en la variable consumo de MS en el periodo 28 a 56 d. El método de empacado no afectó ($P = 0.19$) el consumo de MS con 8% de forraje, sin embargo, el consumo de MS fue mayor ($P = 0.05$) para la alfalfa tradicional con 14% de forraje. En el periodo completo de 0 a 84 d se observó una tendencia ($P = 0.07$) en la interacción método con nivel de forraje. El método de empacado no influyó ($P > 0.05$) el consumo de MS con el nivel de 8% de forraje, sin embargo, con el 14% de forraje, el consumo de MS fue mayor ($P = 0.02$) para el método tradicional.

El mayor consumo de MS observado en el método tradicional coincide con los valores de tasa de pasaje de partícula (4.77 y $3.76 \pm 0.44\%/h$ en los métodos tradicional y en trozos respectivamente; $P = 0.08$) observados en el Experimento 2. No se observaron efectos de los métodos de empacado probablemente debido a que el bajo nivel de inclusión de forraje en las dietas no contribuyó de manera suficiente como para tener un efecto significativo en el total de la dieta. Galyean y Defoor (2003) reportaron que el ganado de engorda

responde a la fuente y nivel de forraje ajustando su consumo de MS para balancear su consumo de energía.

La conversión alimenticia en los primeros 56 d fue afectada ($P = 0.03$) por el nivel de forraje (0.210 y 0.197 ± 0.004 para 8 y 14% de forraje respectivamente) y por el método de empacado ($P = 0.05$; 0.210 y 0.198 ± 0.005 para el método tradicional y en trozos respectivamente). Sin embargo, en el periodo de 84 d, la conversión alimenticia fue afectada ($P = 0.03$) solamente por el nivel de forraje (0.194 y 0.182 ± 0.003 para 8 y 14% de forraje respectivamente), pero no ($P = 0.20$) por el método (0.191 y 0.185 ± 0.003 para el método tradicional y en trozos respectivamente). La disminución en la conversión alimenticia (G:A) conforme el aumento en el nivel de forraje de 8 a 14%, coincide con información previa que indica que al incrementar el nivel de forraje disminuye la densidad de energía y también disminuye la eficiencia alimenticia (Bartle et al., 1994; Gutherie et al., 1996; Theurer et al., 1999). La falta de efecto del método de empacado coincide con investigaciones previas donde se utilizan diferentes tamaños de partícula de forraje para dietas de ganado de engorda que no modifican el comportamiento productivo del animal (Shain et al., 1999). Además, coincide con el Experimento 2, donde no se observaron efectos del método de empacado en la digestibilidad de MO, PC, FDN, o en las características de la fermentación ruminal (pH, concentración de amonía y AGV).

Cuadro 7. Efecto del método de empacado y niveles de forrajes sobre en el comportamiento productivo consumiendo dietas en concentrado.

	Tratamientos ^a				EE	Valor de Probabilidad ^b		
	8%		14%			Método	Nivel	M x N
	Testigo	Trozos	Testigo	Trozos				
PV, kg								
0 d	394.1	393.4	394.2	393.9	15.3	0.24	0.48	0.67
28 d	443.1	44.0	446.5	442.6	15.8	0.70	0.81	0.54
56 d	491.8	490.5	495.8	482.9	17.3	0.10	0.65	0.16
84 d	534.6	530.3	536.2	522.9	18.6	0.08	0.54	0.35
GDP, kg								
0 a 28 d	1.75	1.81	1.87	1.74	0.12	0.78	0.86	0.47
28 a 56 d	1.74	1.66	1.76	1.44	0.08	0.01	0.17	0.10
0 a 56 d	1.74	1.73	1.81	1.59	0.07	0.11	0.59	0.14
56 a 84 d	1.53	1.42	1.44	1.43	0.08	0.43	0.62	0.56
0 a 84 d	1.67	1.63	1.69	1.54	0.06	0.10	0.50	0.33
CMS,kg								
0 a 28 d	7.65	7.74	8.18	7.88	0.30	0.56	0.09	0.30
28 a 56 d	8.68	9.00	9.53	9.03	0.36	0.58	0.02	0.03
0 a 56 d	8.16	8.37	8.86	8.45	0.34	0.53	0.03	0.08
56 a 84 d	9.26	8.84	9.66	9.02	0.30	0.02	0.16	0.58
0 a 84 d	8.53	8.52	9.13	8.64	0.30	0.06	0.01	0.07
G : A								
0 a 28 d	0.23	0.23	0.23	0.22	0.014	0.95	0.62	0.61
28 a 56 d	0.20	0.18	0.18	0.16	0.006	0.01	0.01	0.57
0 a 56 d	0.21	0.21	0.21	0.19	0.006	0.05	0.03	0.37
56 a 84 d	0.18	0.16	0.15	0.16	0.008	0.52	0.12	0.14
0 a 84 d	0.20	0.19	0.19	0.18	0.005	0.20	0.03	0.81

