

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

"ANTONIO NARRO"

UNIDAD LAGUNA

División Regional de Ciencia Animal



“Efecto de la administración de hidróxido de magnesio y bicarbonato de sodio sobre la composición de leche de vacas Holstein”

POR:

**Raymundo Hurtado Rodríguez**

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

TORREÓN COAHUILA MÉXICO

Abril de 2007

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA

División Regional de Ciencia Animal

“Efecto de la administración de hidróxido de magnesio y  
bicarbonato de sodio sobre la composición de leche de vacas  
Holstein”

APROBADA POR EL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA

PRESIDENTE DEL JURADO

---

DR. PEDRO ANTONIO ROBLES TRILLO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

---

MVZ. JOSE FRANCISCO SANDOVAL ELIAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA  
División Regional de Ciencia Animal

TESIS:  
Raymundo Hurtado Rodríguez:

“Efecto de la administración de hidróxido de magnesio y  
bicarbonato de sodio sobre la composición de leche de vacas  
Holstein”

TESIS ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA Y  
APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Presidente

\_\_\_\_\_  
Dr. Pedro Antonio Robles Trillo

Vocal

Vocal

Vocal suplente

TORREÓN, COAH.

Abril de 2007

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”  
Unidad Laguna  
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**

Raymundo Hurtado Rodríguez:

“Efecto de la administración de hidróxido de magnesio y bicarbonato de sodio sobre la composición de leche de vacas Holstein”

**Tesis**

Que se somete a la consideración del Comité asesor, como requisito parcial para obtener el título de

**MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**COMITÉ PARTICULAR**

---

**DR. Pedro Antonio Robles Trillo  
Asesor**

---

**Dr. Rafael Rodríguez Martínez  
Colaborador**

---

**MVZ José Francisco Sandoval Elías  
Coordinador de la División de Regional de Ciencia Animal**

Torreón, Coahuila, México.

Abril de 2006

## **Agradecimientos**

### **A DIOS**

Por brindarme la vida y darme la oportunidad de haber terminado con mis estudios , darme la salud y la de mi familia y el talento para superarme cada día en mi trabajo.

### **AMIS PADRES**

Por su tiempo ,sus consejos y su apoyo que me brindaron en toda mi carrera.

### **A MI ESPOSA E HIJO**

Gracias por todo su apoyo, en las épocas de limitaciones que tuvimos, gracias por comprenderme por todo el apoyo que me dieron

### **AMIS HERMANOS**

Gracias por su apoyo, por impulsarme a seguir estudiando gracias al esfuerzo que hicieron para que terminara con mis estudios

### **AL DR. PEDRO A. ROBLES TRILLO**

Por brindarme su tiempo tan valioso por sus consejos y su asesoramiento le agradezco todo lo que me dio como maestro, asesor y amigo.

### **A MI ALMA TERRA MATER**

Por darme la oportunidad de haber estado en ella, por cobijarme con sus instalaciones y terminar mi carrera dentro de ella.

## **Dedicatoria**

A MIS PADRES

GERARDO HURTADO ONTIVEROS  
JUANA RORIGUEZ VALENZUELA.

Gracias a ellos que me dieron la vida ya que gracias a ellos he llegado a titularme.  
Yo les daré mi apoyo el día que me necesiten y ayudarles como ellos lo hicieron

A MI ESPOSA E HIJO:

AMABELY MELINA LOPEZ MUÑOZ  
ALAN RAYMUNDO HURTADO LOPEZ

Les dedico este trabajo, ya que el esfuerzo que realizo día con día es para que no les falte nada y superarnos cada vez mas.

## Resumen

La administración de raciones con contenidos elevados de granos en la ración , provoca una disminución en el pH ruminal, lo cual ocasiona disminución en la producción láctea y condición corporal, no se dispone de información sobre el uso de hidróxido de magnesio para contrarestar la disminución esos efectos. Este trabajo se realizó con el objeto de determinar el efecto de la sustitución de bicarbonato de sodio con de hidróxido de magnesio sobre la producción de leche y la condición corporal de vacas Holstein. Se utilizaron vacas Holstein con más de dos partos y al menos 120 días de haber tenido el parto y con condición corporal media de 3.2. Los animales se dividieron en dos grupos de 180 animales, al grupo control (DC) se le administró en la dieta 200 g de bicarbonato de sodio, en tanto que al grupo tratamiento (DH) se le proporcionó 200 gr de hidróxido de magnesio. Ambos grupos recibieron una ración con aproximadamente 22.5 kg de MS y una relación forraje concentrado de 40:60. La composición química de la dieta de ambos grupos tenía, entre otros parámetros, el 18% de proteína cruda, 32% de FDN y 1.69 Mcal de ENI por kilogramo de MS. La prueba tuvo un período de adaptación de 21 días seguido de otro período de toma de muestra de 45 días. La calidad de la leche se determinó cada 15 días y para ello se tomó muestra durante tres días consecutivos para evaluar el porcentaje de proteína, grasa y nitrógeno ureico en leche. La información se analizó considerando un diseño completamente al azar. Se observó efecto de tratamiento ( $P < 0.05$ ) sobre la cantidad de grasa y proteína correspondiendo las cantidades mayores para la DH (4.03 y 3.5 para grasa y proteína respectivamente). No se observo diferencia en la cantidad de nitrógeno ureico en leche. La sustitución de bicarbonato de sodio con hidróxido de magnesio aumenta la cantidad de grasa en la leche, lo cual puede interpretarse como ausencia de acidosis ruminal, por lo que este alcalinizante es una opción viable para controlar dicho padecimiento en vacas en producción.

## Indice

Agradecimientos.....	v
Dedicatoria .....	vi
Resumen .....	vii
Indice.....	viii
Introducción.....	1
Revisión de literatura.....	3
Síntesis y clasificación de carbohidratos .....	3
Degradación de carbohidratos en el rumen .....	7
Requerimientos de carbohidratos .....	10
Efectividad de la fibra .....	11
Influencia del tamaño de partícula sobre la eficacia de la fibra .....	13
Uso de raciones totalmente mezcladas .....	18
Acidosis ruminal.....	22
Tipos de acidosis ruminal .....	23
Fisiología del pH ruminal .....	24
Estrategias alimenticias para contrarrestar la acidosis ruminal .....	26
Materiales y métodos .....	31
Descripción del sitio experimental .....	31
Descripción de la dieta .....	31
Descripción de los animales .....	32
Determinación de la calidad de leche .....	32
Análisis estadístico de la información .....	32
Resultados y discusión.....	33
Conclusiones.....	34
Literatura citada.....	36



## **Introducción**

Los carbohidratos se clasifican en dos grupos, los no estructurales (CNE), que se encuentran en el citoplasma celular y los estructurales (CE), que se localizan en la pared celular. Los primeros son precursores de energía para los microorganismos del rumen, además que influyen en la producción láctea. Mientras que los carbohidratos estructurales conocidos como fibra detergente neutro (FDN), se encuentran en la pared celular de las plantas como una expresión química y son celulosa, hemicelulosa y lignina, y son necesarios en las dietas de vacas en lactación ((Ishler y Varga, 2000); (Robinson y McQueen, 1997). La FDN juega un papel importante en los rumiantes para mantener al máximo el consumo de MS, así como una buena estimulación en la actividad de la masticación y la fermentación del rumen (Bava et al., 2001).

El rumiante requiere una cantidad mínima de fibra dietética efectiva (eFDN) para un consumo óptimo de materia seca para la estimulación de la salivación, la producción de leche y para preservar una buena salud en la vaca (Grant, 1997), la efectividad de la fibra ha sido definida como la que puede estimular la masticación, salivación y rumia por lo tanto la tasa de pasaje de la digesta, la producción de acetato en el rumen y consecuentemente el porcentaje de grasa en la leche (Armentano y Pereira, 1997; Clark y Armentano, 1997; Soita et al., 2000).

Cuando en los rumiantes se presenta un incremento súbito o un exceso en el consumo de CNE, o bien una disminución en el consumo de eFDN, se puede presentar un cuadro de acidosis ruminal. La acidosis ruminal se caracteriza por una disminución fuerte en el pH, disminución de la motilidad ruminal, una disminución en el consumo de alimento, presencia de diarrea intermitente, disminución en la condición corporal del ganado, así como la reducción de la producción de la leche y la grasa de la misma (Duffield et al., 2004). El diagnóstico de la acidosis ruminal depende de la presencia de un pH ruminal anormal, tanto como de la presencia de los signos clínicos o el aumento de los animales de desecho del hato.

En la literatura científica se ha documentado sobre algunas estrategias de manejo para contrarrestar este padecimiento en los rumiantes (Owens et al., 1998;

Orskov, 1999). Dentro de esas alternativas se destaca el uso de amortiguadores y alcalinizantes del pH ruminal (Le Ruyet y Tucker, 1992).

Christiansen y Webb (Christiansen y Webb, 1990) evaluaron el efecto de niveles dietéticos elevados de óxido de Mg o piedra caliza sobre el consumo de MS y la digestibilidad de la materia orgánica (MO) y proteína cruda (PC), así como la absorción intestinal de aminoácidos en ovejas. Los resultados demostraron que no hubo diferencias en el pH ruminal y que la administración de dosis elevadas de MgO no mejora la digestibilidad de la MO ni de la PC y pudiera ser nocivo para los borregos, ya que se disminuye la absorción de aminoácidos a nivel intestinal.

El tratamiento oral de la acidosis ruminal con antiácidos administrados oralmente demostró que el óxido de magnesio es muy potente, sin embargo, podría causar una severa alcalosis ruminal. Por otra parte, la administración del hidróxido de calcio y el carbonato de magnesio arrojó resultados satisfactorios, mientras que la habilidad alcalinizante del hidróxido de magnesio, trisilicato de magnesio, carbonato de calcio, hidróxido de aluminio y el bicarbonato de sodio pareció ser menos efectiva (Van Amstel, 1983).

Por otra parte, la administración de hidróxido de magnesio a becerros de engorda no afectó el consumo de MS, en comparación de las dietas con el MgO. Así mismo, la biodisponibilidad del Mg fue similar cuando se agregaron a las dietas de los novillos ya sea MgO y Mg (OH)<sub>2</sub>. Así mismo ambas fuentes fueron efectivas en prevenir la hipomagnesemia en los novillos (Davenport et al., 1990).

Existe poca información disponible del efecto de la administración del Mg (OH)<sub>2</sub> y su efecto en el amortiguamiento del pH del rumen y la producción y calidad de leche de vacas. Es posible reemplazar al bicarbonato de sodio con hidróxido de Mg, sin afectar la eficiencia forrajera, en términos de la calidad de la leche.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del reemplazo del bicarbonato de sodio con hidróxido de magnesio sobre la composición de la leche de vaca.

## Revisión de literatura

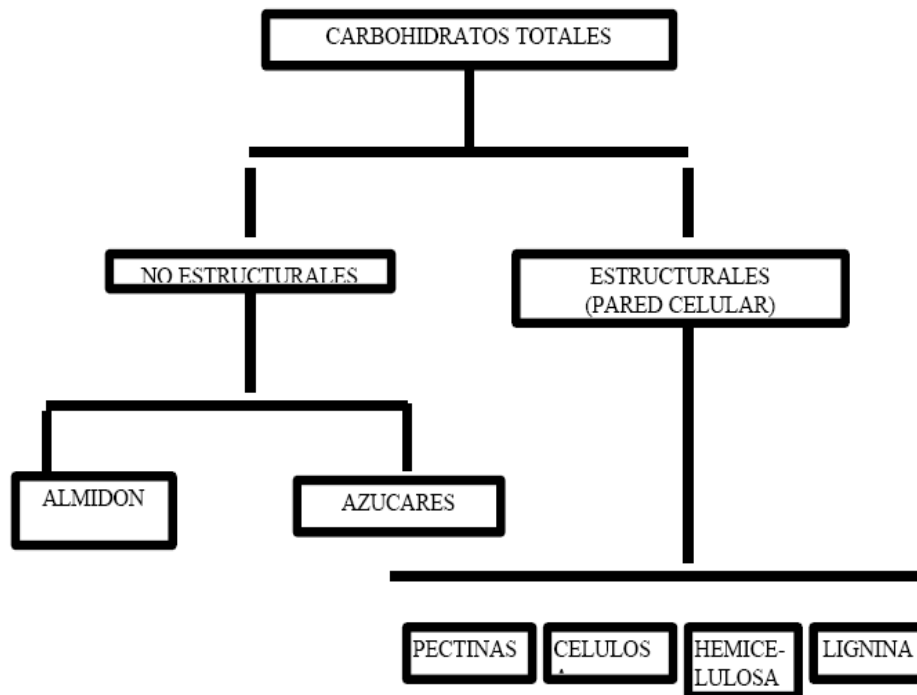
### Síntesis y clasificación de carbohidratos

La fotosíntesis en la biosfera produce a partir de las plantas aproximadamente  $136 \times 10^{15}$  g de materia seca por año, lo que representa la biomasa más abundante de la tierra. Como parte de esta biomasa, la celulosa representa del 28 al 50%, la hemicelulosa, del 20 al 30% y la lignina del 18 al 30% (Breznak y Brune, 1994; Gomez de Segura *et al.*, 1998). Estos compuestos se localizan en la pared celular de los vegetales (PaCe) y su producción está afectada por factores como el aumento de la temperatura, que ocasiona una maduración rápida de los forrajes y con ello un incremento en la acumulación de PaCe, específicamente, la lignina (Agnes *et al.*, 1996).

Los carbohidratos se clasifican en dos grupos, los no estructurales (CNE), que se encuentran en el citoplasma celular y los estructurales (CE), que se localizan en la pared celular. Los primeros son precursores de energía para los microorganismos del rumen, además que influyen en la producción láctea. Mientras que los carbohidratos estructurales conocidos como fibra detergente neutro (FDN), se encuentran en la pared celular de las plantas como una expresión química y son celulosa, hemicelulosa y lignina, y son necesarios en las dietas de vacas en lactación ((Varga *et al.*, 1998); (Stensig y Robinson, 1997). La FDN juega un papel importante en los rumiantes para mantener al máximo el consumo de MS, así como una buena estimulación en la actividad de la masticación y la fermentación del rumen (Bava *et al.*, 2001).

El componente mayoritario de la hemicelulosa es el xilano, un polímero heterogéneo, en el cual las unidades de xilanopiranosil son sustituidos con residuos de acetil, arabinosil y glucuronosil (Gomez de Segura *et al.*, 1998).

Las plantas sintetizan anualmente cerca de  $4 \times 10^9$  toneladas de celulosa anualmente, pero este material no se acumula en el ambiente porque los hongos y las bacterias degradan eficientemente la biomasa de las plantas para proveerse de energía y carbono, para finalmente reciclar el  $\text{CO}_2$  en el ecosistema (Trinci, 1995).



La celulosa es descrita como un compuesto de micro fibrillas contenidas en una matriz amorfa, las cuales imparten rigidez a la célula y contribuyen al tamaño y a la morfología de la pared celular. Los complejos biosintéticos en la superficie externa de la membrana celular de las plantas producen polímeros de moléculas unidas con enlaces  $\beta$ 1-4 de residuos de glucosa de 100 hasta 10,000 unidades monómeras, presentándose como micro fibrillas cristalinas (Trinci, 1995).

Las cadenas de celulosa forman numerosos enlaces de hidrógeno intra y extra moleculares, que resultan en la formación de micro fibrillas insolubles de celulosa (Denman *et al.*, 1996). En las paredes secundarias gruesas de las plantas superiores, la deposición de las micro fibrillas a menudo ocurre en capas que alternan la dirección, por lo que crean paredes celulares con gran fortaleza (Delmer, 1999).

La lignina es un polímero de las paredes celulares de los vegetales, compuesta de tres diferentes monómeros fenólicos que varían en el grado en que el grupo metil se sustituye en el anillo aromático. Esas unidades monolignoles,

llamadas *p*-hidroxifenil (no metoxilado) guaiacil (monometoxilado) y siringil (dimetoxilado), se derivan de la polimerización de los respectivos alcoholes *p*-coumaril, conferil y sinapil (Provan *et al.*, 1994; Pires *et al.*, 1997).

La lignificación de la pared celular de las plantas está considerada como el primer factor que limita la degradación de los polisacáridos de esas estructuras vegetales. Esta conclusión proviene de repetidas observaciones de los efectos negativos entre la concentración de lignina y la degradabilidad de las paredes celulares (Jung *et al.*, 2000). Por lo tanto, se plantea la hipótesis de que el acceso de los microorganismos a la lignina puede explicar mejor las diferencias que existen entre la degradación de los forrajes, que la teoría de la química de la pared celular. Es conocido que la lignina tiene una influencia sobre la digestibilidad de los tejidos de las plantas, aunque su naturaleza exacta aún sigue en debate (Reeves, 1997).

Las limitaciones estructurales de las paredes celulares vegetales deberán ser reducidas significativamente por medio de modificaciones genéticas a la composición de la pared celular, para que hagan a la región de la lámina media susceptible a la digestión microbiana, ayudando por consiguiente a la separación de la célula y a la desintegración de la partícula e incrementando la superficie del área para la acción microbiana. También ayudaría a incrementar la actividad digestiva de los hongos anaerobios del rumen (Wilson y Mertens, 1995).

Los ácidos fenólicos, dentro de los cuales destacan el ácido *p*-coumárico, ferúlico (Rosazza *et al.*, 1995), dehidroferúlico, *p*-OH benzoico, vanillico, siringico y aldehídos con esqueletos de 7 átomos de carbono, participan en el enlace de la lignina a otros componentes de la pared celular, principalmente carbohidratos (Jung y Fahey Jr, 1983; McDougall, 1993; Besle *et al.*, 1994).

Algunos estudios han sugerido que los ácidos fenólicos de las paredes celulares funcionan para unir o formar enlaces cruzados entre las cadenas de hemicelulosa al centro de la lignina y para formar enlaces dentro de las cadenas de hemicelulosa a través de uniones éster o éter (Chen *et al.*, 1996).

Los ácidos fenólicos tales como el ácido *p*-cumárico y el ácido ferúlico, que son precursores de la lignina, están a menudo unidos a ella a través de enlaces

éster y éter con arabinosilanos dentro de las paredes celulares de los pastos. Esos compuestos también se presentan como glicósidos en combinación con azúcares o enlaces covalentes unidos a diferentes terpenoides y flavonoides en la pared celular de las plantas vasculares (Yang et al., 2001a.).

El ácido ferúlico está enlazado como un éster al C5-hidroxil de las moléculas de alfa-L-arabinosa de los xilanos de los zacates. Se sabe que los arabinosilanos son enlaces cruzados limitados por una conexión 5-5 dehidrómero de ácido ferúlico (Grabber *et al.*, 1995).

Los enlaces covalentes de la lignina con los carbohidratos de la pared celular contribuyen a la retención de lignina a las paredes celulares durante la degradación ruminal, pero también pueden inhibir la actividad de las enzimas (Sewalt *et al.*, 1996).

Los mecanismos que determinan la resistencia de las paredes celulares de los forrajes al ataque microbiano han sido estudiados extensamente, sugiriéndose algunos principios generales, de tal forma que actualmente se acepta que el ataque bacteriano a las paredes celulares es un proceso superficial en que la lignina presenta una superficie esencialmente inerte y resistente a la adhesión por el ataque microbiano y a la degradación por sus enzimas.(Soita et al., 2000b). Por esto, se considera que la lignina ejerce su efecto negativo al actuar como una barrera física que impide el acceso a las enzimas de los microbios ruminales a los sustratos de los polisacáridos de las paredes celulares (Jung y Fahey Jr, 1983).

La temperatura es el factor que más influye sobre las características de las paredes celulares, ocasionando una lignificación elevada y una maduración rápida de los tejidos de las plantas. Este efecto se observa tanto en gramíneas como en leguminosas y difiere entre estructuras anatómicas de la planta (en tallos mas que en las hojas). Los forrajes utilizados como alimento para el ganado en zonas tropicales y subtropicales son de naturaleza fibrosa, tienen contenido alto en paredes celulares, contenido bajo de nitrógeno y son menos digestibles que las especies de clima templado. A mayor cantidad de luz, el contenido de lignina de las paredes celulares se incrementa y la digestibilidad disminuye (Agnes et al., 1996).

## Degradación de carbohidratos en el rumen

La PaCe no se acumula porque los hongos y las bacterias la degradan eficientemente, lo cual se puede realizar en medios aerobios o anaerobios (Breznak y Brune, 1994; Gomez de Segura *et al.*, 1998), siendo un ejemplo de este último el ecosistema ruminal, que permite la degradación y fermentación de las paredes celulares vegetales a compuestos asimilables (ácidos grasos volátiles AGV, y proteínas microbianas) para el hospedero. Esta transformación se lleva a cabo por una comunidad microbiana, que comprende al menos 30 especies bacterianas predominantes, en una concentración total de  $10^{10}$  a  $10^{11}$ /ml de fluido ruminal, algunas 40 especies de protozoarios ( $10^5$  a  $10^7$ /ml) y cinco especies de hongos con una concentración de  $10^5$ /ml (Kalmokoff y Teather, 1997; Orpin y Joblin, 1997; Stewart *et al.*, 1997; Williams y Coleman, 1997).

La población eubacteriana ruminal consiste principalmente de anaerobios, entre los que las cepas de *Butyrivibrio fibrosolvans* son consideradas como la especie principal. Igualmente, bajo ciertas condiciones, algunos organismos como *Butyrivibrio* pueden constituir poblaciones dominantes dentro del rumen (Kalmokoff y Teather, 1997). Dentro del rumen, la degradación y fermentación de los forrajes a compuestos asimilables para el animal huésped se lleva a cabo por esas poblaciones de microorganismos, las cuales trabajan de una forma coordinada para convertir a los polisacáridos y las proteínas de la planta, a ácidos grasos volátiles y proteínas microbianas, las que en su oportunidad serán aprovechadas por el animal (Kalmokoff y Teather, 1997).

El rumen es un ecosistema complejo, habitado por una población microbiana diversa, densa y competitiva. Dentro de esta población, se han estimado entre 22 y 30 especies bacterianas a las que se les considera como predominantes dentro del rumen. Sin embargo, los estudios donde se ha establecido lo anterior se han llevado a cabo con técnicas tradicionales, que consideran la necesidad de los requerimientos de crecimiento de muchas bacterias ruminales (Wood y Wilson, 1995).

Dependiendo de su existencia en el medio ambiente las bacterias que habitan dentro del rumen se han clasificado dentro de cinco grupos: 1) bacterias

que viven libres asociadas a la fase líquida del rumen; 2) bacterias libres asociadas a las partículas de alimento; 3) Bacterias firmemente asociadas a las partículas de alimento; 4) bacterias asociadas con el epitelio ruminal y 5) bacterias acopladas a la superficie de protozoarios y esporangios de hongos (Miron *et al.*, 2001).

Se ha reportado un gran número de bacterias ruminales que digieren la celulosa, pero generalmente se está de acuerdo que tanto *in vivo* como *in vitro* son tres especies bacterianas son las más activas en la degradación de la celulosa, y estas son: bacterianas, *Fibrobacter succinogenes*, *Ruminococcus albus* y *Ruminococcus flavefaciens*. Esas especies parecen digerir la celulosa solamente cuando se adhieren al sustrato (Shi y Weimer, 1997b). Bajo condiciones de alimentación ordinarias las poblaciones asociadas con las partículas de alimento son numéricamente predominantes y ocupa el 75% de la población microbiana y producen la mayoría del ATP dentro del rumen (Shi y Weimer, 1997b). Así mismo, la población asociada a la partícula de alimento es responsable de la producción de enzimas con actividad endoglucanasas y xilanasas (88 a 91%), actividad amilasa (70%) y actividad proteasa (75%).

A pesar de las interrelaciones complejas entre los microorganismos del medio ruminal, se cree que las bacterias juegan el papel principal en la degradación de las paredes celulares vegetales debido a su predominancia numérica y a la diversidad metabólica. Sin embargo, aunque en comparación con la de las bacterias y protozoarios que habitan el rumen, la concentración de hongos es relativamente baja; aunque los hongos poseen un rango amplio de enzimas que son capaces de hidrolizar la mayoría de los polisacáridos estructurales de las paredes celulares de las plantas más efectivamente que las bacterias (Dehority y Tirabasso, 2000; Lee *et al.*, 2000).

Las contribuciones de las diferentes fracciones microbianas en la degradación general de las paredes celulares vegetales siguen el siguiente orden: fracción de hongos > fracción bacteriana > fracción protozoaria. Esta aseveración pone en evidencia a las opiniones científicas que indican que las bacterias son las principales causantes de la degradación de la pared celular. Además hay la



posibilidad de interacciones sinérgicas entre hongos y bacterias, lo que contradice resultados que establecen la inhibición de hongos por sustancias producidas por bacterias (Coleman, 1986).

Los hongos anaerobios obligados *Chitridiomycetes* son miembros de la microflora del tracto digestivo de muchos mamíferos herbívoros. Estos hongos colonizan las partículas de las plantas en el rumen y en los intestinos de los herbívoros no rumiantes (Weimer *et al.*, 1990); dichos microorganismos poseen una gran capacidad celulolítica (Chaudhry, 2000). Actualmente, basados en la morfología de las zoosporas y el tallo vegetativo, se han clasificado tres géneros de hongos anaerobios monocéntricos (*Neocallimastix*, *Piromyces* y *Caecomyces*) (Wubah y Kim, 1996), además, del género *Orpinomyces*, que se clasifica por sus zoosporas multiflageladas (Ho *et al.*, 1994) y el género *Anaeromyces* que se clasificó considerando a las esporas uniflageladas (Phillips y Gordon, 1995). La clasificación de los hongos anaerobios del rumen está basada enteramente en la morfología del tallo y para mayor información existen excelentes revisiones del tema (Ho y Barr, 1995).

Los hongos aislados del rumen secretan una gran variedad de enzimas polisacaridasas e hidrolasas glicosidasas, lo cual les permite crecer y utilizar homo y heteropolisacáridos, lo que a su vez le confiere un gran potencial enzimático para liberar a los monosacáridos de los polímeros de las paredes celulares de las plantas (Gomez de Segura *et al.*, 1998; Lee *et al.*, 2000).

Estos hongos ruminales colonizan preferentemente los tejidos vasculares de los materiales fibrosos. Los quistes móviles atacan a la fibra fresca ingerida, para germinar y producir rizoides que se ramifican a través de la pared celular, digiriéndola en asociación con las enzimas de otros microbios, lo que permite la alimentación de dichos hongos (Chaudhry, 2000).

La mayoría de los hongos ya clasificados, fueron aislados en regiones con climas templados donde la producción de rumiantes se basa en forrajes altamente digestibles, heno y concentrados. En contraste, la producción de rumiantes en zonas tropicales secas está basada sobre el pastoreo de forrajes de agostadero de poca digestibilidad por su gran contenido de fibra (Phillips y Gordon, 1995). Los

hongos anaerobios han sido poco estudiados en los rumiantes que habitan en zonas tropicales, por lo que a pesar de su importancia en esos medios su diversidad, su prevalencia y sus características no han sido debidamente estudiadas.