^aLos tratamientos se acomodaron en un arreglo factorial 2 x 2. Los factores consistieron de nivel de forraje (8 y 14%, en base a materia seca) y método de empacado del heno de alfalfa: (tradicional o testigo y empacado es trozos).

^bValores de Probabilidad para a) Método = El método de empacado; Nivel = El nivel de forraje; M x N = La interacción del método de empacado x Nivel de forraje.

CONCLUSIONES

El empacado de alfalfa en trozos se puede usar satisfactoriamente en dietas de recepción al mostrar una mejoría en el comportamiento productivo de los animales en esta etapa de la engorda, al mejorar la GDP y conversión alimenticia. Sin embargo, las características de digestión y fermentación ruminal, y el comportamiento productivo de novillos alimentados con dietas de finalización no mejoraron al utilizar heno de alfalfa empacado en trozos. Debido a que las dietas de finalización generalmente incluyen de 5 a 15% de forraje, cualquier efecto positivo que se observe en el forraje debe de ser lo suficientemente grande para poder tener algún impacto en la dieta.

LITERATURA CITADA

- Anderson, P. 1991. Optimum forage use in beef cattle growing and finishing diets. Beef Cattle Extension. Issue 18. Updated February 18, 1991. www.extension.umn.edu/Beef/components/publications/bcmu18.pdf.
- Allen, M.S. 2000. Effects of diet on short term regulation of feed intake by lactating dairy cows. *J.Dairy Sci.* 83: 1598 – 1624.
- Allen, M.S. 1997. Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. *J. Dairy Sci.* 80:1447 – 1462.
- Bartle, S.J., R. L. Preston, and M.F. Miller. 1994. Dietary energy source and density: Effects of roughage source, roughage equivalent, tallow level, and steer type on feedlot performance and carcass characteristics. *J. Anim. Sci.* 72: 1943 – 1953.
- Bernard, L., J.P. Chaise, R. Baumont and C. Poncet. 2000. The effect of physical form of orchardgrass hay on the passage of particulate matter through the rumen of sheep. *J. Anim. Sci.* 78: 1338 – 1354.
- Berry, B.A., C.R. Krehbiel, A.W. Confer, D.R. Gill, R.A. Smith and M. Montelongo. 2004. Effects of dietary energy and starch concentrations for newly received feedlot calves: I. Growth performance and health. *J. Anim. Sci.* 82: 837 – 844.
- Blecha, F., S.L. Boyles and J. G. Riley. 1984. Shipping suppresses lymphocyte blastogenic responses in angus and Brahman X angus feeder calves. *J. Anim. Sci.* Vol. 59, No. 3.
- Bourquin L. D., E. C. Titgemeyer, N.R. Merchen and G. C. Fahey 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.
- Broderick, G.A. and W.M. Craig. 1989. Metabolism of peptides and amino acids during in vitro protein degradation by mixed rumen organisms. *J. Dairy Sci.* 72:2540 - 2548.
- Broderick, G.A. and R. J. Wallace. 1988. Effects of dietary nitrogen source on concentrations of ammonia, free amino acids and fluorescamine-reactive peptides in the sheep rumen. *J. Anim. Sci.* 66: 2233 – 2240.