Onodera *et al.* (1988) demostraron que los protozoarios del rumen participan en la digestión de la celulosa dentro del ecosistema de ese órgano mediante la secreción de una enzima endógena: la 1,4- $\beta$ -glucanasa. Por su parte, Coleman (1985), Coleman (1986) Newbold (1989) y Williams y Whitters (1991) plantean que hasta el 62% de la actividad celulolítica podría llevarse a cabo por la fracción de protozoarios del rumen.

Los procesos de digestión de la PaCe inician con la asociación de los microbios a un alimento en particular. El acoplamiento al sustrato ocurre a través del proceso de adhesión, luego por la colonización hasta la formación de un consorcio digestivo activo y la liberación de los nutrimentos a partir de la digestión del sustrato (Varga y Kolver, 1997). La composición de la PaCe de los vegetales establece la calidad de los forrajes, cuando ésta es mala disminuye la adhesión y desciende la actividad enzimática de los microorganismos (Tomme *et al.*, 1995; Denman *et al.*, 1996; Delmer, 1999; Nogueira Filho *et al.*, 2000).

La degradación de la PaCe dentro del rumen es un fenómeno complejo en el que participan hongos, bacterias y protozoarios, por lo que se desarrollan interacciones, las cuales pueden variar desde el sinergismo hasta el antagonismo (Irvine y Stewart, 1991; Bernalier *et al.*, 1993; Roger *et al.*, 1993).

Las relaciones de los microorganismos que habitan en el rumen se ven afectadas por factores como: el pH ruminal, el tipo, la concentración y disponibilidad del sustrato y la técnica de cultivo utilizada para hacer crecer a los microorganismos (Weimer *et al.*, 1990; Bernalier *et al.*, 1991; Fonty y Joblin, 1991; Irvine y Stewart, 1991; Bernalier *et al.*, 1993; Roger *et al.*, 1993; Ho y Barr, 1995; Orpin y Joblin, 1997).

### **Requerimientos de carbohidratos**

El rumiante requiere una cantidad mínima de fibra dietética efectiva (eFDN) para un consumo óptimo de materia seca para la estimulación de la salivación, la

producción de leche y para preservar una buena salud en la vaca (Grant, 1997), la efectividad de la fibra ha sido definida como la que puede estimular la masticación, salivación y rumia por lo tanto la tasa de pasaje de la digesta, la producción de acetato en el rumen y consecuentemente el porcentaje de grasa en la leche (Armentano y Pereira, 1997a; Clark y Armentano, 1997b; Soita et al., 2000a).

El suministro de PaCe, es decir, de la fibra de los forrajes en la dieta, es un factor importante para la optimización de la producción de leche y para el mantenimiento de la función ruminal (Mooney y Allen, 1997; Clark y Armentano, 1999; Wang et al., 2001). El rumiante requiere en sus dietas una cantidad mínima de PaCe y a esta fracción se le denomina fibra detergente neutro (FDN), que representa la fracción química constituida por celulosa, hemicelulosa y lignina.

La habilidad para prevenir la disminución de la concentración de la grasa en la leche, en relación con el ensilaje de alfalfa, se ha utilizado para determinar el contenido de la eficacia de la fibra (eFDN) de los alimentos (Pereira et al., 1999a). La eficacia de la fibra para estimular la masticación y por tanto la rumia, se denomina eficiencia física (pe, por sus siglas en inglés) por lo tanto, la respuesta de la masticación por la vaca está altamente relacionada a las propiedades físicas de la fibra, como es el caso de la longitud de la partícula (Mooney y Allen, 1997).

### **Efectividad de la fibra**

El rumiante requiere una cantidad mínima de fibra dietética efectiva para un consumo óptimo de materia seca, para la estimulación de la salivación, para la producción de leche y para mantener la salud de la vaca (Grant, 1997). La fibra efectiva ha sido definida como la que puede estimular la masticación salivación y rumia, por lo tanto incluye también a los siguientes parámetros: a la tasa de pasaje de la digesta, la salivación, la producción de acetato en el rumen y consecuentemente el porcentaje de grasa en la leche (Clark y Armentano, 1997a; Grant, 1997; Soita et al., 2000b).

La habilidad para prevenir la depresión de la concentración de la grasa en la leche, con relación al ensilaje de alfalfa, se ha utilizado para determinar el contenido de la eFDN de los alimentos. De acuerdo a esta aproximación, la eFDN

puede definirse como el contenido de FDN de un alimento multiplicado por un factor de eficacia (ef) (Pereira et al., 1999a).

El descenso del pH del rumen conduce a una acidosis ruminal aguda o subaguda (SARA, por sus siglas en inglés) que es un desorden metabólico común que causa pérdidas importantes en el ganado productor de leche (Nocek, 1997).

Se observado que incrementando la cantidad de efFDN de las dietas incrementa el tiempo de masticación, pero este incremento no necesariamente reduce la acidosis ruminal (Beauchemin y Yang, 2005), ya que hay otros factores que tienen una influencia sobre la degradabilidad del almidón que es un riesgo para la presentación de la acidosis ruminal y la laminitis, dentro de esos factores destacan: el tipo de grano (maíz vs cebada), el método de cosecha y almacenamiento (contenido de humedad del grano baja o alta), procesamiento del grano (rolado vs molido vs quebrado) y el contenido de humedad del ensilaje de maíz (Nocek y Tamminga, 1991). Por estas razones, Nocek (1997) propuso una guía alimenticia consistente en un rango de degradabilidad ruminal del almidón que debe estar entre el 60 al 70% del almidón dietético total.

La eficacia de la fibra para estimular la masticación ha sido denominada eficacia física (pe, por su siglas en inglés) debido a que la respuesta de la masticación por la vaca está altamente relacionada a las propiedades físicas de la fibra, como es el caso de la longitud de la partícula (Mooney y Allen, 1997). El término pe distingue los valores de eficacia medidos usando la masticación como la respuesta a partir de valores calculados que consideran como respuesta a los porcentajes de grasa en la leche.

Se ha propuesto el tiempo que se emplea para masticar un kg de forraje como un índice de la cantidad de fibra de un alimento dado (Soita et al., 2000b). Sin embargo, las fuentes de fibra varían en su habilidad para estimular la masticación, lo cual es evidente cuando se utilizan concentrados altos en fibra para reemplazar a los concentrados convencionales (Firkins, 1997). Debido a que el término pe está afectado por el TdeP, los valores de pe calculados a partir de fuentes de fibra no forrajeras pueden variar dependiendo de pe de los forrajes usados en el experimento.

La eficacia física (pe) está determinada por las respuestas del animal las que dependen principalmente de las características macro físicas de los forrajes. La certeza de las mediciones de los alimentos altos en fibra difiere cuando se estiman por la capacidad de provocar la masticación, por la tasa de ácido acético:propiónico o por la concentración de grasa en la leche (Armentano y Pereira, 1997b).

Las características físico-químicas de una dieta pueden causar cambios en la composición de la leche producida, la explicación a este hecho son los cambios en los patrones de fermentación en el rumen (Sanz Sampelayo *et al.*, 1998). Las cabras son menos sensibles que las vacas a esas características y los cambios en la dieta probablemente se reflejen en una menor disminución en el contenido de grasa en la leche (Sanz Sampelayo *et al.*, 1998).

Las vacas lactantes deben recibir al menos un tercio del total de la MS dietética como heno de TdeP largo o su equivalente como ensilaje cortado de pequeño a tosco u otros forrajes para proporcionar una fibra efectiva adecuada (Clark y Armentano, 1999). Aunque existen recomendaciones para satisfacer un mínimo de FDN en el ganado lechero, tales indicaciones no consideran el contenido de fibra efectiva de los concentrados en la dieta o la influencia del TdeP del forraje sobre la efectividad de la fibra.

Una limitante para determinar la eficacia de la fibra, es la falta de especificidad en los índices de valores que la determinan (masticación, rumia, consumo, salivación), cuando los alimentos varían en el tamaño de la partícula, perfil del componente de la fibra, materia seca y efectos asociados del alimento (Clark y Armentano, 1997a).

La efectividad de la fibra esta basada en tres estudios: 1) cambios en la concentración de grasa en la leche, 2) cambios en la actividad de rumia 3) tipo de cribado de la dieta y el análisis de TdeP (Fischer *et al.*, 1994).

### **Influencia del tamaño de partícula sobre la eficacia de la fibra**

La forma física de la dieta es un determinante importante de su valor nutritivo, la cual afecta las actividades de consumo, rumia, función ruminal, eficiencia digestiva, producción de leche y la composición de ésta última, así como

la salud de la vaca. La evaluación cuantitativa de la forma física está basada a menudo en el análisis de la distribución del TdeP del alimento, obtenido utilizando varios métodos de cernido o cribado. Ha habido poco acuerdo sobre que método utilizar o como resumir los resultados obtenidos, por lo tanto es difícil comparar los resultados de los diferentes laboratorios o compilar los resultados dentro de un formato que sea útil en la formulación de dietas (Murphy y Zhu, 1997).

La reducción del TdeP dentro del rango medio de longitud de partícula (0.4 a 0.8 mm) mejoró la tasa de consumo y fermentación y redujo el tiempo de masticación, pH ruminal y la tasa de ácido acético y propiónico en el fluido ruminal (Clark y Armentano, 1997a). El TdeP varía ampliamente entre los forrajes debido a factores que involucran a la planta, a la cosecha del forraje, al tipo de procesamiento del alimento, procedimientos de almacenaje, etc. (Heinrich *et al.*, 1999; Yang *et al.*, 2001a.).

Los forrajes tienen un TdeP medio el cual es crítico y arriba del cual se obtiene poco beneficio adicional. Por ejemplo, la reducción del tamaño medio de la partícula de ensilaje de alfalfa (de 3.1 mm a 2.0 mm) disminuye la masticación aproximadamente un 21%; en cambio, la reducción del TdeP medio del heno de alfalfa de 2.3 a 0.90 mm disminuyó el tiempo total de masticación (masticación más rumia) en aproximadamente 16% (Clark y Armentano, 1999).

Yang *et al.* (2002) evaluaron el efecto de la tasa de ensilaje y heno de alfalfa así como el tamaño de partícula de esos forrajes sobre el consumo de nutrimentos, sitio de digestión, síntesis de proteína microbiana ruminal y tasa de pasaje de los contenidos ruminales. Las dietas contenían 40% de forraje (50:50 o 25:75 ensilaje y heno, respectivamente). El consumo de nutrimentos se incrementó a medida que se aumentó la tasa de ensilaje pero no fue afectado por el tamaño de partícula. Sin embargo, al incrementarse el tamaño de partícula de las dietas, mejoró la digestibilidad de la fibra y del N en todo el tracto, así como la síntesis de proteína microbiana ruminal y la eficiencia microbiana. Esos resultados indican que en las dietas de vacas lecheras, la manipulación de la tasa de ensilaje a heno de alfalfa modificó el consumo de alimento, pero tuvo poco efecto sobre la digestión. En contraste, el incremento del TdeP del forraje en las dietas mejora la

digestión de la fibra y la síntesis de proteína microbiana en el rumen. El tamaño de partícula dietético expresado como peFDN fue un indicador confiable de la síntesis de proteína microbiana y digestión de nutrimentos.

Krause *et al.* (2002) estudiaron los efectos del nivel de carbohidratos fermentables en el rumen y el tamaño de partícula del forraje y sus interacciones sobre la producción de leche, digestibilidad de los nutrientes y producción de proteína microbiana. Para ello, utilizaron ensilaje de alfalfa con dos tamaños de corte (corto y largo) y con dos niveles de maíz quebrado (bajo y alto). Estos investigadores concluyeron que la productividad de las vacas no fue afectada por el tamaño de la partícula ni por los carbohidratos fermentables en el rumen.

El tamaño teórico de partícula de ensilaje de maíz está entre 13 a 19 mm (Soita *et al.*, 2000b). Este TdeP proporcionó resultados satisfactorios, cuando se compararon tres tamaños para el ensilaje de maíz de planta entera la cual se procesó en los siguientes tamaños: 0.95, 1.45, y 1.90cm de largo. De acuerdo con este experimento se recomienda un corte teórico de 1.90 cm. de largo para mejorar el consumo de materia seca, digestión del almidón y desarrollo de la lactación (Bal *et al.*, 2000).

Schwab *et al.* (2002) evaluaron la influencia del largo del corte y el procesamiento mecánico del ensilaje del maíz mutante de enervadura café (brown midrib corn) sobre el consumo, digestión y producción de leche. El TdeP empleado fue de 13 y 19 mm para el forraje sin procesar y de 19 a 32 mm para el procesado. El procesamiento redujo el contenido de grasa y la digestión de la FDN en el tracto digestivo, pero incrementó la digestión del almidón. En conclusión, el ensilaje del maíz de enervadura café provocó una producción de 43 kg de leche por día, pero no hubo beneficios en el procesamiento del forraje o en el incremento de la longitud del TdeP sobre el rendimiento de producción de leche.

Algunos modelos que utilizan la eFDN para formular dietas tienen la limitante de no considerar la fermentación de la fracción de carbohidratos no fibrosos y sus posibles efectos en el pH ruminal. Por lo tanto, esos modelos implícitamente asumen que la digestión ruminal de las dietas no tiene efectos sobre la predicción del pH del rumen, lo cual puede ser incorrecto. Por ejemplo, el

pH del rumen es más bajo para las vacas alimentadas con cebada que con maíz, aún cuando las vacas contengan la misma proporción de eFDN, lo anterior es debido a una digestión ruminal de la cebada más rápida y extensa (Yang *et al.*, 2001a.).

Debido a este hecho, Yang *et al.* (2001b.) evaluaron en vacas lactantes los efectos del tratamiento del grano de cebada (rolado a 1.6 y 1.36 mm), la relación forraje: concentrado y la longitud del forraje de la cebada (larga 7.59 y corta 6.08 mm) sobre la masticación, pasaje de la digesta y la digestión. Los resultados indicaron que el tamaño de la partícula de dietas basadas en cebada rolada no es un indicador confiable de la actividad de masticación, a diferencia del tamaño de la partícula del forraje y el contenido de FDN de la dieta. El contenido de grasa tendió a incrementarse con dietas con relación alta forraje:concentrado o longitud de las partículas de forraje largas (7.59 mm), pero se redujo al alimentarlas con cebada rolada.

En otra investigación se evaluó el efecto del tamaño de partícula (4.68 vs 18.75 mm) del ensilaje de cebada sobre la eficacia de la fibra de ese forraje. Se reporta que la reducción del TdeP del ensilaje no deprimió la concentración de grasa en la leche, sin embargo, la actividad total de masticación por kg de forraje consumido fue mayor para las vacas cuyas dietas contenían ensilaje con TdeP largo comparada con aquellas que contenían ensilaje con TdeP corto, lo cual sugiere que a pesar de los consumos adecuados de la FDN, el TdeP puede tener un control dominante sobre la actividad de masticación (Soita *et al.*, 2000b).

Por otra parte, la administración de dietas completamente mezcladas, tienen como finalidad reducir el TdeP y disminuir la selección de la dieta, reduciendo el riesgo de acidosis ruminal. Maekawa *et al.* (2002a.) evaluaron el efecto de la proporción del ensilaje de cebada (40, 50 y 60% de la MS) y del tipo de dieta (completamente mezclada, TMR, por sus siglas en inglés, o ingredientes separados (INSE) sobre la actividad de masticación, salivación y pH ruminal. La alimentación INSE incrementó el riesgo de acidosis, debido a que las vacas consumieron una proporción de concentrado más elevada de lo pensado.



En otro estudio, Maekawa *et al.* (2002b.) compararon la capacidad de masticación, producción de saliva y pH ruminal entre vacas holstein primíparas y multíparas. Para ello utilizaron diferentes niveles de ensilaje (40, 50 y 60%), en dietas completamente mezcladas y en dietas con ingredientes separados. Las vacas multíparas emplearon más tiempo comiendo, masticando y rumiando, aunque la producción de saliva sólo fue numéricamente más alta para las de vacas de varios partos, debido a que el incremento en la producción de saliva durante la masticación fue acompañada por una disminución de la misma en el tiempo de descanso de la vaca. Las vacas multíparas tuvieron más riesgos de acidosis ruminal que las de un parto debido a que el incremento de la salivación asociada al incremento de la masticación no compensó suficientemente el incremento de la fermentación de ácidos producidos en el rumen por el incremento del consumo de alimento.

La gravedad específica funcional de la partícula y el tamaño de la partícula son los factores principales que determinan la salida de las partículas del alimento del rumen y están íntimamente ligados (Bernard *et al.*, 2000). La gravedad específica del TdeP está relacionada a la tasa de pasaje de las partículas ruminales. Dentro del rango de la densidad de la partícula normalmente encontrada en el rumen, a medida que la gravedad específica de una partícula independiente se incrementa, también aumenta su tasa de pasaje a través del rumen (Schettini *et al.*, 1999). Sin embargo, el TdeP tiene poco efecto sobre la gravedad específica funcional de las fuentes de fibra no forrajera (FFNF), incluyendo a la pulpa de remolacha (Clark y Armentano, 1997a).

El forraje es reducido potencialmente en su tamaño por todas las fases de manejo, entre las que destacan: la cosecha, el almacenamiento, el sacarlo del almacén, revoltura y la servida del alimento. La mezcla del alimento causa una reducción en el tamaño de todas las partículas del alimento y se relacionan directamente con el tiempo de revoltura de la TMR. Estudios de campo indican que las partículas más largas (> 27mm) pueden ser reducidas a un 50% de su tamaño (Heinrich *et al.*, 1999).

### **Uso de raciones totalmente mezcladas**

La ventaja en la eficiencia de producción de leche de las raciones totalmente mezcladas (RTM) sobre las raciones separadas, se debe a que los concentrados y forrajes son administrados juntos y por consiguiente son fermentados simultáneamente en el rumen (Fischer et al., 1994).

El uso de las RTM ayuda a mantener más estable el pH del rumen, sin embargo la adición de amortiguadores minerales en las RTM ayuda a prevenir la disminución de grasa en la leche se observa cuando hay una disminución en el pH o una alteración en la relación de ácidos acético y butírico del rumen (Xu et al., 1994).

La inducción de SARA con el uso de RTM en vacas lactantes, incrementa la preferencia del consumo de heno de alfalfa sobre la alfalfa en pellet. El aumento en el consumo de heno de tamaño largo resultará en una mayor producción de saliva y en mayor capacidad de amortiguación ruminal que cuando hay un consumo de alfalfa pellet, lo que indica que las vacas selección alimento con capacidad alta para amortiguar el pH, como un intento de prevenir SARA (Keunen et al., 2003).

Keunen et al. (2003) evaluaron el efecto de SARA sobre el consumo del consumo de bicarbonato de sodio en cuatro vacas Holstein en un experimento co diseño swtichover con cuatro períodos de una semana. La SARA fue inducida reemplazando 25% del consumo de alimento en RTM con pelet que contenían el 50% de cebada molida y restringiendo el acceso a la RTM de 7:00 a 17:00 h. El bicarbonato de sodio (BS) se administró a libre acceso. La inducción de la SARA redujó ( $P < 0.05$ ) el promedio diario de pH del rumen de 6.08 a 5.87, incrementó ( $P < 0.05$ ) el promedio de duración del pH por debajo de 6 de 547 min d<sup>-1</sup> a 916 min d<sup>-1</sup> e incrementó ( $P < 0.05$ ) la duración promedio del pH del rumen por debajo de 5.6 de 132 min d<sup>-1</sup> a 397 min d<sup>-1</sup> ( $P < 0.05$ ) pero no afectó significativamente el consumo de BS, lo cual indica que las vacas no consumen BS para atenuar la acidosis ruminal.

Mertens (1997) proporcionó una guía dietética de al menos el 22% de peFDN (en base a MS) y estableció que el tamaño de la partícula tiene influencia

sobre el peFDN. El mezclado del alimento en la RTM por un período de tiempo demasiado largo reduce el tamaño de partícula de la mezcla y es común observar una incidencia de laminitis elevada en el hato (Shaver, 2006).

Una clasificación muy larga del tamaño de partícula en la RTM, puede reducir el contenido de peFDN de la dieta consumida, dependiendo de la proporción de partículas largas de la RTM y grado de clasificación de tamaño largo de partícula (Leonardi y Armentano, 2003). En la actualidad existen métodos diferentes disponibles para evaluar el tamaño de partícula del forraje y de la RTM, tanto en pruebas de laboratorios comerciales (American National Standard Institute, 1988) y en el sitio de las granjas (Lammers et al., 1996; Kononoff et al., 2003), lo cual permite tener una evaluación más adecuada del contenido de la efFDN de la dieta que están consumiendo los animales.

Kononoff y Heinrichs (2003) evaluaron los efectos de la reducción del tamaño de partícula en las dietas de vacas al inicio de la lactancia sobre las mediciones del separador de partículas de la Universidad de Pensilvania. Las raciones que recibieron las vacas tuvieron los siguientes tamaños de partícula: corto, mayormente corto, mayormente largo y largo. La producción de leche y la cantidad de grasa no cambiaron entre tratamientos. Se observó un efecto cuadrático en el pH del rumen (6.04, 6.15, 6.13, 6.09), mientras que la relación A:P disminuyó linealmente (2.75, 2.86, 2.88, 2.99) con la disminución del tamaño de partícula. Así mismo, con la reducción del tamaño, se observó un aumento en el CMS de la TMR pero la producción no aumentó.

Considerando que el uso del ensilaje de alfalfa se ha popularizado, se ha hecho necesario evaluar el efecto del nivel de humedad tiene sobre el consumo de alimento. Así mismo, se ha demostrado que al incrementar el nivel de humedad de las raciones disminuye el consumo de MS.

Kellems (1991) estudian lo anterior y en un experimento, realizado en vacas Holstein en producción, mantienen los niveles de MS en RTM en 62.7, 52.8 y 45.85% mediante la incorporación a la ración de 38% de ensilaje de alfalfa con dos diferentes contenidos de MS, para determinar el efecto sobre la producción y composición de la leche. Los rendimientos de grasa en leche corregida al 3.5%

fueron 35.3, 35.7 y 35.4 kg, respectivamente para las raciones secas, intermedias y húmedas, aunque no se observó diferencia. El consumo de alimento mostró una tendencia a declinar a medida que el contenido de MS disminuía. Los resultados demuestran que los niveles de humedad de las RTM evaluados no tuvieron efectos significativos sobre el CMS, ni en la producción y calidad de la leche.

Sin embargo, cuando se administran las RTM, el consumo de materia seca es variable, por lo cual se han desarrollado ecuaciones de regresión. Esas ecuaciones consideran factores que lo afectan, como es el caso de los forrajes que se administran, por ejemplo: el ensilaje de maíz o la alfalfa, la cual puede proporcionarse como ensilaje, henilaje o heno. Además otras circunstancias relacionadas al CMS en el uso de RTM incluyen al la FDN, FDA, PC, etc. (Fuentes-Pila et al., 2003).

Malty et al. (1992) realizaron un experimento en un hato comercial en que parte del concentrado de la ración fue administrado individualmente a un grupo de vacas a través de un servidor automatizado. Los resultados fueron comparados con esos de un grupo de vacas alimentadas con TMR con el 65 al 67% de concentrado. La media de consumo de concentrado por vaca fue alrededor de 1 kg/d menor en las vacas alimentadas individualmente. Las vacas alimentadas individualmente ganaron menos peso vivo que las alimentadas en grupo de RTM.

Los subproductos alimenticios no forrajeros ricos FDN (rápidamente fermentable) y en PC (17%) han motivado que se usen RTM para evaluar el efecto de sustituir al maíz y a la soya por ellos.

Se ha evaluado el potencial de sustitución de una mezcla de almidón con cascarilla de soya y corn gluten feed (2 a 1) en un régimen alimenticio comparable con el sistema de ordeño automático. Para ello se realizaron dos experimentos que contenían 75% de la dieta básica en una RTM más un suplemento adicional de 25% que consistió de un pellet (17% de PC) ya sea de almidón (HST) o de un pellet hecho cascarilla de soya + corn gluten feed (2:1). El comportamiento alimenticio resultó en un CMS y de FDN significativamente más alto para las vacas con la mezcla de subproductos en comparación de las vacas alimentada con almidón. Consecuentemente, se observó un mayor contenido de grasa en

leche y rendimiento de grasa en las vacas con la combinación de subproductos. Estos datos soportan la hipótesis que sugiere que la mezcla de cascarilla de soya y corn gluten feed puede recomendarse en un sistema de alimentación automático, para reemplazar a grano con contenido elevado de almidón, previniendo la reducción posible en la grasa de la producción láctea (Miron et al., 2004).

La mayoría de los concentrados para los rumiantes productores de leche están basados en granos de cereales y el almidón es el principal carbohidrato, que es degradado rápidamente en el rumen. Sin embargo, algunos subproductos o FFNF (pulpa de remolacha, cascarilla de soya, salvado de trigo) son considerados como constituyentes de los concentrados pero con fibra fermentable rápidamente, por lo cual son usados en la alimentación de rumiantes en cantidades elevadas. Al comparar la inclusión de concentrados altos en fibra fácilmente fermentable con la inclusión de concentrados con contenidos elevados de almidón en las RTM, se observa que en algunos casos el CMS se incrementa pero en otros no. Así mismo, no se observa una interacción entre el consumo de alimento y el tipo de dieta sobre la producción de leche o la digestibilidad de los nutrientes, aunque en estas observaciones la relación forraje concentrado no fue constante (Schmidely et al., 1999).

La frecuencia de alimentación de vacas con RTM también es tema de discusión científica. Phillips y Rind (2001) compararon la alimentación a vacas con TMR diaria y alternada. Las vacas alimentadas alternadamente emplearon más tiempo comiendo, además tuvieron un incremento en el CMS, produjeron más leche, pero con menos proteína que las alimentadas diariamente con TMR. En un segundo experimento, estos investigadores compararon la frecuencia de alimentación (cuatro veces al día) contra la alimentación infrecuente (una vez al día), con las vacas alimentadas infrecuentemente alojadas con o separadamente de las vacas alimentadas frecuentemente, para determinar si la perturbación del ruido de la alimentación afectaría a las vacas sin alimentación frecuente. Ambos grupos de vacas alimentadas frecuentemente emplearon menos tiempo de alimentación en la mañana y menos en la tarde. Las vacas alimentadas

infrecuentemente redujeron el rendimiento de leche si ellas eran alojadas con las alimentadas frecuentemente. Se concluye que en ambos experimentos la frecuencia de alimentación perturbó a las vacas y causó reducción en la producción de leche.

También se ha utilizado la TMR para determinar su efecto sobre la composición de la leche. White et al. (2001) determinaron el efecto de dos sistemas de alimentación (TMR vs pastoreo) sobre la composición de los ácidos grasos de la leche. En este estudio se utilizaron 19 vacas Holstein y 18 vacas Jersey; las vacas confinadas fueron alimentadas con TMR con ensilaje de maíz y alfalfa, las vacas que pastorearon lo hicieron en *Poa pratensis*, *Elytrigia repens*, *Bromus inermis* y *Trifolium repens*, además recibieron 5.5 kg de grano por vaca por día. La composición de la leche de vacas que pastorearon tuvo cantidades mayores de isomero de ácido cis-9, trans-11 octadecanoico del ácido linoleico (CLA) que las vacas que recibieron RTM. La leche de las vacas Holstein tuvieron más cantidad de C<sub>16:1</sub>, C<sub>18:1</sub>, que las Jersey, pero menos cantidad de C<sub>6:0</sub>, C<sub>8:0</sub>, C<sub>10:0</sub>, C<sub>12:0</sub>, and C<sub>14:0</sub> que las Jersey. Se concluye que existen diferencias importantes en la composición de los ácidos grasos de la leche de vacas que consumen forrajes de clima templado comparado con la leche de vacas que consumen TMR, también hay diferencias entre las razas Holstein y Jersey.