- Bryant, M.P. and I. M. Robinson. 1963. Apparent incorporation of ammonia and amino acid carbon during growth of selected species of ruminal bacteria. *J. Dairy Sci.* 46: 150 – 158.
- Cajal, C., H. Barrada, A. Castellanos, J.A. Puaron, J.D. Garza, R. Gomez, G. Llamas, L. Martinez, V. Monroy, F. Rodríguez, E. Sanchez, A. Shimada y J. Soriano. 1986. *Engorda de Bovinos. Primera Edición. Consultores en Producción Animal. S.C. México.*
- Calderon-Cortes J.F. and R.A. Zinn. 1996. Influence of dietary forage coarseness of grind on growth performance and digestive function in feedlot steers. *J. Anim. Sci.* 74: 2310 – 2316.
- Campbell, C.P., S.A. Marshall, I.B. Mandell and J.W. Wilton. 1992. Effects of source of dietary neutral detergent fiber on chewing behavior in beef cattle fed pelleted concentrates with or without supplemental roughage. *J. Anim. Sci.* 70: 894 – 903.
- Chen, G., J.B. Russell and C.J. Sniffen. 1987a. A procedure for measuring peptides in rumen fluid and evidence that peptide uptake can be a rate-limiting step in ruminal protein degradation. *J. Dairy Sci.* 70:1211 - 1218.
- Chen, G., C.J. Sniffen and J.B. Russell. 1987b. Concentration and estimated flow of peptides from the rumen of dairy cattle: effects of protein quantity, protein solubility, and feeding frequency. *J. Dairy Sci.* 70: 983 – 989.
- Cole, N.A. and D.P. Hutcheson. 1988. Influence of protein concentration in prefast and postfast diets on feed intake of steers and nitrogen and phosphorus metabolism of lambs. *J. Anim. Sci.* 66: 1764 – 1777.
- Cole, N.A., C.W. Purdy and D.M. Hallford. 1988. Influence of fasting and postfast diet energy level on feed intake, feeding pattern and blood variables of lambs. *J. Anim. Sci.* 66: 798 – 805.
- Cole N.A. 1996. Metabolic changes and nutrient repletion in lambs provided with electrolyte solutions before and after feed and water deprivation. *J. Anim. Sci.* 74 : 287 – 294.

- Craig, W.M., D.R. Brown, G.A. Broderick and D.B. Ricker. 1987. Post-prandial compositional changes of fluid and particle associated ruminal microorganisms. *J. Anim. Sci.* 65:1042 - 1049.
- 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.
- Duff, M.G. and M.L. Galyean. 2006. Recent advances in management of highly stressed, newly received feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* Nov. 3.
- Fluharty, F.L. and S.C. Loerch. 1996. Effects of dietary energy source and level on performance of newly arrived feedlot calves. *J. Anim. Sci.* 74: 504 – 513.
- Gaebe, R. J., D. W. Sanson, I.G. Rush, M. L. Riley, D. L. Hixon and S. I. Paisley. 1998. Effects of extruded corn or grain sorghum on intake, digestibility, weight gain, and carcasses of finishing steers. *J. Anim. Sci.* 76 : 2001 – 2007.
- Galyean, M.L. and P.J. Defoor. 2003. Effects of roughage source and level on intake by feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 81 (E. Suppl. 2): E8 – E16.
- Galyean, M.L., L.J. Perino and G.C. Duff. 1999. Interaction of cattle health/Immunity and nutrition. *J. Anim. Sci.* 77: 1120 – 1134.
- Garcia, A. and K. Kalscheur. 2005. Particle size and effective fiber in dairy cow diets. Extension Extra of Dairy Science Department. South Dakota State University.
- Grant, R.J., V.F. Colenbrander and D.R. Mertens. 1990. Milk fat depression in dairy cows: Role of particle size of alfalfa hay. *J. Dairy Sci.* 73: 1823 – 1833.
- Guthrie, M.J., M.L. Galyean, K.J. Malcom-Callis and G.C. Duff. 1996. Roughage source and level in beef cattle finishing diets. *Prof. Anim. Sci.* 12 : 192 – 198.
- Heinrichs, A.J., D.R. Buckmaster and B.P. Lammers. 1999. Processing, mixing, and particle size reduction of forage for dairy cattle. *J. Anim. Sci.* 77: 180 – 186.
- Hino, T. and J.B. Russell. 1987. Relative contributions of ruminal bacteria and protozoa to the degradation of protein in vitro. *J. Anim. Sci.* 64: 261 – 268.