### **Acidosis ruminal**

Cuando en los rumiantes se presenta un incremento súbito o un exceso en el consumo de CNE, o bien una disminución en el consumo de eFDN, se puede presentar un cuadro de acidosis ruminal. La acidosis ruminal se caracteriza por una disminución fuerte en el pH, disminución de la motilidad ruminal, una disminución en el consumo de alimento, presencia de diarrea intermitente, disminución en la condición corporal del ganado, así como la reducción de la producción de la leche y la grasa de la misma (Keunen et al., 2003). El diagnóstico de la acidosis ruminal depende de la presencia de un pH ruminal anormal, tanto como de la presencia de los signos clínicos o el aumento de los animales de desecho del hato.

## **Tipos de acidosis ruminal**

La acidosis ruminal aguda y subaguda tienen una etiología en común, pero son enfermedades clínicas muy diferentes. Las definiciones generales usadas en el ganado bovino productor de carne (BPC) son usadas en los bovinos productores de leche (BPL) (Nordlund et al., 1995; Owens et al., 1998; Garrett et al., 1999). En la acidosis ruminal aguda, el consumo excesivo de carbohidratos rápidamente fermentables da como resultado una disminución rápida y descompensada del pH ruminal. A medida que el pH desciende, las concentraciones de ácido láctico aumentan (Owens et al., 1998). La cascada de consecuencias fatales empieza cuando el pH del rumen baja de 5. Las vacas que no recibieron una adaptación a cantidades elevadas de granos, son particularmente susceptibles a la acidosis ruminal aguda (Radostits et al., 1994), la causa probable es que esas vacas no desarrollaron en el rumen poblaciones bacterianas viables que utilizan al ácido láctico y porque las sus papilas ruminales son muy cortas e incapaces de absorber cantidades suficientes de AGV (Dirksen et al., 1985). La reintroducción a dietas elevadas en granos al ganado después de un periodo de privación de alimento.

El progreso patológico y fisiológico de la acidosis ruminal aguda incluye concentraciones elevadas de ácido láctico, rumenitis peraguda, hiperosmoloridad, deshidratación y acidemia sistémica (Radostits et al., 1994; Owens et al., 1998). Los signos clínicos incluyen anorexia, dolor abdominal, taquicardia, taquipnea, diarrea, letargia, postración y muerte. Los protocolos de tratamientos específicos para la acidosis ruminal aguda se describen en detalle en varias revisiones (Radostits et al., 1994; Rebhun, 1995; Garry, 2002). Las vacas que sobreviven a los efectos sistémicos iniciales de la acidosis ruminal aguda pueden sucumbir posteriormente a debido a complicaciones derivadas de rumenitis bacterianas y micóticas.

La acidosis ruminal subaguda (SARA, por sus siglas en inglés) se define por períodos de descenso moderado del pH (alrededor de 5.5 a 5) que son de duración entre aguda y crónica (Nordlund et al., 1995; Garrett et al., 1999). El ácido láctico no se acumula consistentemente en en el fluido ruminal de BPL

afectado con SARA (Oetzel et al., 1999); sin embargo se pueden observar frecuentemente durante el día picos transitorios de concentraciones de ácido láctico superiores a 20 mM (Kennelly et al., 1999). La depresión del pH ruminal en BPL que padecen SARA es aparentemente debido a la solamente a la acumulación total de AGV y no se debe a la acumulación de ácido láctico (Oetzel et al., 1999).

Otros autores (Rebhun, 1995; Owens et al., 1998; Garry, 2002) definen la acidosis como clínica o subclínica. No es apropiado describir esta condición como crónica en el ganado BPL, debido a que los episodios de disminución de pH están limitados a períodos cortos y se presentan entre el parto y cinco meses después (Oetzel, 2000). En vacas en lactancia, fuera de este rango de tiempo el riesgo de acidosis es muy bajo. En contraste, el ganado BPC estaría expuesto crónicamente a un descenso de pH entre 5.0 y 5.5 desde el inicio de la alimentación en corral y hasta el sacrificio de esos animales.

### **Fisiología del pH ruminal**

Cuando los rumiantes consumen cantidades excesivas de carbohidratos fermentables rápidamente se presentan disminuciones del pH ruminal. La capacidad inherente de cada vaca para amortiguar y absorber el ácido, determina cuanto disminuirá su pH ruminal después de cada comida que contenga cantidades elevadas de carbohidratos fermentables.

El ganado BPL y BPC están en igualdad de riesgo de desarrollar acidosis ruminal. Aunque el ganado BPL se alimenta con una cantidad mayor de forraje y fibra en comparación del BPC, su alimentación se caracteriza por un mayor consumo de MS. De Brabander et al. (1999) encontraron que al incrementar el consumo de materia seca se asocia a una mayor estructura física de la dieta. El consumo de carbohidratos no estructurales es a menudo similar entre el BPC y el BPL, por lo que la prevalencia de la acidosis ruminal es muy similar en ellos.

El consumo diario total de carbohidratos fermentables ruminalmente depende por igual del consumo total de consumo de MS y de la densidad de CNE. Consumos elevados de MS se asocian con una disminución en el pH del rumen



(Oetzel y Nordlund, 1998), por lo tanto el CMS elevado esta íntimamente relacionado y es un factor determinante del pH ruminal, de tal forma que al incrementar los días en leche se incrementa el riesgo de la acidosis, paralelamente el CMS se incrementa hasta el tercer mes postparto. El pH varía considerablemente durante el curso del día y esta determinado por la cantidad de carbohidratos fermentables en cada comida. El descenso de 0.5 a 1.0 unidad es común dentro de un período de 24 horas (Dado y Allen, 1993; Nocek et al., 2002). Lo anterior representa un cambio de 5 a 10 veces en la concentración de los iones de hidrógeno en el rumen.

Por otra parte la frecuencia de alimentación (e.g. seis veces contra dos veces) disminuye la variación post alimentación del pH ruminal, pero también puede llevar a un aumento del CMS y por consiguiente terminar en una disminución del pH del rumen (Oetzel y Nordlund, 1998).

Debido a que la producción de ácido derivada de la fermentación de carbohidratos varia mucho entre comida y comida, los rumiantes poseen sistemas altamente desarrollados para mantener el pH ruminal en un rango fisiológico de alrededor de 5.5 a 7.0. Un pH bajo puede estar asociado con un incremento de la osmolaridad del contenido ruminal, que en su momento inhibe el consumo de alimento. Además, la inflamación del epitelio ruminal (rumenitis) puede desempeñar un papel en la depresión del CMS que sigue después de la acidosis ruminal (Carter y Grovum, 1990).

Además de la cuidadosa reducción del consumo de alimento, los animales rumiantes estabilizan el pH ruminal mediante amortiguadores de los ácidos orgánicos producidos por la fermentación ruminal de los carbohidratos. Para ello la vaca produce cantidades elevadas de amortiguadores, que están presentes en la saliva, y amortigua el pH del rumen ya que contiene cantidades elevadas de sodio, potasio, bicarbonatos y fosfatos (Van Soest, 1994). Desafortunadamente, la producción de saliva no se dispara con el descenso del pH ruminal, pero esta determinada ya sea por la cantidad de tiempo que la vaca emplea en comer, rumiar y descansar (Maekawa et al., 2002a.).

## **Estrategias alimenticias para contrarrestar la acidosis ruminal**

En la literatura científica se ha documentado sobre algunas estrategias de manejo para contrarrestar este padecimiento en los rumiantes (Widyastuti et al., 1995; Owens et al., 1998). Dentro de esas alternativas se destaca el uso de amortiguadores y alcalinizantes del pH ruminal (Le Ruyet y Tucker, 1992).

Christiansen y Webb (Christiansen y Webb, 1990) evaluaron el efecto de niveles dietéticos elevados de óxido de Mg o piedra caliza sobre el consumo de MS y la digestibilidad de la materia orgánica (MO) y proteína cruda (PC), así como la absorción intestinal de aminoácidos en ovejas. Los resultados demostraron que no hubo diferencias en el pH ruminal y que la administración de dosis elevadas de MgO no mejora la digestibilidad de la MO ni de la PC y pudiera ser nocivo para los borregos, ya que se disminuye la absorción de aminoácidos a nivel intestinal.

La actividad de neutralización del pH del rumen depende del tipo del agente neutralizador que se utilice. Por lo tanto el pH del fluido del rumen se incrementa por el compuesto antiácido en el siguiente orden: el carbonato de calcio tiene menor capacidad que el MgO grado alimenticio, pero el MgO tiene una capacidad neutralizadora del pH menor que el bicarbonato de sodio. El tipo de grado alimenticio del óxido de Mg tiene un efecto diferente en su capacidad para neutralizar el pH del rumen (Schaefer et al., 1982).

Se determinó el efecto de la administración de amortiguadores a la dieta de vacas Holstein de 4 semanas postparto y que se alimentaron con cantidades elevadas de heno de alfalfa, para ello se administró a las vacas con 14 kg de concentrado que contenía 0 o 2% de bicarbonato de sodio y 0.5% de óxido de magnesio así como heno de alfalfa a libre acceso hasta alcanzar un a relación de forraje y concentrado de 50:50 (base MS). Se observó una disminución del CMS de las raciones que recibieron amortiguadores en la ración. No se observaron diferencias en la producción de leche, grasa láctea. Tampoco se observaron diferencias entre en el pH ruminal ni en las concentraciones de amoníaco o en las concentraciones de ácido acético o propiónico. Se concluye que la administración de bicarbonato de sodio más óxido de magnesio no mejoro el rendimiento

productivo de las vacas en lactación temprana alimentadas con heno de alfalfa de buena calidad (Eickelberger et al., 1985).

Erdman et al. (1980) utilizaron veinte vacas con 8 semanas de haber tenido el parto, para medir el efecto de la administración de amortiguadores dietéticos, bicarbonato de sodio y el óxido de magnesio sobre la incidencia de problemas metabólicos. La cantidad de bicarbonato de sodio fue de 1.5% de la MS y el óxido de magnesio se administró al 0.8% de la MS. Las vacas alimentadas con el bicarbonato de sodio picaron en el CMS dos semanas antes que las vacas que recibieron la dieta control. Además las dietas con bicarbonato de sodio incrementaron la proporción molar de acetato a propionato en las muestras de contenido ruminal tomadas una y dos semanas posparto, no se observaron efectos sobre el pH del rumen con ninguno de los amortiguadores. El óxido de Mg incrementó el pH fecal por 0.8 unidades y disminuyó la cantidad de almidón fecal, en tanto que el bicarbonato de sodio no tuvo ninguno de esos efectos.

Erdman (1982) evaluaron el efecto de la administración de 1.0% de bicarbonato de sodio y 0.8% de óxido de magnesio sobre el equilibrio ácido base y sobre la digestión de la MS, para ello se utilizaron vacas Holstein alimentadas con 40% de ensilaje de maíz y 60% de concentrado. EL consumo de MS y la producción de leche no se afectaron por el tratamiento a través de doce semanas posparto.

Le Ruyet y Tucker (1992) evaluaron las características de varios amortiguadores y alcalinizantes utilizados para reducir la carga ácida del rumen, para ello usaron bicarbonato de sodio, sesquicarbonato de sodio, un amortiguador con varios elementos u óxido de magnesio. Se utilizaron vacas alimentadas con ensilaje de sorgo y concentrado con una relación forraje concentrado de 32:68. Tanto el bicarbonato de sodio como el sequicarbonato de sodio mostraron el mismo valor de índice amortiguador, y mostraron más capacidad amortiguadora que el MgO, sin embargo debido a su menor tasa de liberación en el rumen, el amortiguador múltiple y el MgO pueden ayudar a estabilizar el estado ácido-base del rumen, pero la eficacia podría reducirse por su salida del rumen.

La administración de bicarbonato de sodio (0.8% de la MS) en raciones con diferentes estrategias de alimentación con carbohidratos mejora el rendimiento productivo de vacas en lactación alimentadas con subproductos considerados como fibra no forrajera (Pereira et al., 1999b).

Cuando en las raciones del ganado bovino productor de leche existe una ración con una cantidad elevada de concentrado y poco forraje, es común observar el síndrome de depresión de la grasa láctea. Los amortiguadores del pH ruminal como el bicarbonato de sodio y el MgO se utilizan para corregir la disminución de la grasa en la leche que se observa en las raciones con poca cantidad de forraje, aunque sus mecanismos de acción son diferentes. El modo de acción del NaHCO<sub>3</sub> puede ser explicado por el control de la proporción del propionato producido en el rumen, lo cual se logra por el control del pH en el rumen. Las vacas alimentadas con el bicarbonato de sodio incrementan el consumo de alimento y mejoran la digestibilidad de la fibra de la MS de la ración. Los mecanismos mediante los cuales el MgO incrementan la concentración de grasa en la leche pueden accionar a nivel ruminal y del tejido. Los estudios sugieren que el MgO actúa amortiguando o neutralizando el pH del rumen o del intestino (Shimada, 1991).

La combinación de 100 g de bicarbonato de sodio con 30 g de óxido de magnesio en la ración para vacas en lactación incrementó la grasa en la leche. Además esta preparación de amortiguadores incrementó la cantidad de acetato y disminuyó la cantidad de propionato. Por otra parte se observó una correlación significativa entre el incremento del porcentaje de grasa en la leche y un incremento del número y tipo de protozoarios que habitan en el rumen (Shimada et al., 1989). La combinación de bicarbonato de sodio y óxido de magnesio (0.7% Y 0.28% de la MS) no afectan el consumo de MS, la producción de leche o la composición de la misma, sin embargo disminuyeron la eficiencia de la producción de la leche. Así mismo, la combinación de estos compuestos incrementó la digestibilidad de la materia seca, la materia orgánica y la digestibilidad de la fibra detergente neutro. Se requieren cantidades elevadas de amortiguadores para disminuir la cantidad del pH del rumen (Zhu et al., 1997).

La administración de óxido de magnesio (0.4% y 0.8% de la MS) y bicarbonato de sodio (0.8% de la MS) no afecta el consumo de MS. Sin embargo la producción de leche se incrementa ya sea cuando se agrega sólo el 0.4% de MgO o cuando se combina con el bicarbonato de sodio. Así mismo, el pH del fluido ruminal se incrementa con la adición de bicarbonato de sodio, ya sea sólo o acompañado del MgO. Así mismo, al incrementar la cantidad de MgO en la ración se incrementa la cantidad del Mg en el plasma (Sahlu et al., 1993).

El uso de magnesio quelado aumenta la cantidad de proteína en la leche, en valores superiores al MgO, aunque la cantidad de grasa fue similar en ambos tratamientos (Lough et al., 1990), sin embargo el Mg quelado no es tan efectivo para prevenir hipomagnesemia. La administración de 50 g de MgO por vaca por día durante 14 días antes de sacar a las vacas a pastoreo ayuda a reducir los problemas de hipomagnesemia (Rutkowiak et al., 1982).

Chester-Jones et al. (Chester-Jones et al., 1990) determinaron el efecto de la administración de varios niveles suplementación de Mg (0.3, 1.4, 2.5 o 4.7% de la MS), el cual se suministro en forma de óxido de magnesio. Se pudo apreciar que al incrementar los niveles del MgO se causó una degeneración progresiva del epitelio escamoso estratificado de las papilas ruminales y cuando el nivel de Mg se elevó a 2.4 a 4.2% de la MS se observó una condición de toxicosis en los novillos.

El MgO es a menudo utilizado para satisfacer las demandas dietéticas del Mg en rumiantes, sin embargo si este compuesto no se disuelve en el rumen, no será efectivo en la satisfacción de las demandas de este mineral por los animales, por lo que no sólo es importante la cantidad de MgO en la ración, sino también el grado de solubilidad que tenga este compuesto en el rumen (Schonewille et al., 1992).

La tasa de reactividad (A, B, C) del MgO afecta el porcentaje de grasa láctea, pero no altera la producción de leche en vacas Holstein. Igualmente el pH del rumen se elevó con las tres tasas de reactividad. Al considerar la excreción de Mg y MgO, las fuentes empleadas con menor tamaño de partícula fueron más disponibles para el ganado. Además tanto el metabolismo del Mg como del Cl parecieron ser afectados por la tasa de reactividad del MgO (Xin et al., 1989).

La absorción aparente del magnesio en rumiantes, puede ser una función de la cantidad de magnesio consumida por unidad del área de superficie de digesta expuesta a la pared del rumen (Shockey et al., 1984).

Dentro de los alcances de esta revisión de literatura se recuperaron pocos trabajos donde se ha evaluado el uso del hidróxido de magnesio en la alimentación del ganado bovino productor de leche para prevenir ya sea la acidosis ruminal o la depresión de la grasa en la leche.

El tratamiento oral de la acidosis ruminal con antiácidos administrados oralmente demostró que el óxido de magnesio es muy potente, sin embargo, podría causar una severa alcalosis ruminal. Por otra parte, la administración del hidróxido de calcio y el carbonato de magnesio arrojó resultados satisfactorios, mientras que la habilidad alcalinizante del hidróxido de magnesio, trisilicato de magnesio, carbonato de calcio, hidróxido de aluminio y el bicarbonato de sodio pareció ser menos efectiva (Van Amstel, 1983).

Por otra parte, la administración de hidróxido de magnesio a becerros de engorda no afectó el consumo de MS, en comparación de las dietas con el MgO. Así mismo, la biodisponibilidad del Mg fue similar cuando se agregaron a las dietas de los novillos ya sea MgO y Mg(OH)<sub>2</sub>. Así mismo ambas fuentes fueron efectivas en prevenir la hipomagnesemia en los novillos (Davenport et al., 1990).

La administración de MgO o de Mg(OH)<sub>2</sub> en las dietas de vacas lecheras demostró que es capaz de proporcionar más producción de leche y grasa láctea que las dietas que incluyen bicarbonato de sodio (Thomas et al., 1984).

## Materiales y métodos

### Descripción del sitio experimental

El presente estudio se llevó a cabo en el establo “El Campanario” ubicado en el km 40 carretera Torreón-Saltillo, propiedad de Don Salvador Álvarez Díaz. El trabajo inició 21 de julio con un período de adaptación de 10 días seguido de la toma de muestra que se realizó por un lapso de 45 días.

### Descripción de la dieta

Los animales utilizados en la presente evaluación recibieron una dieta constituida, entre otros ingredientes, a base de ensilaje de maíz, heno de alfalfa y pulpa de remolacha, maíz grano, semilla de algodón remolacha y concentrado para vacas en producción. Además al grupo control (DC) se le administró 200 g de bicarbonato de sodio y al grupo tratamiento (D. H.) se le administraron 200 g de hidróxido de magnesio. La composición de los ingredientes se muestran en el cuadro 1. En ambos tratamientos la relación forraje concentrado fue de 60 a 40%. La composición química de ambas raciones se presenta en el cuadro 2, en el que se aprecia que en ambos casos las raciones estuvieron balanceadas isocalóricamente e isoproteicamente.

Cuadro 1.- Composición de la raciones

Ingrediente	D. C.	D. H.
	Kg (M. S.)	Kg (M. S.)
Heno de alfalfa	4.5	4.5
Ensilaje de sorgo	2.88	2.88
Maíz roado	3.44	3.44
Lechera 14%	3.5	3.5
Semilla de algodón	2.7	2.7
Remolacha	1.38	1.38
Melaza	0.74	0.74
Bicarbonato de sodio	0.22	0
Hidróxido de Magnesio	0	0.22
Megalac	0.24	0.24
Carbonato de calcio	0.15	0.15
Oxido de Mg	0.03	0.03
Alimento proteico	2.71	2.71
Total (kg M. S.)	22.49	22.49

DC= Dieta control; DH= Dieta hidróxido de magnesio

Cuadro 2. Composición química de las raciones empleadas en la prueba

Composición química	
Materia seca %	74.61
Proteína cruda (%)	18.14
Proteína no degradable (% P. C.	42
Proteína degradable	58
ENI (mcal/kg M. S	1.69
FDN (%)	32
CNE (%)	38
Almidón (%)	22

### **Descripción de los animales**

Se consideraron 360 animales de mas de dos partos y con al menos 120 días de haber tenido el parto y cuando menos un parto. La condición corporal (CC) de los animales se evaluó antes del inicio de la prueba y la media fue de 3.2.

### **Determinación de la calidad de leche**

La calidad de la leche (grasa, proteína y nitrógeno ureico en leche) se determinó en tres períodos de tres días de toma de muestras consecutivas, de tal forma que se tomaron tres muestras por corral a partir del tanque de recepción previo al tanque de mezclado general. El primer período de toma de muestra fue del día 15 al 17, el segundo fue del 30 al 32 y el último correspondió a los días 43 al 45 días de iniciado el experimento. Las muestras de leche fueron enviadas al laboratorio de control de calidad de la empresa LALA, S. A: de C. V. donde se determinaron los parámetros anteriormente mencionados.

### **Análisis estadístico de la información**

El experimento considero un diseño experimental completamente al azar (SAS, 1985) para evaluar el efecto de dos tratamientos. Los tratamientos fueron dieta control (sin hidróxido de magnesio), dieta con hidróxido de magnesio y se evaluó el efecto sobre la producción de leche, su calidad y condición corporal del ganado. Se utilizó la prueba de diferencias mínimas significativas (LSD) para cuando el modelo arrojó diferencia estadística.



## Resultados y discusión

El presente trabajo se llevó a cabo con la finalidad de evaluar el efecto de la sustitución del bicarbonato de sodio con hidróxido de magnesio y evaluar el efecto sobre la calidad de la leche de vacas Holstein. Los resultados obtenidos en esta prueba se muestran en el cuadro 2 y demuestran que es posible, administrar el hidróxido de magnesio sin afectar negativamente la composición de la leche (Thomas et al., 1984).

Cuadro 2.- Medias de cuadrados mínimos para la producción de leche (kg), grasa en leche (%), proteína en leche (%) y urea en la leche (mg/dL) y condición corporal (CC).

	DC	DH	EE <sup>1</sup>	NS <sup>2</sup>
Grasa	3.8 <sup>b</sup>	4.03 <sup>a</sup>	0.07	0.018
Proteína	3.4 <sup>b</sup>	3.5 <sup>a</sup>	0.013	0.003
Urea en leche	11	10.64	0.12	0.075

DC= Dieta control, DH= Dieta con hidróxido de magnesio

<sup>1</sup> Error estándar de la media.

<sup>2</sup> Nivel de significancia observado.

Renglones con literales diferentes fueron estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ ).

### Composición de la leche

La cantidad de grasa en la leche fue estadísticamente superior ( $P < 0.05$ ) en el grupo que recibió el hidróxido magnesio (4.03%) que el grupo que recibió el bicarbonato de sodio (3.8%). Estos resultados coinciden con los reportados por Thomas et al. (1984) quienes reportan que los animales que recibieron hidróxido de magnesio produjeron leche con un porcentaje de grasa más alto que los animales que recibieron en sus dietas bicarbonato de sodio, en ese experimento las vacas recibieron 25% de forraje y el 75% de concentrado. Una posible explicación a este hecho, es que el hidróxido de magnesio tiene una capacidad alcalinizante mayor a la del bicarbonato de sodio, por lo que podría estabilizar mejor las condiciones ruminales, y con ello permitir una mayor degradación de forrajes, con lo que se eleva la cantidad de ácido acético producido en el rumen y ello a su vez podría aumentar la cantidad de grasa en la leche de las vacas (Van Amstel, 1983).

Así mismo se observó diferencia ( $P < 0.05$ ) en el porcentaje de proteína láctea, correspondiendo la cantidad mayor (3.5) al grupo que recibió hidróxido de magnesio (3.4). Lo anterior es similar a lo reportado por Schmidely et al. (2005) quienes reportan que el bicarbonato de sodio no tiene un efecto sobre la cantidad de proteína láctea de vacas alimentadas con dietas con contenidos elevados de alimentos concentrados.

Los tratamientos empleados en esta prueba no tuvieron efecto ( $P < 0.05$ ) sobre la cantidad de nitrógeno ureico en leche (mg/dL).

Los tratamientos no tuvieron ningún efecto sobre la condición corporal del ganado bovino productor de leche. En el cuadro 2 se observa solamente una diferencia numérica ( $P < 0.05$ ).

En este experimento la cantidad administrada de hidróxido de magnesio ascendió hasta aproximadamente el 1% de la MS consumida por las vacas, que podría considerarse una dosificación alta en relación a otros trabajos donde se experimento con una dosis entre el 0.5% y el 0.7% (Thomas et al., 1984), lo cual genera la expectativa de poder reducir la dosis de este suplemento para poder disminuir el costo de su inclusión, sin embargo hace falta más investigación para evaluar el planteamiento anterior.

Por otro lado, los reportes de literatura indican que dado su potencial alcalinizante el uso del hidróxido de magnesio podría afectar la dinámica poblacional de los microorganismos ruminales, especialmente de los protozoarios, por lo que son necesarios más trabajos para evaluar el efecto de este producto sobre la población microbiana en el rumen.

### **Conclusiones**

Bajo las condiciones de este experimento, la inclusión del hidróxido de magnesio no fue diferente al efecto del bicarbonato de sodio sobre la producción y composición de la leche, observándose un ligero incremento en la grasa y proteína láctea. Además su inclusión no tuvo un efecto sobre la condición corporal, por lo cual el uso del hidróxido de magnesio en condiciones comerciales podría ser una

alternativa para contrarrestar los efectos de una ración con cantidades elevadas de concentrado y evitar una disminución en la cantidad de grasa en la leche.

### **Literatura citada**

- Agnes, T. H., A. S. Blis, y H. Matthiesen. 1996. Digestibility and rumen fermentation in reindeer feed with silage in summer and winter. *J Agric Sci* 127: 517-523.
- American National Standard Institute. 1988. Method of detemining and expressing particle size of chopped forage materials by screening ASAE S424.
- Armentano, L., y M. Pereira. 1997a. Measuring the effectiveness of fiber by animal response trials. *J Dairy Sci* 80: 1416-1425.
- Armentano, L., y M. Pereira. 1997b. Measuring the effectiveness of fiber by animal response trials. *J Dairy Sci* 80: 1416-1425.
- Bal, M. A., R. D. Shaver, y A. G. Jirovec. 2000. Crop processing and chop length of corn silage: Effects on intake, digestion, and milk production by dairy cows. *J Dairy Sci* 83: 1264-1273.
- Bava, L., L. Rapetti, G. M. Crovetto, A. Tamburini, A. Sandrucci, G. Galassi, y G. Succi. 2001. Effects of a nonforage diet on milk production, energy, and nitrogen metabolism in dairy goats throughout lactation. *J Dairy Sci* 84: 2450-2459.
- Beauchemin, K. A., y W. Z. Yang. 2005. Effects of physically effective fiber on intake, chewing activity, and tuminal acidosis for dairy cows fed diets based on corn silage. *J Dairy Sci* 88: 2117-2129.
- Bernalier, A., G. Fonty, F. Bonnemoy, y P. Gouet. 1993. Inhibition of the cellulolytic of *neocallimastix frontalis* by *ruminococcus flavefaciens*. *J Gen Microbiology* 139: 873-880.
- Bernalier, A., G. Fonty, y P. Gouet. 1991. Cellulose degradation by two rumen anaerobic fungi in monoculture or in coculture with rumen bacteria. *Anim Feed Sci Technol* 32: 131-136.
- Bernard, L., J. P. Chaise, R. Baumont, y C. Poncet. 2000. The effect of phisical form of orchardgrass hay on the passage of particulate matter through the rumen of sheep. *J. Anim. Sci.* 78: 1338-1354.
- Besle, J. M., A. Cornu, y J. P. Jouany. 1994. Roles of structural phenylpropanoids in forage cell wall digestion. *J Sci Food Agr* 64: 171-190.