- Hoover, W. H. and S.R. Stokes. 1991. Balancing Carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. *J. Dairy Sci.* 74: 3630 – 3644.
- Hristov, A.N., S. Ahvenjarvi, T.A. McAllister and P. Huhtanen. 2003. Composition and digestive tract retention time of ruminal particles with functional specific gravity greater or less than 1.02. *J. Anim. Sci.* 81: 2639 – 2648.
- Hutcheson, D.P. and N.A. Cole. 1986. Management of transit-stress syndrome in cattle: Nutritional and environmental effects. *J. Anim. Sci.* 62:555 - 560.
- Jaster, E.H. and M.R. Murphy. 1983. Effects of varying particle size of forage on digestion and chewing behavior of dairy heifers. *J. Dairy Sci.* 66:802 – 810.
- Kolver, E.S. and M.J. de Veth. 2001. Prediction of ruminal pH from pasture-based diets. *J. Dairy Sci.* 85: 1255 – 1266.
- Kononoff, P.J. and A.J. Heinrichs. 2003. The effect of reducing alfalfa haylage particle size on cows in early lactation. *J. Dairy Sci.* 86: 1445 – 1457.
- Krehbiel, C. R., R. A. Stock, D. W. Herold, D.H. Shain, G.A. Ham and J.E. Carulla. 1995. Feeding wet corn gluten feed to reduce subacute acidosis in cattle. *J. Anim. Sci.* 73: 2931 – 2939.
- Kreikemeier, K.K., D.L. Harmon, R.T. Brandt, T.G. Nagaraja and R.C. Cochran. 1990. Steam-rolled wheat diets for finishing cattle: effects of dietary roughage and feed intake on finishing steer performance and ruminal metabolism. *J. Anim. Sci.* 68: 2130 – 2141.
- Leedle, J.A.Z., K. Barsuhn and R.B. Hespell. 1986. Post-prandial trends in estimated ruminal digesta polysaccharides and their relation to changes in bacterial groups and ruminal fluid characteristics. *J. Anim. Sci.* 62: 789 - 797.
- Loerch, S.C. and F.L. Fluharty. 1999. Physiological Changes and Digestive capabilities of newly received feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 77: 1113 – 1119.
- Loerch, S.C. and F.L. Fluharty. 1996. Effects of dietary energy source and level on performance of newly arrived feedlot calves. *J. Anim. Sci.* 504 – 513.

- Lofgreen, G.P., J.R. Dunbar, D.G. Addis and J.G. Clark. 1975. Energy level in starting rations for calves subjected to marketing and shipping stress. *J. Anim. Sci.* 41: 1256-1265.
- Mahadevan, S., J.D. Erfle and F.D. Sauer. 1980. Degradation of soluble and insoluble proteins by *Bacteriodes amylophilus* protease and by rumen microorganism. *J. Anim. Sci.* 50: 723 - 730.
- Markham, C.E., C.R. Krehbiel and L.O. Burciaga. 2002. Effects of roughage source and particle size on performance and carcass characteristics of finishing heifers. www.ansi.okstate.edu/research/2004rr/07/07.htm
- Mendoza, G.D. y R. Ricalde. 1993. Alimentación de ganado bovino con dietas altas en granos. Primera edición. Editorial Universidad Autónoma metropolitana. México.
- Mertens, D.R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80: 1463 – 1481.
- Moore, J. A., M.H. Poore and R.S. Swingle. 1990. Influence of roughage source on kinetics of digestion and passage, and on calculated extents of ruminal digestion in beef steers fed 65 % concentrate diets. *J. Anim. Sci.* 68: 3412 – 3420.
- New Holland. 2005. Bale – slice system. www.newholland.com. Accesado el 13 de Mayo, 2005.
- NRC. 1996. Nutrient requirements of beef cattle (7th Ed.) National Academy Press, Washington, DC.
- Ocáriz, M. 2004. Mamíferos herbívoros. [www. Engormix.com](http://www.Engormix.com). Accesado 8 de mayo del 2005.
- Okine, E.K., G. W. Mathison and R.T. Hardin. 1989. Effects of changes in frequency of reticular contractions on fluid and particulate passage rates in cattle. *J. Anim. Sci.* 67: 3388 – 3396.
- Owens, F.N., D.S. Secrist, W.J. Hill and D.R. Gill. 1998. Acidosis in cattle: Review. *J. Anim. Sci.* 76: 275 – 286.
- Richey, E.J. and D.L. Prichard. 1994. Health management of newly-arrived beef cattle into a backgrounding/stocker. [http:// edis.ifas.ufl.edu/AA153](http://edis.ifas.ufl.edu/AA153). Accesado 7 de Abril del 2005.

- Roderick, I. M. and B. A. White. 1990. Recent advances in rumen microbial Ecology and metabolism: potential impact on nutrient output. *J. Dairy Sci.* 73: 2971 – 2995.
- Rotger, A., A. Ferret, S. Calsamiglia and X. Manteca. 2005. Changes in ruminal fermentation and protein degradation in growing holstein heifers from 80 to 250 kg fed high- concentrate diets with different forage to concentrate ratios. *J. Anim. Sci.* 83:1616 – 1624.
- Russell, J.B., C. J Sniffen and P.J. Van Soest. 1983. Effect of carbohydrate limitation on degradation and utilization of casein by mixed rumen bacteria. *J. Dairy Sci.* 66: 763- 769.
- Salyer, G.B., M.L. Galyean, P.J. Defoor, G.A. Nunnery, C.H. Parsons and J.D. Rivera. 2004. Effects of copper and zinc source on performance and humoral immune response of newly received, lightweight beef heifers. *J. Anim. Sci.* 82: 2467 – 2473.
- Schettini, M.A., E.C. Prigge and E.L. Nestor. 1999. Influence of mass and volume of ruminal contents on voluntary intake and digesta passage of a forage diet in steers. *J. Anim. Sci.* 77: 1896 – 1904.
- Shain, D.H., R.A. Stock, T.J. Klopfenstein and D.W. Herold. 1998. Effect of degradable intake protein level on finishing cattle performance and ruminal metabolism. *J. Anim. Sci.* 76: 242 – 248.
- 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.
- Sindt, J.J., J.S. Drouillard, E.C. Titgemeyer, S. P. Montgomery, C.M. Coetzer, T.B. Farran, J.N. Pike, J.J. Higgin and R.T. Ethington. 2003. Wet corn gluten feed and alfalfa hay combinations in steam-flaked corn finishing cattle diets. *J. Anim. Sci.* 81: 3121 – 3129.
- Slyter, L.L. and T.S. Rumsey. 1991. Effect of coliform bacteria, feed deprivation, and pH on ruminal D-Lactic acid production by steer or continuous – culture microbial populations changed from forage to concentrates. *J. Anim. Sci.* 69: 3055 – 3066.
- Stedman, T. L. 1982. *Stedman’s Medical Dictionary.* Williams and Wilkins, Baltimore, MD.

- Stock, R.A., M. H. Sindt, J. C. Parrott and F. K. Goedecken. 1990. Effects of grain type, roughage level and monensin level on finishing cattle performance. *J. Anim. Sci.* 68: 3441 – 3455.
- Stoltenow, C. and G Lardy.1998. Respiratory illnesses.University of North Dakota.
www.Ext.nodak.edu/extpubs/ansci/beef/as1154w.htm. Accesado: 6 Abril del 2005.
- Sudweeks, E.M., L.O. Ely, D.R. Mertens and L. R. Sisk. 1981. Assessing minimum amounts and form of roughages in ruminant diets: Roughage value index system. *J. Anim. Sci.* 53: 1406 – 1411.
- Teimouri Yansari, A., R. Valizadeh, A. Naserian, D.A. Christensen, P. Yu and F. Eftekhari Shahroodi. 2004. Effects of Alfalfa particle size and specific gravity on chewing activity, digestibility, and performance of Holstein dairy cows. *J.Dairy Sci.* 87: 3912 – 3924.
- Theurer, C.B., R.S. Swingle, R. C. Wanderly, R.M. Katting, A. Urias and G. Ghenniwa. 1999. Sorghum grain flake density and source of roughage in feedlot cattle diets. *J. Anim. Sci.* 77: 1066 – 1073.
- Van Soest, P.J., J. Jeraci, T. Foose, K. Wrick and F. Ehle. 1983. Comparative fermentation of fiber in man and other animals. In : G. Wallace and L. Bell (Ed.) fibre in human and animal nutrition. Pp 75 – 80. The Royal Society of New Zealand, Wellington.
- Wattiaux, M.A., L.D. Satter and D. R. Mertens. 1992. Effect of microbial fermentation on functional specific gravity of small forage particles. *J. Anim. Sci.* 70: 1262 – 1270.
- Welch, J.G. 1990. Inert plastics as indicators of physiological processes in the gastrointestinal tract of ruminants. *J. Anim. Sci.* 68:2930 – 2935.
- Welch, J. G. 1986. Physical parameters of fiber effective passage from the rumen. *J. Dairy Sci.* 69: 2750 – 2754.
- Zinn, R. A., L. Corona and R. A. Ware. 2004. Forage Quality: Impacts on cattle performance and economics. In: Proceedings National Alfalfa Symposium. San Diego, CA. December 13 2004, pp 451-458.