- Breznak, J. A., y A. Brune. 1994. Role of microorganisms in the digestion of lignocellulose by termites. *Annu Rev Entomol* 39: 453-487.
- Carter, R. R., y W. L. Grovum. 1990. A review of the physiology significance of hypertonic body fluid on feed intake and ruminal function: Salivation, motility and microbes. *J Anim Sci* 68: 2811-2832.
- Clark, P. W., y L. Armentano. 1997a. Influence of particle size on the effectiveness of beet pulp fiber. *J Dairy Sci* 80: 898-904.
- Clark, P. W., y L. E. Armentano. 1997b. Replacement of alfalfa neutral detergent fiber with a combination of nonforage fiber sources. *J. Dairy Sci.* 80: 675-680.
- Clark, P. W., y L. E. Armentano. 1999. Influence of particle size on the effectiveness on the fiber in corn silage. *J Dairy Sci.* 82: 521-588.
- Coleman, G. S. 1985. The cellulase content of 15 species of *entoniomorphid* protozoa, mixed bacteria and plant debris isolated from ovine rumen. *J Agric Sci Camb* 104.
- Coleman, G. S. 1986. The distribution of carboxymethylcellulase between fractions from rumen of sheep containing no protozoa or one of five different protozoal populations. *J Agric Sci Camb* 106: 121-127.
- Chaudhry, A. S. 2000. Microscopic studies of structure and ruminal fungal colonization in sheep of wheat straw treated with different alkalis. *Anaerobe* 6: 155-161.
- Chen, J., S. L. Fales, G. A. Varga, y D. J. Royse. 1996. Biodegradability of free monomeric and cell-wall-bound phenolic acids in maize stover by two strains of white-rot fungi. *J Sci Food Agric* 71: 145-150.
- Chester-Jones, H., J. P. Fontenot, y H. P. Veit. 1990. Physiological and pathological effects of feeding high levels of magnesium to steers. *J Anim Sci* 68: 4400-4413.
- Christiansen, M. L., y K. E. Webb, Jr. 1990. Nitrogen utilization and digestibility of amino acids by lambs fed a high-concentrate diet with limestone or magnesium oxide. *J Anim Sci* 68: 2095-2104.

- Dado, R. G., y M. S. Allen. 1993. Continuous computer acquisition of feed and water intakes, chewing, reticular motility and ruminal ph of cattle. *J Dairy Sci* 76.
- Davenport, G. M., J. A. Boling, y N. Gay. 1990. Bioavailability of magnesium in beef cattle fed magnesium oxide or magnesium hydroxide. *J Anim Sci* 68: 3765-3772.
- Dehority, B. A., y P. A. Tirabasso. 2000. Antibiosis between ruminal bacteria and ruminal fungi. *Appl Environ Microb.* 66: 2921-2927.
- Delmer, D. P. 1999. Cellulose biosynthesis: Exciting times for a difficult field of study. *Annu Rev Plant Mol. Biol.* 50: 245-276.
- Denman, S., G.-P. Xue, y B. Patel. 1996. Characterization of a *neocallimastix patriciarum* cellulase cdna (cela) homologus to *trichoderma reesi* cellobiohydrolase ii. *Appl Environ Microb* 62: 1889-1896.
- Dirksen, G. U., H. G. Liebich, y E. Mayer. 1985. Adaptative changes of the ruminal mucosa and their functional and clinical signiicance. *Bovine Practioner* 20: 116-120.
- Eickelberger, R. C., L. D. Muller, T. F. Sweeney, y S. M. Abrams. 1985. Addition of buffers to high quality alfalfa hay-based diets for dairy cows in early lactation. *J Dairy Sci* 68: 1722-1731.
- Erdman, R. A., R. L. Botts, R. W. Hemken, y L. S. Bull. 1980. Effect of dietary sodium bicarbonate and magnesium oxide on production and physiology in early lactation. *J Dairy Sci* 63: 923-930.
- Erdman, R. A., R. W. Hemken, y L. S. Bull. 1982. Dietary sodium bicarbonate and magnesium oxide for early postpartum lactating dairy cows: Effects on production, acid-base metabolism, and digestion. *J Dairy Sci* 65: 712-731.
- Firkins, J. L. 1997. Effects of feeding nonforage fiber sources on site of fiber digestion. *J Dairy Sci* 80: 1426-1437.
- Fischer, J. M., J. G. Buchanan-Smith, C. Campbell, D. O. Grieve, y O. B. Allen. 1994. Effects of forage particle size and long hay for cows fed total mixed rations based on alfalfa and corn. *J Dairy Sci* 77: 217-229.

- Fonty, G., y K. N. Joblin. 1991. Rumen anaerobic fungi: Their role and interactions with other rumen microorganisms in relation to fiber digestion. In: Y. S. a. R. K. e. In T. Tsuda (ed.) Physiological aspects of digestion and metabolism in ruminants. p 655-680. Academic Press, New York.
- Fuentes-Pila, J., M. Ibañez, J. M. De Miguel, y D. K. Beede. 2003. Predicting average feed intake of lactating holstein cows fed totally mixed rations. *J Dairy Sci* 86: 309–323.
- Garrett, E. F., M. N. Pereira, K. V. Nordlund, L. E. Armentano, W. J. Goodger, y G. R. Oetzel. 1999. Diagnostic methods for the detection of subacute ruminal acidosis in dairy cows. *J Dairy Sci* 82: 1170-1178.
- Garry, E. F. 2002. Indigestion in ruminants. In: B. P. Smith (ed.) Large animal interne medicine. p 722-747. Mosby-Year Book, St. Louis, Missouri.
- Gomez de Segura, B., R. Durand, y M. Fèvre. 1998. Multiplicity and expression of xylanases in the rumen fungus *neocallimastix frontalis*. *FEMS Microbiol Lett* 164: 47-53.
- Grabber, J. H., R. D. Hatfield, J. Ralph, J. Zon, y N. Amrhein. 1995. Ferulate cross-linking in cell walls isolated from maize cell suspensions. *Phytochemistry* 40: 1077-1082.
- Grant, R. J. 1997. Interactions among forages and nonforages fiber sources. *J Dairy Sci* 80: 1438-1446.
- Heinrich, A. J., D. R. Buckmaster, y B. P. Lammers. 1999. Processing mixing, and particle size reduction of forage for dairy cattle. *J Animal Sci* 77: 180-186.
- Ho, Y. W., N. Abdullah, y S. Jalaludin. 1994. *Orpinomyces intercalaris*, a new species of polycentric anaerobic rumen fungus from cattle. *Mycotaxon* 50: 139-150.
- Ho, Y. W., y D. J. S. Barr. 1995. Classification of anaerobic gut fungi from herbivores with emphasis on rumen fungi from malaysia. *Mycologia* 87: 655-677.
- Irvine, H. L., y C. S. Stewrt. 1991. Interactions between anaerobic celullolytic bacteria and fungi in the presence of *methanobrevibacter smithii*. *Lett Appl Microbiol* 12: 62-64.

- Jung, H.-J. G., M. Jorgensen, J. G. Linn, y F. M. Engels. 2000. Impact of accessibility and chemical composition on cell wall polysaccharide degradability of maize and lucerne stems. *J Sci Food Agric* 80: 419-427.
- Jung, H. G., y G. C. Fahey Jr. 1983. Nutritional implications of phenolic monomers and lignin: A review. *J Anim Sci* 57: 206-219.
- Kalmokoff, M. L., y R. M. Teather. 1997. Isolation and characterization of a bacteriocin (butyrivibriocin ar10) from the ruminal anaerobe *butyrivibrio fibrosolvans* ar10: Evidence in support of the widespread occurrence of bacteriocine-like activity among ruminal isolates of *b. Fibrosolvans*. *Appl Environ Microb* 63: 394-402.
- Kellems, R. O., R. Jones, D. Andrus, y M. V. Wallentine. 1991. Effect of moisture in total mixed rations on feed consumption and milk production and composition in holstein cows. *J Dairy Sci* 74: 929-932.
- Kennelly, J. J., B. Robinson, y G. R. Khorasani. 1999. Influence of carbohydrate source and buffer on rumen fermentation characteristics, milk yield , and milk composition in early-lactation holstein cows *J Dairy Sci* 82: 2486-2496.
- Keunen, J. E., J. C. Plaizier, I. Kyriazakis, T. F. Duffield, T. M. Widowski, M. I. Lindinger, y B. W. McBride. 2003. Short communication: Effects of subacute ruminal acidosis on free-choice intake of sodium bicarbonate in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86: 954–957.
- Kononoff, P. J., y A. J. Heinrichs. 2003. The effect of reducing alfalfa haylage particle size on cows in early lactation. *J Dairy Sci* 86: 1445–1457.
- Kononoff, P. J., A. J. Heinrichs, y D. R. Buckmaster. 2003. Modification of the penn state forage and total mixed ration particle separator and the effects of moisture content on its measurements. *J Dairy Sci* 86: 1858–1863.
- Krause, D. M., D. K. Combs, y K. A. Beauchemin. 2002. Effects of forage particle size and grain fermentability in midlactation cows. I. Milk production and diet digestibility. *J Dairy Sci* 85: 1936-1946.
- Lammers, B. P., D. R. Buckmaster, y A. J. Heinrich. 1996. A simple method for the analysis of particle size of forage and total mixed rations. *J Dairy Sci* 79: 922:928.



- Le Ruyet, P., y W. B. Tucker. 1992. Ruminal buffers: Temporal effects on buffering capacity and ph of ruminal fluid from cows fed a high concentrate diet. *J Dairy Sci* 75: 1069-1077.
- Lee, S. S., J. K. Ha, y K.-J. Cheng. 2000. Relative contributions of bacteria, protozoa, and fungi to in vitro degradation of orchard grass cell walls and their interactions. *Appl Environ Microb* 66: 3807-3813.
- Leonardi, C., y L. E. Armentano. 2003. Effect of quantity, quality, and length of alfalfa hay on selective consumption by dairy cows. *J Dairy Sci* 86.
- Lough, D. S., D. K. Beede, y C. J. Wilcox. 1990. Lactational responses to and in vitro ruminal solubility of magnesium oxide or magnesium chelate. *J Dairy Sci* 73: 413-424.
- Maekawa, M., K. A. Beauchemin, y D. A. Christensen. 2002a. Effect of concentrate level and feeding management on chewing activities, saliva production, and ruminal ph of lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 85: 1165-1175.
- Maekawa, M., K. A. Beauchemin, y D. A. Christensen. 2002b. Chewing activity, saliva production, and ruminal ph of primiparous and multiparous lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 85: 1176-1182.
- Malty, E., S. Devir, O. Kroll, B. Zur, S. L. Spahr, y R. D. Shanks. 1992. Comparative responses of lactating cows to total mixed rations or computerized individual concentrates feeding. *J Dairy Sci* 75: 1588-1603.
- McDougall, G. J. 1993. Phenolic cross-links in growth and development of plants. In: A. Scalbert (ed.) *Polyphenolic phenomena*. p 129-136. INRA Editions, Paris.
- Mertens, D. R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J Dairy Sci* 80: 1463-1481.
- Miron, J., D. Ben-Ghedalia, y M. Morrison. 2001. Invited review: Adhesion mechanisms of rumen cellulolytic bacteria. *J Dairy Sci* 84: 1294-1309.
- Miron, J., E. Yosef, M. Nikbachat, A. Zenou, E. Maltz, I. Halachmi, y D. Ben-Ghedalia. 2004. Feeding behavior and performance of dairy cows fed pelleted nonroughage fiber byproducts. *J Dairy Sci* 87: 1372–1379.

- Mooney, C. S., y M. S. Allen. 1997. Physical effectiveness of the neutral detergent fiber of whole linted cottonseed relative to that of alfalfa silage at two lengths of cut. *J. Dairy Sci.* 80: 2052-2061.
- Murphy, M. R., y J. S. Zhu. 1997. A comparison of methods to analyze particle size as applied to alfalfa haylage, corn silage, and concentrate mix. *J. Dairy Sci.* 80: 2932-2938.
- Newbold, C. J., P. W. Griffin, y R. J. Wallace. 1989. Interactions between rumen bacteria and ciliate protozoa in their attachment to barley straw. *Lett Appl Microbiol* 8: 63-66.
- Nocek, J. E. 1997. Bovine acidosis: Implications on laminitis. *J Dairy Sci* 80: 1005-1028.
- Nocek, J. E., J. G. Allman, y W. P. Kautz. 2002. Evaluation of an indwelling ruminal probe methodology and effect of grain level on diurnal pH variation in dairy cattle. *J Dairy Sci* 82 (Suppl. 1),: 69.
- Nocek, J. E., y S. Tamminga. 1991. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. *J Dairy Sci* 74: 3598-3629.
- Nogueira Filho, J. C. M., M. Fondevila, U. A. Barrios, y R. M. González. 2000. In vitro microbial fermentation of tropical grasses at an advanced maturity stage. *Anim Feed Sci Techn* 83: 145-157.
- Nordlund, K. V., E. F. Garrett, y G. R. Oetzel. 1995. Herd-based ruminocentesis: A clinical approach to the diagnosis of subacute rumen acidosis. *Compend Contin Educ Pract Vet* 17: S48-S56.
- Oetzel, G. R. 2000. Clinical aspects of ruminal acidosis in dairy cattle. In: *Proceeding of the 33rd Annual Meeting on American Association of Bovine Practice.* p 46-53.
- Oetzel, G. R., y K. V. Nordlund. 1998. Effect of dry matter intake and feeding frequency on ruminal pH in lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 81 (Suppl 1): 297.

- Oetzel, G. R., K. V. Nordlund, y E. F. Garrett. 1999. Effect of ruminal ph and stage of lactation on ruminal lactate concentrations in dairy cattle. *J Dairy Sci* 82 (suppl 1): 38.
- Onodera, R. K., K. Murakami, y K. Ogawa. 1988. Effect of inhibition by ciliate protozoa on the digestion of fibrous materials in vivo in the rumen of goats and in an rumen microbial ecosystem. *Agric Biol Chem* 52: 2635-2637.
- Orpin, C. G., y K. N. Joblin. 1997. The rumen anaerobic fungi. In: P. N. H. a. C. S. Stewart. (ed.) *The rumen microbial ecosystem*. p 140-195. Chapman and Hall., London, United Kingdom.
- Owens, F. N., D. S. Secrist, W. J. Hill, y D. R. Gill. 1998. Acidosis in cattle: A review. *J Anim Sci* 76: 275-286.
- Pereira, M. N., E. F. Garrett, y G. R. Oetzel. 1999a. Partial replacement of forage with nonforage fiber sources in lactating cow diets. L. Performance and health. *J. Dairy Sci.* 82: 2716-2730.
- Pereira, M. N., E. F. Garrett, G. R. Oetzel, y L. E. Armentano. 1999b. Partial replacement of forage with nonforage fiber sources in lactating cow diets. I. Performance and health. *J Dairy Sci* 82: 2716-2730.
- Phillips , C. J. C., y M. I. Rind. 2001. The effects of frequency of feeding a total mixed ration on the production and behavior of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 84: 1979–1987.
- Phillips, M. W., y G. L. R. Gordon. 1995. Carbohydrate fermentation by three species of polycentric ruminal fungi from cattle and water buffalo in tropical australia. *Anaerobe* 1: 41-47.
- Pires, A. V., M. L. Eastridge, y J. L. Firkins. 1997. Effects of heat treatment and physical processing of cottonseed on nutrient digestibility and production performance by lactating cows. *J. Dairy Sci* 80: 1685-1694.
- Provan, G. J., L. Scobbie, y A. Chesson. 1994. Determination of phenolic acids in plant cell walls by microwave digestion. *J. Sci Food Agric.* 64: 63-65.
- Radostits, O. M., D. C. Blood, y C. C. Gay. 1994. Acute carbohydrate engorgement of ruminants (rumen overload). In: O. W. Radostits, Blod, D. C., Gay, C. C.

- (ed.) Veterinary medicine. p 106-154. W. B. Saunders, Philadelphia, Phi., USA.
- Rebhun, W. C. 1995. Abdominal diseases. In: W. C. Rebhun (ed.) Diseases of dairy cattle. p 106-154. Williams and Wilkins, Media, Pennsylvania, Penn., USA.
- Reeves, I. J. B. 1997. Relationships between crude protein and determination of nondispersible lignin. *J Dairy Sci* 80: 692-699.
- Roger, V. A., E. Bernalier, G. Grenet, G. Fonty, J. Jamot, y P. Gouet. 1993. Degradation of wheat straw and maize stem by monogastric and polycentric rumen fungi, alone or in association with rumen cellulolytic bacteria. *Anim Feed Sci Technol* 19: 25-31.
- Rosazza, J. P. N., Z. Huang, L. Dostal, T. Volm, y B. Rousseau. 1995. Review: Biocatalytic transformations of ferulic acid: An abundant aromatic natural product. *J Industr Microbiol*: 457-471.
- Rutkowiak, B., K. Wolanczyk-Rutkowiak, K. Tyzenhauz-Malinowska, E. Pszczolkowska, y A. Raabe. 1982. [effect of preventive treatment of acute hypomagnesemia on the biochemical and morphological indicators in cows during the grazing period]. *Pol Arch Weter* 23: 83-99.
- Sahlu, T., J. M. Fernandez, Z. H. Jia, A. O. Akinsoyinu, S. P. Hart, y T. H. Teh. 1993. Effect of source and amount of protein on milk production in dairy goats. *J Dairy Sci* 76: 2701-2710.
- Sanz Sampelayo, M. R., L. Pérez, J. Boza, y L. Amigo. 1998. Forage of different physical forms in the diets of lactating granadina goats: Nutrient digestibility and milk production and composition<sup>1</sup>. *J Dairy Sci* 81: 492-498.
- SAS. 1985. User guide: Statistics. Version 5 edition. Sas inst., inc. Cary, nc.
- Schaefer, D. M., L. J. Wheeler, C. H. Noller, R. B. Keyser, y J. L. White. 1982. Neutralization of acid in the rumen by magnesium oxide and magnesium carbonate. *J Dairy Sci* 65: 732-739.
- Schettini, M. A., E. C. Prigge, y 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.

- Schmidely, P., M. Lloret-pujol, P. Bas, A. Rouzeau, y D. Sauvant. 1999. Influence of feed intake and source of dietary carbohydrate on milk yield and composition, nitrogen balance, and plasma constituents of lactating goats. *J Dairy Sci* 82: 747–755.
- Schonewille, J. T., A. T. van't Klooster, y M. van Mosel. 1992. [a comparative study of the in-vitro solubility and availability of magnesium from various sources for cattle]. *Tijdschr Diergeneeskd* 117: 105-108.
- Schwab, E. C., R. D. Shaver, K. J. Shinnors, J. G. Lauer, y J. G. Coors. 2002. Processing and chop length effects in brown-midrib corn silage on intake, digestion, and milk production by dairy cows. *J Dairy Sci* 85: 613-623.
- Sewalt, V. J. H., W. G. Glasser, J. P. Fontenot, y V. G. Allen. 1996. Lignin impact on fibre degradation: 1--quinone methide intermediates formed from lignin during in vitro fermentation of corn stover. *J Sci Food Agr* 71: 195-203.
- Shaver, R. D. 2006. Dairy cattle feeding and hoof health. In: 4-State Applied Nutrition and Management Conference. , Dubuque, IA
- Shi, Y., y P. J. Weimer. 1997b. Competition for cellobiose among three predominant ruminal cellulolytic bacteria under substrate-excess and substrate-limited conditions. *Appl Environ Microbiol* 63: 743-748.
- Shimada, Y. 1991. Low milk fat syndrome and magnesium oxide supplementation. *Magnes Res* 4: 177-184.
- Shimada, Y., E. Hakogi, y S. Ishida. 1989. Effect of dietary sodium bicarbonate and magnesium oxide on cows with milk fat depression in several dairy herds. *Nippon Juigaku Zasshi* 51: 373-379.
- Shockey, W. L., H. R. Conrad, y R. L. Reid. 1984. Relationship between magnesium intake and fecal magnesium excretion of ruminants. *J Dairy Sci* 67: 2594-2598.
- Soita, H. W., D. A. Christensen, y J. J. McKinnon. 2000a. Influence of particle size on the effectiveness of the fiber in barley silage. *Journal of Dairy Science* 83: 2295–2300.
- Soita, H. W., D. A. Christensen, y J. J. McKinnon. 2000b. Influence of particle size on the effectiveness of the fiber in barley silage. *J Dairy Sci* 83: 2295-2300.

- Stensig, T., y P. H. Robinson. 1997. Digestion and passage kinetics of forage fiber in dairy cows as affected by fiber-free concentrate in the diet. *J Dairy Sci* 80: 1339-1352.
- Stewart, C. S., H. J. Flint, y M. P. Bryant. 1997. The rumen bacteria. In: P. N. Hobson and C. S. Stewart (ed.) *The rumen microbial ecosystem*. p 10-72. Blackie Academic and Professional Publishers, London, United Kingdom.
- Thomas, J. W., R. S. Emery, J. K. Breaux, y J. S. Liesman. 1984. Response of milking cows fed a high concentrate, low roughage diet plus sodium bicarbonate, magnesium oxide, or magnesium hydroxide. *J Dairy Sci* 67: 2532-2545.
- Tomme, P., R. A. J. Warren, y N. R. D. Gilkes. 1995. Cellulose hydrolysis by bacteria and fungi. *Adv Microb Physiol*. 37: 1-82.
- Trinci, A. P. J. 1995. Pure and applied mycology. *Can J Bot* 73: S1-S14.
- Van Amstel, S. R. 1983. Oral antacid treatment in clinical rumen acidosis. *J S Afr Vet Assoc* 54: 265-266.
- Van Soest, P. J. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. Cornell University Press. ed, Ithaca, N. Y.
- Varga, G. A., H. M. Dann, y V. A. Ishler. 1998. The use of fiber concentrations for ration formulation. *J Dairy Sci* 81: 3063-3074.
- Varga, G. A., y E. S. Kolver. 1997. Microbial and animal limitations to fiber digestion and utilization. *J Nutr* 127: 819S-823S.
- Wang, Z., M. L. Eastridge, y X. Qiu. 2001. Effects of forage neutral detergent fiber and yeast culture on performance of cows during early lactation. *J Dairy Sci* 84: 204-212.
- Weimer, P. J., J. M. Lopez-Guisa, y A. D. French. 1990. Effect of cellulose fine structure on the kinetics of its digestion by mixed ruminal microflora in vitro. *Appl Environ Microbiol* 56: 2421-2429.
- White, S. L., J. A. Bertrand, M. R. Wade, S. P. Washburn, J. Green, J.T., y T. C. Jenkins. 2001. Comparison of fatty acid content of milk from jersey and holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. *J. Dairy Sci* 84: 2295-2301.

- Widyastuti, Y., C. J. Newbold, C. S. Stewart, y E. R. Orskov. 1995. Interactions between rumen anaerobic fungi and ciliate protozoain the degradation of rice straw cell walls. *Lett Appl Microbiol* 20: 61-64.
- Wilson, J. R., y D. R. Mertens. 1995. Cell wall accessibility and cell structure limitations to microbial digestion of forage. *Crop Sci* 35: 251-259.
- Williams, A. G., y G. S. Coleman. 1997. The rumen protozoa. In: P. N. Hobson and C. S. Stewart (ed.) *The rumen microbial ecosystem*. p 73-139. Blackie Academic and Professional Publishers, London, United Kingdom.
- Williams, A. G., y S. E. Withers. 1991. Effect of ciliate protozoa on the activity of polysaccharide-degrading enzymes and fibre breakdown in the rumen ecosystem. *J Appl Microbiol* 70: 144-155.
- Wood, T. M., y C. A. Wilson. 1995. Studies on the capacity of the cellulose of anaerobic fungus *piromonnas communis* p to degradate hydrogen bond-ordered cellulose. *Appl Microbiol Biot* 43: 572-578.
- Wubah, D. A., y D. S. H. Kim. 1996. Chemoattraction of anaerobic ruminal fungi zoospores to selected phenolic acids. *Microbiol. Res.* 151: 257-262.
- Xin, Z., W. B. Tucker, y R. W. Hemken. 1989. Effect of reactivity rate and particle size of magnesium oxide on magnesium availability, acid-base balance, mineral metabolism, and milking performance of dairy cows. *J Dairy Sci* 72: 462-470.
- Xu, S., J. H. Harrison, R. E. Riley, y K. A. Loney. 1994. Effect of buffer addition to high grain total mixed rations on rumen ph, feed intake, milk production, and milk composition. *J Dairy Sci* 77: 782-788.
- Yang, W. Z., K. A. Beauchemin, y L. M. Rode. 2001a. Effects of grain processing, forage to concentrate ratio, and forage particle size on rumen ph and digestion by dairy cows. *J Dairy Sci* 84: 2203-2216.
- Yang, W. Z., K. A. Beauchemin, y L. M. Rode. 2001b. Barley processing, forage:Concentrate, and forage length effects on chewing and digesta passage in lactating cows. *J Dairy Sci* 84: 2709-2720.

- Yang, W. Z., K. A. Beauchemin, y L. M. Rode. 2002. Effects of particle size of alfalfa-based dairy cows diets on site and extent of digestion. J Dairy Sci 85: 1958-1968.
- Zhu, J. S., S. R. Stokes, y M. R. Murphy. 1997. Substitution of neutral detergent fiber from forage with neutral detergent fiber from by-products in the diets of lactating cows. J Dairy Sci 80: 2901-2906.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO"  
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL  
DEPTO. PRODUCCIÓN ANIMAL  
CARRETERA A SANTA FE Y PERIFÉRICO  
TEL. 33-12-10, 33-10-90 EXT. 123, 122  
Email:parobles@avantel.net



## INFORME FINAL

Comparación del efecto de la administración de hidróxido de magnesio y bicarbonato de sodio sobre la producción, composición de leche y condición corporal de vacas Holstein

Responsable:

M.C. Pedro Antonio Robles Trillo

M. V. Z. Sigifredo Hurtado Rdz.

Colaborador:

Dr. Rafael Rodríguez Martínez

Trabajo realizado con el financiamiento de:

