

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**



**TITULO**

**SUSTITUCIÓN DE FIBRA DETERGENTE NEUTRA DE LA  
ALFALFA CON FIBRA NO FORRAJERA Y CONSUMO DE  
ALIMENTO Y pH RUMINAL EN CABRAS LACTANTES**

**POR:**

**JOSÉ LUIS HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL  
TÍTULO DE:**

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**TORREON COAHUILA, MÉXICO**

**MAYO 2005**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**



**TITULO**

**SUSTITUCIÓN DE FIBRA DETERGENTE NEUTRA DE LA  
ALFALFA CON FIBRA NO FORRAJERA Y CONSUMO DE  
ALIMENTO Y pH RUMINAL EN CABRAS LACTANTES**

**TESIS POR:**

**JOSÉ LUIS HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ**

**ASESOR PRINCIPAL: PEDRO ANTONIO ROBLES TRILLO**

**TORREON, COAHUILA, MÉXICO**

**MAYO 2005**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

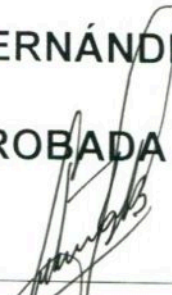


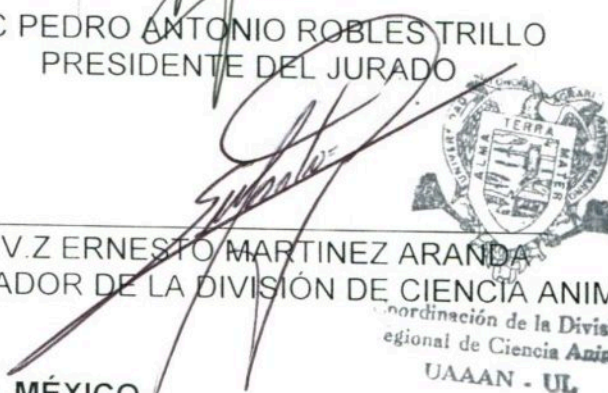
SUSTITUCIÓN DE FIBRA DETERGENTE NEUTRA DE LA  
ALFALFA CON FIBRA NO FORRAJERA Y CONSUMO DE  
ALIMENTO Y pH RUMINAL EN CABRAS LACTANTES

TESIS POR:

JOSÉ LUIS HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ

APROBADA POR:

  
M.C PEDRO ANTONIO ROBLES TRILLO  
PRESIDENTE DEL JURADO

  
M.V.Z ERNESTO MARTINEZ ARANDA  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

TORREON COAHUILA, MÉXICO



Coordinación de la División  
Regional de Ciencia Animal

UAAAN - UL

MAYO 2005

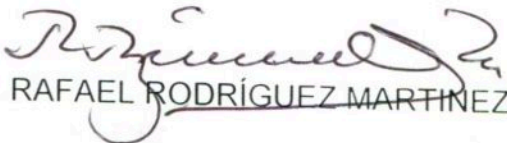
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

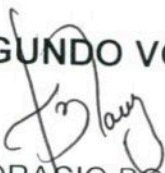
  
PRESIDENTE DEL JURADO

M. C PEDRO ANTONIO ROBLES TRILLO

PRIMER VOCAL:

  
DR. RAFAEL RODRÍGUEZ MARTINEZ

SEGUNDO VOCAL

  
I.Z JORGE HORACIO BORUNDA RAMOS

VOCAL SUPLENTE

  
I.Z HECTOR MANUEL ESTRADA FLORES

TORREÓN, COAHUILA

MAYO 2005

## AGRADECIMIENTOS

### A DIOS

POR HABERME BRINDADO LA OPORTUNIDAD DE VIVIR, ACOMPAÑARME Y AYUDARME EN LOS DÍAS MALOS Y BUENOS DÁNDOME SALUD Y FUERZA PARA SEGUIR CON MIS ESTUDIOS Y POR PONERME FRENTE A TANTA GENTEDURANTE ESTA ETAPA DE MI VIDA, Y GRACIAS POR DARME LOS PADRES QUE TENGO Y LA FAMILIA QUE ME DIO.

A LA U.A.A.AN – UL MI ALMA TERRA MATER POR DARME LA OPORTUNIDAD DE FORMARME PARA MI VIDA PROFESIONAL, SIEMPRE ESTARA EN MI CORAZÓN.

A LOS SIGUIENTES PROFESORES Y SUS FAMILIAS POR SU APOYO, CONSEJOS Y POR ESTAR CON MIGO EN LAS BUENAS Y EN LAS MALAS:  
IZ. JORGE H. BORUNDA RAMOS, IZ. ECTOR M. ESTRADA FLORES,  
M.C JOSE DE JESÚS QUEZADA AGUIRRE.

A MI ASESOR EL M.C PEDRO ANTONIO ROBLES TRILLO POR SU GRAN AYUDA EN LA REALIZACIÓN DE ESTE TRABAJO PUES POR ÉL ESTE CULMINO EXITOSAMENTE.

AL JURADO DE MI EXAMEN PROFESIONAL POR SUS SUGERENCIAS, OBSERVACIONES Y CORRECCIONES EN LA REVISIÓN DE ESTE TRABAJO, A TODOS MUCHAS GRACIAS

“MUCHAS GRACIAS A TODOS”

## DEDICATORIA

### A MIS PADRES :

IGNACIO HERNÁNDEZ CRUZ Y ALBA ROSA RODRÍGUEZ CARRASCO POR DARME LA VIDA, POR SU COMFIANZA, SACRIFICIO, DEDICACIÓN PARA CADA UNO DE SUS HIJOS, ESTAN VIENDO QUE EL PRIMERO DE SUS FRUTOS, HA TERMINADO CON LA REALIZACIÓN DE UNA CARRERA PROFESIONAL, YO SÉ QUE PASARON DIAS DIFÍCILES Y A UN ASÍ EXISTIERON PARA MI GRACIAS LOS AMO.

### A MIS HERMANOS:

RENÉ, ALBA, CAROLINA; QUE FUERON MI MOTIVACIÓN PARA SEGUIR ADELANTE, ESTANDO DISTANTE DE TODOS USTEDES EN VERDAD QUE NECESITE MAS DE UNA VEZ SU COMPAÑÍA.

### A MIS ABUELOS:

LUIS HERNÁNDEZ (+), TEOFILA CRUZ (+), JESÚS CAMACHO Y MARIA CARRASCO, POR SER EL PILAR PRINCIPAL DE LA HERMOSA FAMILIA QUE ME HEREDARON Y POR SUS CONSEJOS PARA GUIARME EN EL CAMINO DEL BIEN GRACIAS.

### A MIS TIOS Y PRIMOS:

QUE GRACIAS A DIOS LOS PUSO EN MI CAMINO FORMANDO PARTE IMPORTANTE EN MI VIDA, NO ME CANSO DE DARLES LAS GRACIAS POR SU APOYO MORAL Y CONSEJOS EN TODO MOMENTO YA QUE CUANDO NECESITAVA UN CONSEJO SIEMPRE ESTUVIERON HAY.

### A MIS A MIGOS:

AIDE CONTRERAS, CRISTIAN BARBERI Y GUSTABO POR AGUANTAR MI CARÁCTER Y ESTAR CON MIGO EN LAS BUENAS Y LAS MALAS.

A MIS COMPAÑEROS DE SECCIÓN CON QUIEN COMPARTI LA ETAPA MAS MARAVILLOSA DE MI VIDA Y SER MI SEGUNDA FAMILIA Y A TODAS LAS PERSONAS QUE INTERVINIERON DIRECTA E INDIRECTAMENTE EN ESTE TIEMPO Y QUE DE BUENA O MALA MANERA AYUDARON A IMPULSARME PARA LOGRAR MI PROPÓSITO DE SER UN MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA.

## RESUMEN

Existen pocos estudios en cabras lecheras que se refieran a la fisiología y consecuencia productivas cuando la fibra detergente neutro (FDN) es remplazada con fibra no forrajera (FFNF). Se utilizaron dieciséis cabras alpinas con 37 días en lactancia (peso corporal 55Kg), en un experimento con un diseño de cuadrado latino, que incluyó cuatro dietas, dieta control (DC) baja en forraje y en fibra (8.93% de FDN de heno de alfalfa y 6.5% de FDN de ensilaje de maíz), dieta alta en alfalfa (DAFA) alta en fibra y en forraje (6.42% 18.33% de FDN ensilaje de maíz y alfalfa) y dos dietas con FFNF, una baja BFNF y una alta en FFNF. Se determinó el consumo de materia seca (CMS) y pH del fluido ruminal. Los resultados no mostraron diferencias ( $P > 0.05$ ) en el CMS, aunque la dieta alta en fuentes de fibra no forrajera (AFNF) fue la más alta (2.26 Kg) y la de menor consumo fue la DAFA (2.20 Kg). Se observaron diferencias ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos para los datos del pH del fluido ruminal. La DC arrojó el dato menor (6.17), en tanto que al incrementar la FFNF en la ración se observó un incremento lineal del pH del fluido ruminal. Al comparar la inclusión de las FFNF contra la DAFA, se observó que esta última obtuvo un pH superior a lo encontrado con la inclusión de los subproductos. La sustitución de la FDN de la alfalfa con una mezcla de FDN de FFNF (semilla de algodón, cascarilla de soya y salvado de trigo) no afectó la cantidad de CMS, por lo que podría considerarse como una alternativa viable para el reemplazo de forraje. Además, aunque hubo diferencias significativas en el pH del fluido ruminal de las cabras, la inclusión de las FFNF no lo disminuyó por debajo de 6.0, considerado como dañino para la mayoría de las bacterias celulolíticas del rumen. Se concluye que el uso de estos subproductos son una alternativa viable en la alimentación caprina.

## INDICE

RESUMEN.....	ii
INTRODUCCIÓN.....	1
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
<b>CARBOHIDRATOS.....</b>	<b>3</b>
<b>EFFECTIVIDAD DE LA FIBRA.....</b>	<b>7</b>
<b>DIGESTIÓN DE LA FIBRA.....</b>	<b>9</b>
<b>FIBRA Y LLENADO DEL RUMEN.....</b>	<b>11</b>
INFLUENCIA DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA SOBRE LA EFICACIA DE LA FIBRA.....	12
<b>FUENTES DE FIBRA NO FORRAJERA (FFNF).....</b>	<b>14</b>
SEMILLA DE ALGODÓN.....	17
CASCARILLA DE SOYA.....	19
GRANOS SECO DE DESTILERÍA.....	20
GLUTEN DE MAÍZ (WCGF).....	22
SALVADO DE TRIGO.....	23
<b>COMBINACIÓN DE FUENTES DE FIBRA NO FORRAJERA.....</b>	<b>24</b>
GANADO PRODUCTOR DE LECHE.....	24
Materiales y métodos.....	28
<b>DESCRIPCIÓN DEL LUGAR DEL PROYECTO.....</b>	<b>28</b>
Instalaciones.....	28
<b>Procedimiento experimental.....</b>	<b>28</b>
Análisis de alimento.....	28
Cabras y dietas.....	28
Determinación del pH del rumen.....	30
<b>Conversión alimenticia (CA).....</b>	<b>30</b>
Consumo de alimento.....	30
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
Literatura citada.....	33



## INTRODUCCIÓN

Los carbohidratos se clasifican en dos grupos: no estructurales (CNE) y estructurales (CE). Estos últimos consisten de elementos encontrados en la pared de las células y los no estructurales se localizan en el interior de las células de las plantas y son normalmente más digestibles que los CE (Ishler y Varga, 2000). Los CE se conocen también como fibra la que tiene un papel importante en los rumiantes para mantener al máximo el consumo de la materia seca (CMS), la estimulación en la actividad en la masticación y la fermentación del rumen, manteniendo con ello el contenido de la grasa en la leche (Bava et al., 2001; Wang et al., 2001).

Los rumiantes requieren una cantidad mínima dietética de fibra efectiva para un consumo óptimo de materia seca, para la estimulación de la salivación, para la producción de leche y para la buena salud de la vaca (Grant, 1997). La fibra efectiva ha sido definida como la que puede estimular la masticación, la salivación y la rumia y 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 (Clark y Armentano, 1997a; Grant, 1997; Soita et al., 2000).

Las fuentes de fibra no forrajera (FFNF) son los subproductos de las plantas procesadas para la extracción de almidón, azúcar y otros constituyentes de valor no fibroso (Clark y Armentano, 1997c). Debido al contenido de lignina bajo y a una proporción elevada de fibra potencialmente digestible, las FFNF suministran la energía necesaria para la lactación sin la carga ácida en el rumen provocada por la fermentación rápida de los concentrados con almidón (Allen y Grant, 2000a). Las FFNF son usadas en las dietas de rumiantes en lactación porque reemplazan una porción de la fibra efectiva que es normalmente suministrada en el forraje (Clark y Armentano, 1997c).

## HIPÓTESIS

A pesar de que la FDN de las FFNF tienen propiedades físicas y químicas diferentes a la FDN de los forrajes convencionales en cabras en lactación es, posible sustituir a la FDN de la alfalfa con FDN de subproductos, sin afectar el consumo de materia seca ni el pH del fluido ruminal.

## OBJETIVO

Evaluar el efecto de la sustitución de FDN de la alfalfa con FDN de FFNF sobre pH ruminal y el consumo de cabras en lactación.

# REVISIÓN DE LITERATURA

## CARBOHIDRATOS

Los carbohidratos se clasifican en dos grupos: no estructurales y estructurales. Los carbohidratos estructurales consisten de elementos encontrados en la pared de las células y los no estructurales se localizan en el interior de las células de las plantas y son normalmente más digestibles que los primeros (Ishler y Varga, 2000).

Los carbohidratos son la mayor fuente de energía para los microorganismos del rumen y los mayores componentes en la dieta que proporcionan del 60 a 70%, de energía manteniendo el soporte y la producción de leche, además influyen en la producción láctea como precursores para la lactosa, grasa y proteína (Ishler y Varga, 2000). También son los grandes componentes de la dieta de vacas en lactación porque constituyen a un 75% de la materia seca y son usados para expresar la fibra neutro detergente (FDN) (Haddad y Grant, 2000).

Los carbohidratos neutro detergentes solubles (CDNS) son caracterizados como una fracción en el rumen, que sirve como una fuente de energía para el mantenimiento de la síntesis de proteína microbiana (Ariza et al., 2001). Estos varían en la fermentación y la digestión incluso en el perfil de los nutrientes y la fermentación del rumen (Leiva et al., 2000).

Los CDNS incluyen ácidos orgánicos, azúcares, oligosacáridos, almidones, monosacáridos, fructuosa, y pectina B- glucosa, considerados carbohidratos estructurales, solubles en soluciones detergentes (Ariza et al., 2001). Los polisacáridos y monosacáridos, como los almidones y azúcares, tienden a producir más propionato (Leiva et al., 2000). Estos carbohidratos a la vez predominan en legumbres, forrajes, la cascarilla soya, azúcar de la pulpa de la remolacha y la pulpa de fruta y el grano del maíz, que puede contener 70% de almidón, 6 a 10% FDNS y 5% de azúcar, mientras que la pulpa de la fruta contiene 12 a 40% de azúcar, 25 a 44% de FDNS y 1% ó menos de almidón como base de materia seca (Ariza et al., 2001).

En los rumiantes, la fibra juega un papel importante para mantener al máximo el consumo de la materia seca (CMS) y la estimulación de la masticación y la fermentación del rumen, manteniendo el contenido de la grasa en la leche (Bava et al., 2001). Wang et al., (2001) mencionan que los forrajes son fuente de fibra y que se recomiendan por el consejo de investigación de los Estados Unidos (NRC) para las vacas en lactación, el que recomiendan por lo menos, el 25% de FDN como base de materia seca y el 75% de FDN provenientes del forraje.

La fibra del forraje contribuye a una cantidad sustancial de energía para las vacas productoras (Stensig y Robinson, 1997). La fibra debe ser de calidad y de un tamaño de partícula adecuada para provocar el máximo consumo de materia seca (CMS), la actividad en la masticación, la fermentación, el pH en el rumen y la grasa en la leche, ayudando a mantener el tono del músculo del rumen (Grant, 1997). Clark y Armentano, (1997a) evaluaron el efecto de reemplazar la FDN del forraje con tres dietas que contenían fibra baja no forrajera, fibra alta no forrajera y la última alta en alfalfa sobre el rendimiento y la calidad de leche, rendimiento en proteína y grasa láctea. Las dietas bajas incrementaron el rendimiento de grasa y % de grasa mas bajo (cuadro 1).

CUADRO 1: Producción y composición de leche, consumo de materia seca y actividad en la masticación.

Producción variable	Control	LNF	HNF	HFA	SE
Leche. kg/d	33.7	34.1	33.0	30.4	0.5
4% FCM. kg/d	27.4	28.4	29.0	28.4	0.1
Proteína kg/d	1.09	1.10	1.09	.093	0.02
Grasa kg/d	0.93	0.99	1.05	1.08	0.04
% proteína	3.24	3.21	3.28	3.09	0.02
% grasa	2.75	2.93	3.21	3.55	0.09
CMS Kg.	20.8	22.4	23.4	21.5	0.7

LNF: fibra no forrajera baja, HNF: fibra no forrajera alta, HFA: fibra alta en alfalfa

Clark y Armentano, (1997a)

La fibra excesiva en la dieta puede ayudar al rendimiento microbiano y la producción de leche (Mooney y Allen, 1997). El valor nutritivo de los forrajes está negativamente relacionado con la concentración de la fibra dietética, debido a la relación inversa entre fibra y energía neta de lactación (ENL) (Nichols et al., 1998).

La fibra en la dieta está asociada con la masticación, en la rumia y la salivación, así como con la producción de ácido acético, el cual puede aumentar la grasa en la leche (Depies y Armentano, 1995).

La fibra detergente neutro (FDN) en la dieta de las vacas en lactación es necesaria para el aporte de la energía que es más o menos de un 33%, el cual es óptimo para el CMS (Robinson y McQueen, 1997). La FDN es necesaria para definir los límites bajos del forraje en la ración (Mertens, 1997).

Debido a la relación positiva entre la FDN y la salud del rumen y la relación negativa entre la FDN y la densidad de energía, la formulación de dietas está basada en el porcentaje de FDN, de la MS, (Varga et al., 1998).

La FDN a través de ella se pueden medir las características físicas y químicas de la fibra como el tamaño de partícula y su gravedad, que tienen influencia en la salud del animal, la fermentación en el rumen, el metabolismo y la producción de leche (Mertens, 1997). Estas características de la fibra varían entre los alimentos, afectando la respuesta en la masticación y el porcentaje de grasa en la leche (Mooney y Allen, 1997). La FDN del forraje puede provocar una respuesta diferente en el funcionamiento del rumen en la vaca (Zhu et al., 1997b).

Allen, (1997) realizó una investigación donde se estableció la relación entre el porcentaje de FDN en la dieta y el pH ruminal (Figura 1), encontrando que entre un 30 a un 35% del líquido extraído se encuentra con un pH óptimo. Así mismo, relacionaron el pH del rumen con la cantidad de grasa en la leche (Figura 2) demostrando que un pH arriba de 6 no deprime la cantidad de grasa láctea.

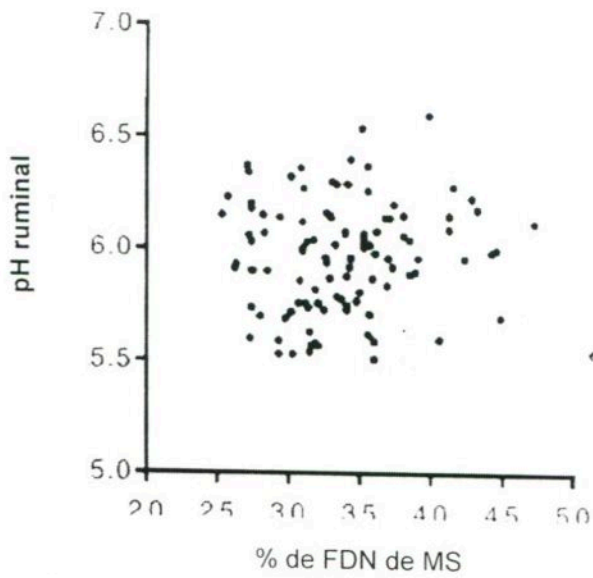


Figura 1: Relación entre el porcentaje de la FDN en la dieta y el pH ruminal. Los datos se obtuvieron del reporte hecho al medio día. Allen. (1997)

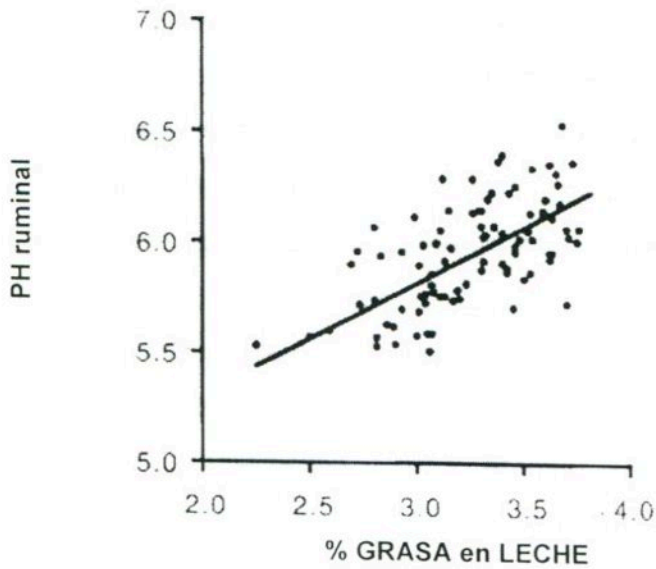


Figura 2: relación entre el porcentaje de grasa en la leche y el pH del rumen. Los datos obtenidos al medio día ( $p < 0.0001$ ). Allen, (1997)

La mayoría de los experimentos para investigar la concentración de la FDN en la dieta han iniciado cuando el pico de lactancia ha concluido, por consiguiente, existe poca información de la FDN del forraje en vacas entre el parto y el pico de lactancia (Wang et al., 2001).

### **EFFECTIVIDAD DE LA FIBRA**

El efecto físico de la FDN puede ser definido como la fracción en los alimentos que estimula la actividad de la masticación y que puede expresarse como un producto de la concentración de FDN y el factor físico determinado por la respuesta total en la masticación (Grant, 1997). La efectividad de la fibra neutro detergente (FDN) del forraje es definida como la proporción que estimula la rumia y la respuesta mayor para determinar el pH en el rumen (Haddad y Grant, 2000). La fibra estimula la masticación, el flujo de la salivación amortiguadora del rumen y la fermentación de los ácidos y el tamaño de partícula, está relacionado con las propiedades físicas (Mooney and Allen, 1997).

El rumiante requiere una cantidad mínima de fibra dietética efectiva para un consumo óptimo de MS, la estimulación de la salivación, la producción de leche y la buena salud (Grant, 1997). La efectividad de la fibra (eFDN) 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, 1997a; Soita et al., 2000).

La habilidad para prevenir la depresión de la concentración de la grasa en la leche, en relación al ensilaje de alfalfa, se ha utilizado para determinar el contenido de la FDN efectiva 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., 1999).

La eficacia de la fibra para estimular la masticación ha sido denominada eficacia física (pe, por sus 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 and Allen, 1997).

El término *pe* distingue los valores de eficacia medidos usando la masticación como la respuesta a partir de los valores calculados de los porcentajes de grasa como respuesta.

Se ha propuesto que el tiempo que se emplea para masticar un Kg de forraje como un índice de la cantidad de eFDN de un alimento. Sin embargo, las fuentes de fibra varían en su capacidad para estimular la masticación, lo cual es evidente cuando se utilizan concentrados altos en fibra para reemplazar a los concentrados (Firkins, 1997).

La eficacia física 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 (Clark y Armentano, 1997c).

Debido a alteraciones en los patrones de fermentación en el rumen, las características físico químicas de una dieta pueden causar cambios en la composición de la leche producida las cabras son menos sensibles que las vacas a esas características y tales cambios en la dieta probablemente se reflejen en un menor disminución en el contenido de grasa en la leche (Pires et al., 1997).

Las vacas lactantes deben recibir al menos, un tercio del total de la materia seca (MS) dietética como heno largo, ó su equivalente como ensilaje cortado de pequeño a tosco u otros forrajes para proporcionar una fibra efectiva adecuada (Armentano y Pereira, 1997). 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 Tamaño de Partícula (T de P) del forraje sobre la efectividad de la fibra.

El (NRC) proporciona solo recomendaciones mínimas de fibra y no proporciona ajustes para factores tales como la eficacia de la fibra, interacciones con carbohidratos no fibrosos o los atributos de los animales, los cuales pueden afectar el rendimiento óptimo del ganado bovino productor de leche (Mertens, 1997).



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, en el perfil del componente de la fibra, en la materia seca y los efectos asociados del alimento (Firkins, 1997).

Existe poca información con respecto a la fuente de fibra o a el potencial para la interacción para la fuente de forraje y la concentración de fibra que está disponible (West et al., 1998; White et al., 2001).

La efectividad de la fibra se basa en cuatro estudios: 1) cambios en la concentración de la grasa en la leche, 2) cambios en la actividad de la rumia, 3) cribado y análisis de tamaño de partícula y 4) cambios en el patrón de fermentación ruminal (pH y AGV) (Allen y Grant, 2000b).

### **DIGESTIÓN DE LA FIBRA**

La degradación de los carbohidratos estructurales se puede realizar en medios aerobio y anaerobio; un ejemplo de este último es la comunidad microbiana ruminal que incluye a eubacteria, arachea, protozoarios ciliados y hongos, los cuales trabajan en forma conjunta para degradar y fermentar las paredes celulares vegetales a compuestos asimilables (ácidos grasos volátiles AGV y proteína microbiana) para el hospedero, por lo cual es necesaria la multiplicación de la flora ruminal para lograr un mejor uso de los forrajes, y por lo tanto, elevar la producción de los animales alimentados con estos materiales (Kalmokoff y Teather, 1997).

La función normal del rumen depende de la calidad y la cantidad de la fibra dietética (Shain et al., 1999). La fracción fibrosa del alimento se fermenta lentamente en el rumen y es retenida por más tiempo que las fracciones de los alimentos no fibrosos, debido a que el llenado físico del rumen a menudo limita el consumo máximo de MS, afecta a la desaparición rápida de la fracción de FDN del rumen, debido a un incremento de la tasa de digestión o pasaje que podría reducir el llenado físico del rumen y permitiría un mayor consumo voluntario de materia seca (Oba y Allen, 2000b.).

Por tal razón, la digestibilidad de la FDN es un parámetro importante en la determinación de la calidad del forraje.

Si la fibra es insuficiente o la fibra no tiene una textura tosca puede ocasionar un pH ruminal bajo, una disminución de la eficacia microbiana o, la disminución de la grasa en la leche (Mooney y Allen, 1997).

Cuando los alimentos son digeridos en el rumen, los microorganismos microbianos fermentan y producen ácidos orgánicos, disminuyendo el pH ruminal. Aunque es deseable una mayor fermentación en el rumen, para una máxima producción de proteína microbiana, la producción de ácidos por la fermentación en el rumen necesita estar balanceada con la remoción de los ácidos y neutralización del pH. Debido a que las vacas secretan más saliva durante la masticación la capacidad amortiguadora de la digesta ruminal está determinada principalmente por el total de la masticación (Oba y Allen, 2000a). Allen, (1997), evaluó la relación entre la producción total de AGV y pH ruminal (Figura 3) y los resultados mostraron que arriba de un pH de 6 hay una producción elevada de AGV (125 mmol/L).

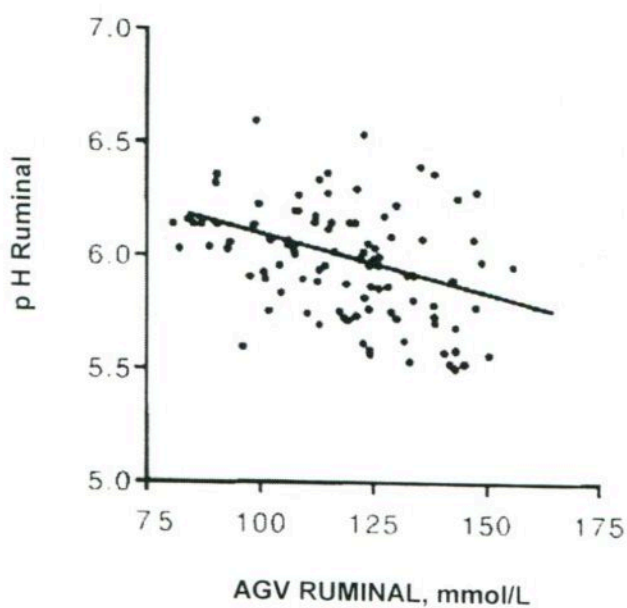


Figura 3: Relación entre la producción total de AGV (mmol/L) y el pH ruminal ( $P < 0.001$ )  
Allen, (1997)

Aunque el descenso en el pH ruminal disminuye la digestión de la fibra, los efectos de un pH bajo sobre algunas variables específicas (tasa y grado de digestibilidad de la FDN) la cinética de la digestión, varían entre estudios (Faichney et al., 1997). Firkins (1997) evaluó la relación entre el porcentaje de digestibilidad de la FDN y el pH ruminal, observando que la mejor digestibilidad está en un pH superior a 6.

Las dietas adecuadas en fibra promueven un pH ruminal deseable, mantienen la integridad del epitelio ruminal, lo que contribuye a la formación del bolo ruminal como un medio de retención de las partículas de fibra lo suficientemente larga para una digestión adecuada y para estimular la síntesis de grasa en la leche (Chen et al., 1996).

### **FIBRA Y LLENADO DEL RUMEN**

Las fracciones fibrosas de los alimentos tienen un efecto mayor sobre el llenado físico del rumen que las fracciones no fibrosas, ya que las primeras se fermenta más lentamente y son retenidas por más tiempo a de más una desaparición más rápida de la fracción de FDN del rumen debida a un incremento de la tasa de la digestión o de pasaje, podría reducir el tiempo del llenado físico y permitir un consumo voluntario de alimento más alto (Oba y Allen, 2000c.)

La digestibilidad ruminal de los alimentos está influenciada por la tasa a la que son degradadas en el rumen y la tasa de remoción de su forma física del rumen ó tiempo de retención media en el rumen (MRT por sus siglas en inglés). Por lo tanto, la expresión cuantitativa de la cinética de la digestión y la tasa de pasaje de la FDN del forraje y su respuesta a cambios en la composición o consumo del alimento son esenciales para predecir el valor nutritivo de los forrajes en diferentes situaciones de alimentación (Shain et al., 1999).

La predicción de los efectos de los cambios dietéticos, tales como el T de P sobre el MRT no es simple y depende del entendimiento de los mecanismos que regulan el llenado del rumen, la fragmentación de la partícula y las actividades propulsoras del tracto gastrointestinal (Bernard et al., 2000).

Debido a la complejidad de los mecanismos que determinan las relaciones en el rumen, existe controversia sobre el efecto de la molienda sobre la tasa de pasaje de las partículas en el rumen, para algunos científicos la rumia es una de las etapas limitantes en el desalojo de la materia seca del rumen, mientras que para otros es el factor que más influye en la retención de la MS. (Bernard et al., 2000).

## **INFLUENCIA DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA SOBRE LA EFICACIA DE LA FIBRA**

La forma física de la dieta es una determinante de su valor nutritivo, la cual afecta las actividades de consumo, rumia, función ruminal, eficacia digestiva, producción de leche y su composición, así como la salud de la vaca. La evaluación cuantitativa de la forma física a menudo se basa en el análisis de la distribución del tamaño de partícula del alimento, obteniendo al usar varios métodos de cernido o cribado. Ha habido poco acuerdo sobre que método utilizar para determinar el T de P y resumir los resultados obtenidos y compararlos con los diferentes laboratorios y para compilarlos dentro de un formato que sea útil en la formulación de dietas (Murphy y Zhu, 1997).

La reducción del tamaño de partícula dentro del rango medio de longitud de partícula 0.4 mm a 0.8 mm mejoró la tasa de consumo y fermentación y redujo el tiempo de masticación, el pH en el rumen y la tasa de ácido acético y propiónico en el fluido ruminal (Clark y Armentano, 1997b).

El tamaño de partícula varía ampliamente entre los forrajes debido a factores que involucran a la planta, a la cosecha del forraje, así como al tipo de procesamiento del alimento, procedimientos de almacenaje, etc (Grabber et al., 1995; Yang et al., 2001b.).

Los forrajes tienen un tamaño de partícula medio crítico, arriba del cual se obtiene poco beneficio adicional. Por ejemplo la reducción del tamaño medio de la partícula del ensilaje de alfalfa (3.1 mm a 2.0 mm), disminuye la masticación aproximadamente en un 21%; en cambio, la reducción del tamaño de partícula medio del heno de alfalfa de 2.3 mm a 0.9 mm disminuyó el tiempo total de masticación (masticación mas rumia) aproximadamente un 16% (Clark y Armentano, 1999).

Yang et al., (2001a) evaluaron el efecto de la tasa del ensilaje y el heno de alfalfa, a si como el tamaño de partícula sobre el consumo de nutrimentos, sitio de digestión, síntesis de proteína microbiana ruminal y tasa del pasaje del contenido ruminal. Las dietas usadas contenían 40% de forraje (50:50 o 25:75 ensilaje y heno, respectivamente). Estos investigadores observaron que el consumo de nutrimentos se incrementó a medida que aumentó la tasa de ensilaje pero que no fue afectado por el tamaño de partícula. Sin embargo, al incrementarse el tamaño de partícula de las dietas se 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 las 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 tamaño de partícula del forraje en las dietas mejoró la digestión de la fibra y la síntesis de la proteína microbiana ruminal.

El tamaño de partícula dietética expresado como la eficacia física de la FDN (peFDN) es un indicador confiable de la síntesis de proteína microbiana y digestión de los nutrimentos.

Krause et al., (2002a), estudiaron los efectos del nivel de carbohidratos fermentables en el rumen y del tamaño de partícula del forraje, así como de sus interacciones sobre la producción de leche, la digestibilidad de los nutrimentos y la 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 se afecta por el tamaño de partícula ni por los carbohidratos fermentables en el rumen.

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

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 tienen efectos sobre la predicción del pH del rumen, lo cual puede ser incorrecto. Por ejemplo, el pH del rumen es más bajo en vacas alimentadas con cebada que con maíz, aún cuando las dietas contengan la misma proporción de eFDN, lo anterior es debido a una digestión ruminal de la cebada más rápida y extensiva, 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 cebada (larga 7.59 y corta 6.08 mm) sobre la masticación, el pasaje de la digesta y la digestión. Los resultados indicaron que el tamaño de partícula de dietas basadas en cebada rolada no es un indicador confiable de la actividad de la masticación, a diferencia del tamaño de partícula del forraje y el contenido de FDN de la dieta. El contenido de grasa tendió a incrementarse en las dietas con relación alta de forraje: concentrado o de longitud de partículas del forraje largas (7.59 mm, pero se redujo al alimentarlas con cebada rolada).

Schwab et al., (2002) evaluaron la influencia de largo del corte y del procedimiento mecánico del ensilaje de maíz mutante de enervadura café (brown midrib corn) sobre el consumo, digestión y producción de leche. Los tamaños de partícula empleados fueron 13 y 19 mm para el forraje sin procesar y 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 en el incremento de la longitud del tamaño de partícula sobre el rendimiento de leche.

### **FUENTES DE FIBRA NO FORRAJERA (FFNF)**

Las fuentes de fibra no forrajera (FFNF) son los subproductos de las plantas procesadas para la extracción de almidón, azúcar y otros constituyentes de valor no fibroso. Estas fuentes de fibra que han sido usadas con éxito en las dietas de

las vacas en lactación reemplazando una porción de fibra que normalmente proporciona el forraje (Clark y Armentano, 1997c).

Las FFNF pueden tener un contenido de la fibra neutro detergente (FDN) similar a los forrajes toscos pero pueden tener tamaño de partícula similar a los concentrados (Pereira et al., 1999). Y se usan en la dietas para vacas en lactación porque reemplazan una porción de la fibra efectiva que es normalmente suministrada al forraje (Clark y Armentano, 1997c).

La mayoría de las FFNF disponibles son altas en fibra cuando son derivados de las plantas procesadoras y son base de una fuente de forraje (Armentano y Pereira, 1997). Debido a su precio y disponibilidad las FFNF son usadas como una alternativa a si como por su nivel alto de energía neta en lactancia ( $EN_L$ ) y por su contenido de proteína cruda moderada (Firkins, 1997).

Donde la disponibilidad del forraje es limitada (Allen y Grant, 2000b), la concentración de las FFNF sirve como un reemplazo parcial de la fibra del forraje.

Las FFNF proporcionan a las vacas en lactación energía que necesitan, sin una carga ácida provocada cuando existen cantidades elevadas de almidón en la ración, la que caracteriza a las raciones con contenidos altos en concentrado (Boddugari et al., 2001).

La fibra de los diferentes subproductos tiene propiedades físicas y químicas no tienen similitud a la FDN del forraje. En particular, estas partículas tienen dimensiones pequeñas y una densidad alta que no tienen efectos negativo en el funcionamiento del rumen y en el contenido de grasa de la leche (Bava et al., 2001). Debido a su tamaño de partícula la eficacia de FDN de las FFNF, tales como la semilla de algodón, tienden a reemplazar al ensilaje de alfalfa (Mooney y Allen, 1997). Al igual que el forraje común, las FFNF no tienen un tamaño de partícula pequeño y pueden alcanzar un contenido de energía alto (Depies y Armentano, 1995). Y proporcionan un efecto benéfico en la masticación, la rumia y la salivación (Grant, 1997), el cual puede ser sustancial, ya que es relativamente bajo, (con la excepción de la semilla de algodón y la pulpa de los cítricos), y se basa en la respuesta a la masticación, permitiendo la separación de los efectos físicos y químicos de la fibra (Grant, 1997).

En el Cuadro 2, se mencionan algunas de las diferentes fuentes de fibra no forrajera (FFNF) que pueden ser utilizadas para reemplazar al forraje así como el valor de digestibilidad correspondiente.

Stensig y Robinson, (1997), evaluaron el efecto de las FFNF en la concentración del pH, AGV y flujo ruminal, utilizando dietas que contenían alfalfa (de 8Kg/d y 12Kg/d) y un forraje denominado timothy en las mismas porciones (cuadro 3). En ambos casos donde la cantidad de cada forraje fue de 8 kg la cantidad de ácido acético también fue superior.

Cuadro 2: Tasa de digestión in situ y digestibilidad ruminal estimada de la FDN de algunos ingredientes en la digestión y en el sitio estimulando la digestión ruminal de la FDN de los alimentos seleccionados

Alimento	FDN digestión ruminal
	%
Pulpa de la remolacha	68.9
Granos de cerveceria secos	50.2
Semilla de algodón	33.1
Gluten de maiz	45.7
Grano de destilería	71.6
Cascarilla de soya	90.7
Salvado de trigo	52.1
Alfalfa	30.9-62.5
Ensilaje de maiz	23.8-58.4

Stensig y Robinson, (1997)



Cuadro 3: El efecto de la fuente de forraje y la cantidad de concentrado sobre el pH, concentración de AGV y la concentración N de fluido Ruminal

	Alfalfa		Timothy		SEM
	8kg/d	12 kg/d	8kg/d	12 kg/d	
PH					
Media	6.49	6.33	6.43	6.38	0.03
Mínimo	6.08	5.64	5.91	5.69	0.11
<6.0, h	6.0	6.0	1.2	4.8	0.7
AGV mM	108.0	113.1	112.2	115.9	3.1
AGV mol/100 mol					
Acetato	67.5	65.6	65.1	63.1	1.4
Propionato	18.6	20.2	21.8	22.8	1.6
Butirico	8.9	9.2	9.8	10.5	0.5
Otro	4.9	5.0	3.4	3.6	0.2
N Mg/100 ml					
Solución total	37.8	38.7	39.1	35.4	1.3
Amoniaco	23.0	22.0	26.1	21.9	0.9

Stensig y Robinson. (1997)

## SEMILLA DE ALGODÓN

La semilla de algodón es una fuente excelente de fibra que mantiene el porcentaje de grasa en la leche debido al 20% de contenido del extracto éter y que aumenta la energía en la dieta (Abel-Caines et al., 1997). La semilla de algodón entera sirve como fuente de energía, proteína y fibra para las vacas en lactación y cuando esta es procesada mejoran sus características (Bernard y Calhoun, 1997).

Debido a que el tamaño de partícula estimula la masticación y la capacidad de neutralizar la fermentación de los ácidos del rumen, la semilla de algodón es una FFNF que estimula y mejora la rumiación y el tiempo de retención en el rumen (Mooney and Allen, 1997); (Firkins, 1997).

La FDN de la semilla de algodón es equivalente a la del heno de alfalfa y es una excelente fuente de fibra efectiva, manteniendo el porcentaje de grasa en la leche. Estimulando el efecto de la masticación en la dieta debido al tamaño de partícula (Abel-Caines et al., 1997), además de que proporcionan una digestibilidad aparente de la fibra ácido detergente (FDA) y la fibra neutro detergente (FDN) que decrece cuando se compara con la semilla de algodón sola (Bernard et al., 2001).

La semilla de algodón es un alimento relativo en las dietas de las vacas en lactación pro ve un incremento en la producción de leche y al combinarla con soya provoca una reducción de la grasa en la leche (Meyer et al., 2001); el algodón es usado en la dieta como fuente de energía y proteína (Santos et al., 2003), y frecuente mente como fuente de proteína y fibra, manteniendo la función normal del rumen (Bernard et al., 2000). En la dieta si se utiliza de 40 a 50% directamente da como resultado un aumento de la grasa en la leche y aumento del porcentaje de proteína en la leche ya que es un alimento que proporciona de 10 al 15% de materia seca en la dieta de las vacas en lactación(Mena et al., 2001).

Abel-Caines et al, (1997), alimentaron durante varias semanas a las vacas con semilla de algodón, semilla de soya entera y cascarilla de soya y evaluaron la producción de leche, encontrando que a partir de la cuarta semana hubo una respuesta contundente de las vacas alimentadas con semilla de algodón. La producción de leche se incrementó a partir de la cuarta semana y no fue hasta las semanas 14 y 15 que volvió a disminuir la producción. La cantidad máxima de leche producida alcanzó los 37 kg (Figura 5).

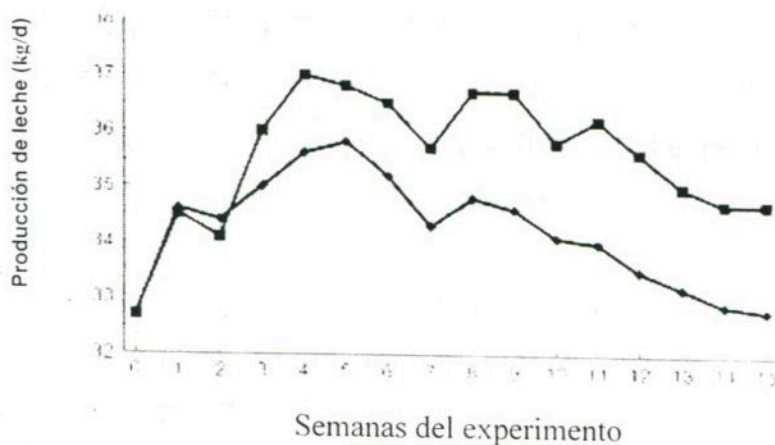


Figura 5: Producción de leche por semanas del experimento para las vacas alimentadas con semilla de algodón (■) o semilla de soya entera con cascarilla de soya (◆).

Abel-Caines et al. (1997)

La semilla de algodón y la cascarilla de soya pueden ser usadas para reemplazar al forraje manteniendo el balance entre el almidón y la fibra (Slater et al., 2000) y son sustitutos del forraje debido al tamaño de partícula y al tiempo de

retención. La semilla de algodón, los granos secos y el salvado de trigo pueden ser usados para suplementar el forraje debido a su alto valor de fibra y de proteína (Clark y Armentano, 1999).

Firkins et al., (2002) evaluaron el rendimiento de la producción de leche en vacas, utilizando dietas que contenían granos de cervecera secos y semilla de algodón, observaron que las dietas que contenían granos secos de destilería y semilla de algodón produjeron leche en la misma cantidad que las dietas control. Esta misma tendencia se observó en la cantidad de grasa en la leche, lo que podría indicar que las FFNF no afectan negativamente ni a la producción de leche ni a su composición química

### CASCARILLA DE SOYA

La cascarilla de soya es un subproducto de la soya procesada e industrializada, que tiene un alto valor para las dietas de ganado de leche y carne, porque contiene una gran cantidad de fibra potencialmente digestible. Consecuentemente puede ser incluida en la dieta de alto forraje, incrementando el contenido de energía sin disminuir la digestibilidad de la fibra del forraje (Trater et al., 2001).

La cascarilla de soya tiene una proporción baja en lignina y una gran proporción de fibra potencialmente digerible, demostrando que, debido al tamaño de particular pequeño y a la gravedad específica alta o específica lo que da como resultado el paso rápido en el rumen, puede ser un ingrediente primario para el ganado (Loest et al., 2001b).

El reemplazo de la FDN de las FFNF con FDN de la cascarilla de soya es adecuado para la función en el rumen y para la producción de leche cuando la dieta tiene un 31% de FDN (Wang et al., 2001). La FDN del forraje reemplazado con la FDN de la cascarilla de soya proporciona el 60% del forraje adecuado para estimular la función en el rumen y la producción de leche. La cascarilla de soya puede reemplazar el 59% del forraje total en la dieta, donde la FDN se incrementa de 28% al 34% de la materia seca (Harminson et al., 1997).

La cascarilla de soya, debido a su T de P pequeño tiene un tiempo de retención corto en el rumen (Trater et al., 2001), e incrementa la FDN total de la

materia seca pero disminuye la masticación y el pH (Pereira y Armentano, 2000) por otra parte, su efecto ayuda en la composición de los ácidos grasos de la leche y en la fermentación en el rumen (Abel-Caines et al., 1997). La cascarilla de soya es efectiva para reducir la FDN del forraje del 21% al 16% de la materia seca y también de un 43% a un 34% de materia seca total (Slater et al., 2000).

El uso del bicarbonato de sodio en la dieta combinado con soya y con cascarilla de soya puede reemplazar a la semilla de algodón para la producción de la grasa en la leche, la cascarilla de soya tiene aproximadamente el 70% de FDN (Abel-Caines et al., 1997). El bicarbonato es útil en la dieta para incrementar el pH en el rumen y la FDN en el tracto digestivo (Pereira y Armentano, 2000).

### GRANOS SECO DE DESTILERÍA

Los granos de destilería secos (GSD) son una fuente de proteína, de energía y de digestibilidad de FDN, además de estimular la masticación (Yunker et al., 1998).

Los granos de destilería como el sorgo y el maíz son componentes comunes en la dieta para el crecimiento del ganado y reemplazan de un 40% al maíz rolado lo que incrementa la ADG (Al-Suwaiegh et al., 2002a). Los GDS son fuente de proteína económica para la síntesis de proteína microbiana para vacas en lactación (Powers et al., 1995). Los GDS son fuentes de proteína y energía que tienen un valor relativamente alto en grasa y fibra digerible (Schingoethe et al., 1999).

Los subproductos como los GDS y el salvado de trigo son una alternativa para las vacas en lactación porque son una fuente de energía para los microorganismos del rumen (Zhu et al., 1997b), su inclusión en la dieta no afecta ni la cantidad total de AGV ni la del ácido acético (Cuadro 5).

Murphy y Zhu, (1997) reemplazaron la FDN del forraje con FDN de subproductos como el salvado de trigo, y el salvado de gluten de maíz, evaluando como respuesta la producción y la composición de la leche ( Cuadro 6). Estos investigadores reportan que el grupo alimentado con los GDS arrojó la producción más elevada y con mayor contenido de grasa.

Los GDS, la semilla de algodón y los productos de trigo pueden ser usados para suplementar al forraje debido a su alto valor de fibra y reemplazar las fuentes de proteína (Perry y Armentano, 1997).

Cuadro 5: Cantidad de AGV ruminal, pH, Amoniaco y la tasa de dilución del fluido ruminal de la ración en respuesta a la dieta

Parámetro	control	Salvado de trigo	Corn gluten feed	Granos de destilería secos y molidos	SEM
AGV totales mM	116.7	106.7	101.5	106.0	3.2
AGV mol/100mol					
Acetato	66.0	65.6	66.3	64.6	1.3
Propionato	22.1	22.1	22.2	22.6	1.1
Butírico	8.9	8.8	8.7	10.0	0.6
Isobutírico	0.9	1.0	0.8	0.9	0.04
Isovalerico	1.1	1.1	1.1	1.0	0.1
Valerico	1.1	1.1	1.1	1.0	0.1
A.P	3.2	3.1	3.2	2.9	0.2
PH2	6.1 <sup>a</sup>	5.9 <sup>b</sup>	6.1 <sup>a</sup>	6.0 <sup>b</sup>	0.05
Amoniaco mg/dl	16.8	16.1	10.9	11.8	1.6
Dilución fraccional %/h	9.6	11.0	9.7	12.9	0.9

La medida es la misma en la fila cuando la suscripción es comúnmente diferente a ( $P < 0.05$ ). En las dietas experimentadas sustituyeron la FDN del forraje (maíz y harina de soya) para el control de la dieta con la FDN de los subproductos (salvado de trigo, corn gluten feed o por granos de destilería secos y molidos). (Zhu et al., 1997b)

Al-Suwaiegh et al., (2002b) evaluaron el efecto a corto plazo de la adición de granos de destilería de maíz y sorgo (secos y húmedos) sobre la digestión de la FDN y el rendimiento productivo en el ganado bovino productor de leche. Los niveles de inclusión de los granos de destilería fueron del 30% de la MS. Los resultados arrojaron datos que permiten concluir que no hubo un efecto de la fuente y forma del grano de destilería sobre el consumo de MS, pH ruminal y el patrón de AGV.

Cuadro 6: Consumo de materia seca, producción de leche y composición de la leche en respuesta a la inclusión de FFNF en la dieta. Schroeder, (2003)

Parámetro	Control	Salvado de trigo	Corn gluten feed	GDS	SEM
CMS kg/d	20.7	19.0	20.3	20.3	1.4
Leche kg/d	24.3	24.1	22.5	24.8	1.4
FCM 4% kg/d	21.6	20.6	20.4	20.6	1.4
% grasa en la leche	3.2	3.0	3.2	3.0	0.1
Kg/d	.08	0.7	0.7	0.7	0.1
Proteína en la leche %	3.9	3.6	3.7	3.7	0.1
kg/d	1.0	0.9	0.9	0.9	0.1

## GLUTEN DE MAÍZ (WCGF)

El gluten de maíz por sus siglas en ingles (WCGF), es una fuente no forrajera disponible para la mezcla con maíz fermentado, debido a que contiene de un 35 a un 45% FDN y tiene solo 2 a 3% de lignina por lo que es una fuente de fibra muy digerible (Boddugari et al., 2001).

El gluten de maíz húmedo es relativamente alto en fibra, mediano en energía y mediano en proteína, cruda por lo que es un excelente alimento para el ganado lechero (Schroeder, 2003), además de ser un alimento bajo en almidón y alto en FDN (VanBaale et al., 2001), mejorando el CMS y reduce la acidosis, el porcentaje de la proteína en la leche (VanBaale et al., 2001).

Schroeder,( 2003) evaluó la predicción de la producción de leche de las vacas alimentadas con gluten de maíz húmedo, determinando que el nivel óptimo de CMS para la cáscara de salvado de gluten de maíz fue de 18.6 kg (Figura 6). Algunas características de las raciones se experimentan en la (Cuadro 7) y en la (Cuadro 8), se observa que las dietas con el salvado de gluten produjeron mas leche y mas grasa que la dieta control.

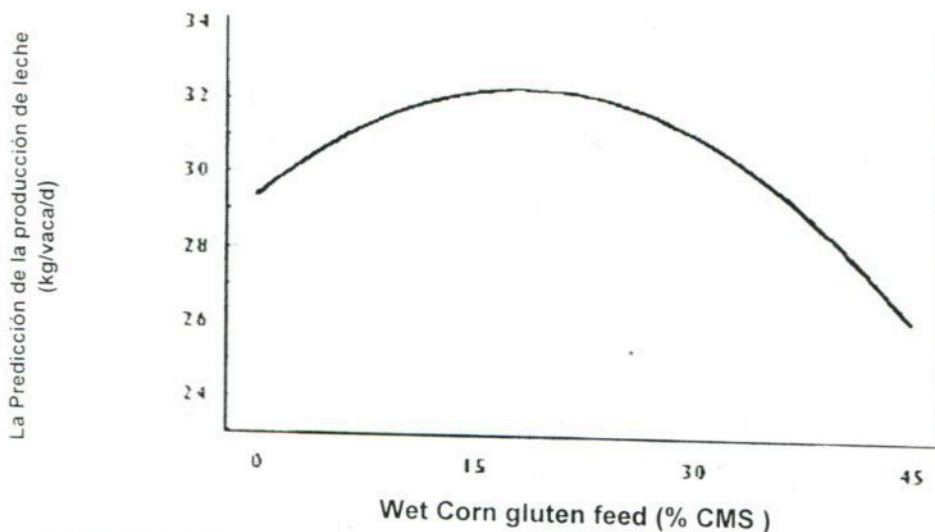


Figura 6: Preedición de la producción de leche de vacas Holstein multiparas alimentadas con un aumento de los niveles de valores de salvado de gluten de maíz expresado en kilogramos. El nivel óptimo del gluten de maíz (WCGF) fue calculado a un 18.6% del CMS. Schroeder.( 2003)

Cuadro 7: Característica del contenido ruminal, tasa de pasaje de FDN del salvado húmedo de gluten de maíz.

Parámetros	Dieta				SE
	LF	HF	WCGF	WCGFH	
Contenidos en el rumen					
Peso húmedo/kg	182.9	187.9	170.1	184.4	8.9
% MS	18.5	19.5	20.0	20.5	
Peso MS	33.8	86.7	34.0	37.8	1.8
% FDN de MS	60.0	65.0	67.5	65.0	0.3
FDN kg	20.3	24.7	22.4	24.3	0.8
Tasa de pasaje %/h	5.20	4.20	6.40	4.20	0.60

LF = fibra baja. HF = fibra alta. WCGF = Salvado de gluten de maíz húmedo. WCGFH = WCGF + heno  
Schroeder.( 2003)

Cuadro 8 : Rendimiento productivo de leche de las vacas que influidas por las dietas experimentada

Parámetros	Dieta				SE
	LF	HF	WCGF	WCGFH	
Leche kg/d	31.2	29.4	32.7	33.7	1.9
Grasa %	2.90	3.25	3.15	3.14	0.11
Kg/d	0.90	0.97	0.98	1.06	0.08
Proteína %	2.97	2.85	2.95	3.00	0.06
Kg/d	0.91	0.84	0.90	1.01	0.06
Lactosa %	4.87	4.86	4.89	4.88	0.07
Kg/d	1.52	1.43	1.60	1.65	0.10
4 % FCM kg/d	25.0	26.2	27.9	29.4	1.9
4 % FCM/DMI kg/kg	1.07	1.17	1.11	1.13	0.06
PV Kg.	584	573	570	584	6

LF = Fibra baja. HF = Fibra alta. WCGF = Gluten de maíz húmedo. WCGFH Gluten de maíz húmedo mas heno  
Schroeder.( 2003)

## SALVADO DE TRIGO

La administración de proteína degradable en la dieta de ganado bovino productor de carne que consume forrajes de baja calidad mejora el consumo y digestibilidad de la dieta, según (Farmer et al., 2001b). Estos investigadores evaluaron el efecto de la administración de salvado de trigo (49%, 32% y 16% de la dieta) sobre la utilización del forraje y el rendimiento productivo en ganado de carne. Dentro del contexto de las cantidades administradas de proteínas en este experimento, los cambios en la combinación de la proteína suplementada con los subproductos de trigo no afectó el rendimiento o el consumo de las vacas, así como tampoco afectó la digestibilidad de la materia seca de los forrajes de baja calidad.

Farmer et al, (2001a) estudiaron el efecto del salvado de trigo sobre la utilización del forraje y el rendimiento productivo, observando que el salvado de trigo no afectó el rendimiento y la digestibilidad de la MS.

Zhu et al, (1997a) evaluaron el efecto de la sustitución de la FDN del forraje con FDN de subproductos (alimento de gluten de maíz 33, granos secos 17% de destilería y salvado de trigo 22%, en todos los casos en MS) sobre la digestión ruminal de nutrientes, síntesis microbiana y producción y calidad de la leche. En todas las dietas con un contenido de 35% de FDN de los forrajes y que además tuvieron un 31% de NDF de las fuentes de FNF, proporcionaron la fibra efectiva para mantener las funciones del rumen. Las concentraciones totales y los porcentajes molares de AGV no fueron afectadas por la dieta. La tasa de acetato o propionato fueron similares entre las dietas. Además la tasa de A:P fue similar entre los tratamientos y el pH del fluido ruminal fue más bajo con las dietas con FFNF.

## **COMBINACIÓN DE FUENTES DE FIBRA NO FORRAJERA**

### **GANADO PRODUCTOR DE LECHE**

Clark y Armentano, (1997d) evaluaron el efecto de reemplazar FDN de la alfalfa con FDN de una combinación de semilla de algodón entera con borra, salvadillo de trigo y granos de destilería secos, sobre el rendimiento y calidad de leche. El rendimiento lácteo y la proteína en la leche fueron más altos mientras que el porcentaje de grasa y el rendimiento de grasa más bajos para las vacas alimentadas con dietas bajas en forrajes que con dietas control con alfalfa. Entre las dietas bajas en forraje, el consumo de materia seca, el porcentaje de grasa en la leche y el rendimiento de grasa se incrementaron linealmente cuando se incremento el contenido de FDN. La relación acetato - propionato fue mayor para las dietas control con alfalfa que para las dietas con concentraciones elevadas de FFNF. De acuerdo con resultados similares previos, el rendimiento de proteína en la leche y su porcentaje se incrementaron cuando la alfalfa fue reemplazada con fibra de fuentes no forrajeras (Cuadros 9 y 10).



CUADRO 9: Producción y Composición de leche, consumo de materia seca y actividad en la masticación.

Producción Variable	DIETA				SE
	Control	LNF	HNF	HFA	
Leche, kg/d	33.7	34.1	33.0	30.4	0.5
4% FCM, kg/d	27.4	28.4	29.0	28.4	0.1
Proteína kg/d	1.09	1.10	1.09	.093	0.02
Grasa kg/d	0.93	0.99	1.05	1.08	0.04
% proteína	3.24	3.21	3.28	3.09	0.02
% grasa	2.75	2.93	3.21	3.55	0.09
CMSKg.	20.8	22.4	23.4	21.5	0.7

LNF= baja en FFNF, HNF=alta enFFNF, HFA=alta en alfalfa. Clark y Armentano, (1997d)

Cuadro 10: Ácidos Grasos volátiles en rumen.

AGV	Dieta			Efecto			HFAvsHNF <i>p</i>
	Control	LNF	HNF	HFA	SE	TRT	
			(mol/100mol)				
Acetato	57.5	55.5	54.7	62.2	1.4	**	**
Propionato	27.4	29.6	29.6	21.5	1.5	**	**
Butirico	10.5	10.5	11.5	11.3	0.35	NS	NS
Isobutirico	0.9	1.1	0.8	1.0	0.13	NS	.
Valerico	1.5	1.5	1.5	1.5	0.14	NS	NS
Isovalerico	1.9	1.8	1.7	2.0	0.14	NS	NS
A:P	2.2	1.9	1.9	3.0	0.15	**	**

LNF= baja en FFNF, HNF=alta enFFNF, HFA=alta en alfalfa. Clark y Armentano, (1997d)

Las cabras tienen una tasa de pasaje más alta de las partículas que las vacas y las ovejas, por lo tanto, los subproductos fibrosos no pueden ser retenidos en el rumen el tiempo suficiente para alcanzar su potencial digestible. Moore et al., (2002) llevaron a cabo una investigación para evaluar la inclusión de subproductos alimenticios (salvado de trigo, cascarilla de soya y alimento de salvado de maíz) en la producción de carne de cabra. Ellos estudiaron el efecto en la digestibilidad, el medio ambiente ruminal y las características de la canal, encontrando que el pH ruminal fue más bajo para las cabras alimentadas con los subproductos no forrajeros. Sin embargo, el pH permaneció siempre arriba de 6 (salvado, 6.23, cascarilla de soya 6.41 y alimento de salvado de maíz 6.35). Además, la ganancia de peso vivo no fue diferente entre tratamientos. Tampoco hubo diferencias en el total de AGV, pero sí se encontraron en las proporciones relativas de acetato y propionato con las dietas de heno y cascarilla de soya. Los animales consumieron estos ingredientes en alrededor del 1% de su peso vivo; Se requieren más

estudios porque las ganancias fueron diferentes a las encontradas en otras especies (cuadros 11, 12 y 13).

Cuadro 11: Medida del peso y vestidura de las cabras productoras de carne alimentadas con heno, harina de soya o heno, cascarilla de soya, corn gluten feed o salvado de trigo

parámetros	Heno con harina	Gluten Cascarilla De soya	Maiz con Soya mezcla	Mezcla Media	SEM	Valor del Peso
Peso final Kg.	31.3	33.3	31.7	31.9	0.75	0.45
GDP (72d) g/d	33	49	51	38	10	0.56
Peso del Animal	14.5	16.0	15.3	15.6	0.34	0.05
% vestidura	46.4	48.3	48.3	48.8	0.70	0.12
Grado del Animal	5.7	5.3	5.5	5.2	0.37	0.80

Mooreetal..(2002)

Cuadro 12: digestibilidad y consumo de los subproductos en las dietas de las cabras productoras de carne

Parámetros	Heno con Harina de soya	Maiz con Cascarilla De soya	Mezcla de Salvado de Gluten de maiz	Mezcla de Salvado de Trigo	EE	P
CMS g/d	905	950	896	914	57	0.92
Suplementacion CMS g/d	58	267	263	267	3.5	<0.01
Heno CMS G/d	847	683	683	647	56	0.05
%CMS PV	3.2	3.2	3.2	3.2	0.19	0.99

Mooreetal..(2002)

Cuadro 13: Valores de suero y flujo ruminal obtenido mediante la ruminocentesis de cabras productoras de carne alimentadas con FFNF.

parámetros	Heno Harina de Soya	Maiz con Cascarilla De soya Mezcla	Gluten Feed mezcla	Salvado de trigo mezcla	SEM	Valor del peso
Urea suero N mg/100ml	21.55	19.25	22.63	20.37	0.99	0.11
PH del Fluido Ruminal	6.52	6.41	6.35	6.23	0.05	<0.01
Total de AGV mM	79.31	89.94	85.08	89.57	6.13	0.50
Acetato md/100 mol	67.60	69.06	61.69	63.28	0.70	<0.01
Propionato mol/100 mol	22.17	21.40	26.05	26.72	0.66	<0.01
A.P Isobutirico mol/100 mol	3.66	3.26	2.38	2.38	0.11	<0.01
	1.06	0.65	0.97	0.064	0.08	<0.01
Butirico mol/100 mol	6.64	7.11	7.66	7.05	0.24	0.06
Isovalerico	1.44	0.80	1.41	0.81	0.10	<0.01
Valerico	1.09	0.97	2.21	1.50	0.06	<0.01

Moore et al., (2002)

## **Materiales y métodos**

### **DESCRIPCIÓN DEL LUGAR DEL PROYECTO**

#### **Instalaciones**

El presente trabajo se realizó en las instalaciones de la posta caprina de la UAAAN-UL, ubicada en Periférico y carretera a Santa Fé, Torreón, Coahuila, México que se localiza en la parte oeste del sur del Estado de Coahuila, en las coordenadas 103° 26' 33" longitud oeste y 25° 32' 40" latitud norte, a una altura de 1,120 metros sobre el nivel del mar. Las instalaciones cuentan con comederos de concreto tipo canaleta, el piso de los corrales consta de un 50% de concreto y el otro 50% de tierra, además tienen sombras de lámina que abarcan la parte de concreto del corral y los comederos. El experimento inicio en mayo y termino en julio de 2004.

#### **Procedimiento experimental**

##### Análisis de alimento

Antes del inicio de los experimentos todos los ingredientes así como las raciones utilizadas en los diferentes tratamientos fueron analizados químicamente. Las muestras fueron molidas en un molino de Willey (criba de 2 mm; Arthur H. Thomas, Filadelfia). El análisis de FDN de los alimentos fue de acuerdo al método de Van Soest (Van Soest et al., 1991). Para todas las muestras se agregó sulfito de sodio (0.5 g por muestra) y 1205 U de  $\alpha$ -amilasa (A\_3306; Sigma Chemical Co. St. Louis, MO) durante la ebullición y otra vez antes de la filtración. Se utilizaron cuatro lavadas de acetona para extraer la grasa antes del procedimiento de FDN para las muestras seleccionadas. La PC fue determinada por el método de Kjeldahl (Nx6.25) (Depies and Armentano, 1995; Soita et al., 2000).

##### Cabras y dietas

Se utilizaron cuatro tratamientos con 16 cabras en producción láctea (con un peso promedio de 55 kg de peso vivo) y con aproximadamente 37 días en leche. Los animales fueron asignados al azar dentro de una de las cuatro dietas replicadas en un modelo de cuadrado latino 4 x 4 en periodos de 16 días. Los animales fueron estadísticamente bloqueados por el número de días en leche y

por la cantidad de leche producida por día. Cada uno de los animales permaneció en corraletas individuales. La dieta se administró por un período de 13 días de adaptación seguido de un período de evaluación de tres días. Las cabras fueron alimentadas dos veces por día, 08:00 y a las 17:00 h, sirviéndoseles en cada periodo, el 50% de la ración diaria.

La descripción de la ración y su composición química se presentan en los Cuadros 14 y 15, respectivamente. La dieta control estuvo constituida con un contenido bajo de forraje y fibra que contenía un 8.93% de la FDN del heno de alfalfa y 6.5% de FDN del ensilaje de maíz, para un total de 15.42%. La dieta alta en fibra y forraje (DAA) contuvo el 6.42% y el 18.33% de FDN del ensilaje de maíz y de alfalfa, respectivamente, para un total de 24.75% en relación a la MS. Las otras dos dietas tuvieron, la primera un contenido bajo en fibra no forrajera (BFNF) y la segunda, un contenido alto en fibra no forrajera (AFNF). Esas dietas, además de la dieta control, tuvieron adicionalmente el 9.32 o el 18% de MS como FDN a partir de una combinación de semilla de algodón, grano seco de destilería y salvado de trigo.

Cuadro 14.- Composición de ingredientes de las dietas.

Ingrediente	Dietas <sup>1</sup>			
	DC	BFNF	AFNF	DAA
Heno de alfalfa	0.57	0.57	0.57	1.53
Ensilaje de maíz	0.32	0.32	0.32	0.36
Grano de maíz	1.47	1.2	0.92	0.84
Semilla de algodón	0	0.13	0.27	0
Cascarilla de soya	0	0.17	0.32	0
Salvado de trigo	0	0.21	0.42	0
Harina de soya	0.42	0.23	0.25	0.14
Soya tostada	0.13	0.17	.08	0.32
Carbonato de calcio	0.04	0.04	0.04	0
Total	2.950	3.04	3.19	3.19

<sup>1</sup> DC= Dieta control baja en forraje y fibra; BFNF = Dieta control más fibra no forrajera baja; AFNF = dieta control más fibra no forrajera alta; DAA = dieta alta en alfalfa y fibra

Cuadro 15- Composición química de las dietas

Componente	Control	BFNF	AFNF	DAA
% MS	73.58	74.32	74.69	73.83
(% de la MS)				
PC	17.68	16.78	16.43	17.89
FDN total	23.19	30.31	37.00	33.50
De la alfalfa	8.89	8.63	8.43	22.06
Del ensilaje	6.51	6.32	6.17	6.77
De las FFNF	0	9.44	18.19	0
ENI (Mcal/kg MS)	1.83	1.83	1.72	1.69
CNE	51.28	44.3	37.98	40.19

<sup>1</sup> BFNF = Dieta control más fibra no forrajera baja; AFNF = dieta control más fibra no forrajera alta; DAA = dieta alta en alfalfa. Muestreo del contenido ruminal

### Determinación del pH del rumen

De cada una de las 16 cabras se colectó una muestra de 50 ml de fluido ruminal a través de la aspiración del mismo con una sonda estomacal (Bava et al., 2001), posteriormente se filtró con 2 capas de manta. El fluido ruminal se almacenó en tubos cónicos graduados con tapón (Blue Max 2073) de la marca Falcon. De estas muestras se le extrajeron 10 ml para determinar el pH, el que se cuantificó utilizando un potenciómetro check mite (pH-15) de la marca Corning (no. catálogo 475661) (Garrett et al., 1999). (Dehority and Tirabasso, 1998; Weimer et al., 1999). La determinación del pH se realizó a la hora -1 del inicio de la alimentación diaria y a las 3, 7, 11, 15, 19 h post ingesta. Los muestreos con la sonda para determinar este parámetro se realizaron al tercer día de cada período de evaluación.

### Conversión alimenticia (CA)

#### Consumo de alimento

Se pesó diariamente el alimento ofrecido a cada animal se le determinó el porcentaje de MS. El alimento rechazado se recolectó diariamente a las 7:30 h y fue pesado, almacenado y analizado químicamente cada tercer día para determinar el porcentaje de MS. La MS fue determinada por desecado a 60<sup>a</sup> C por un período de 48 horas (Depies y Armentano, 1995; Soita et al., 2000; Wang et al., 2001; Whitford et al., 2001). El cálculo de consumo de MS (kg) se determinó por diferencia entre lo ofrecido y lo rechazado (Mishra and Rai, 1996).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Este experimento se llevó a cabo para determinar el efecto del reemplazo de la FDN de la alfalfa con FDN de las FFNF sobre el consumo de materia seca (CMS) y el pH del fluido ruminal, en cabras con aproximadamente 37 días en lactancia. En el Cuadro 16 se presentan los resultados obtenidos en la evaluación de CMS y el pH.

Se aprecia que no hubo diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) entre los tratamientos, aunque numéricamente la dieta AFNF fue la más alta y la de menor consumo fue la DAFA. Zhu et al., (1997b) y Depies y Armentano, (1995) utilizaron dietas con FFNF y tampoco encontraron diferencias en el consumo de materia seca entre los tratamientos y la dieta control. Por otra parte, Clark y Armentano (1997c) reportan diferencias entre tratamientos con y sin FFNF, pero al igual que en este trabajo la cantidad máxima de CMS fue para el grupo AFNF en relación al grupo que recibió la DAFA. Estos autores explican que el incremento de CMS en las raciones con FFNF se atribuye al tamaño de partícula y a la gravedad específica, para (Abel-Caines et al. (1997) la única excepción es que la semilla de algodón cuyo tamaño de partícula puede provocar una respuesta de masticación más alta que las otras fuentes de FFNF. Por su parte, (Allen and Grant, 2000a) si encontraron diferencias entre los tratamientos que recibieron sólo alfalfa y los que incluyeron salvado de gluten de maíz, siendo éste el que provocó un mayor consumo.

Cuadro 16.- Medias de mínimos cuadrados para consumo de materia seca (kg) y pH en cabras (n=16) alimentadas con cuatro dietas diferentes.

Variable	Dieta <sup>1</sup>				EEM <sup>2</sup>	Valor P
	DC	BFNF	AFNF	DAFA		
Consumo MS	2.25 <sup>a</sup>	2.23 <sup>a</sup>	2.26 <sup>a</sup>	2.20 <sup>a</sup>	0.52	0.01
PH	6.17 <sup>c</sup>	6.12 <sup>d</sup>	6.22 <sup>b</sup>	6.28 <sup>a</sup>	0.08	0.01

<sup>1</sup> DC= Dieta control. DBFNF= Dieta baja en fibra no forrajera. DAFNF= Dieta alta en fibra no forrajera. DAA= Dieta alta en alfalfa

<sup>2</sup> Error estándar de la media

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

Se observan diferencias ( $P < 0.05$ ) entre tratamientos para los datos del pH del fluido ruminal. La DC arrojó el dato menor (6.12), en tanto que al incrementar la FFNF en la ración se observó un incremento lineal del pH del fluido ruminal. Al comparar la inclusión de las FFNF contra la DAFA, se observa que esta última obtuvo un pH superior a lo encontrado con la inclusión de los subproductos. Moore et al. (2002) evaluaron la inclusión por separado de varias FFNF y en ese experimento el pH más alto reportado fue para la dieta control que estuvo constituida por heno de alfalfa con harina de soya. Allen and Grant, (2000) reportan resultados similares a los de este estudio, ya que el tratamiento con más alfalfa arrojó el dato mas alto, seguido por los tratamientos que incluyeron FFNF mezclados con heno. Ellos sugieren el uso del pH ruminal como una estimación exacta de las características físicas y químicas de las FFNF.

En las raciones para vacas, la inclusión de FFNF en combinación con heno de alfalfa ocasiona un incremento en la consistencia de la maraña fibrosa ruminal, lo que estimula aun más la masticación, esto a su vez mantiene el pH del rumen elevado, lo que permite una disminución de la tasa de escape ruminal de la cascarilla de soya (Weider y Grant, 1994). Los valores de reemplazo de la eficacia de la FDN de las FFNF varían con los cambios de longitud del forraje y el nivel y composición de la fibra. A medida que la longitud del forraje aumenta, se incrementa el tiempo de retención ruminal, así como la maraña fibrosa ruminal, dando como resultado la disminución de la tasa de pasaje de las FFNF con lo que se mejora su digestibilidad (Clark y Armentano, 1997b).

La sustitución de la FDN de la alfalfa con una mezcla de FDN de FFNF (semilla de algodón, cascarilla de soya y salvado de trigo) no afectó la cantidad de CMS, por lo que podría considerarse como una alternativa viable de reemplazo de forraje. Aunque se encontraron diferencias significativas en el pH del fluido ruminal de las cabras, la inclusión de las FFNF no disminuyó el pH por debajo de 6.0, considerado como dañino para la mayoría de las bacterias celulolíticas del rumen. Se concluye que el uso de estos subproductos son una alternativa de alimentación viable para los caprinos.



## Literatura citada

- Abel-Caines, S. F., R. J. Grant, y S. G. Haddad. 1997. Whole cottonseeds or a combination of soybeans and soybean hulls in the diets of lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 80: 1353-1357.
- Allen, D. M., y R. J. Grant. 2000a. Interactions between forage and wet corn gluten feed as sources of fiber in diets for lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 83: 322-331.
- Allen, D. M., y R. J. Grant. 2000b. Interactions between forage and wet corn gluten feed as sources of fiber in diets for lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 83: 322-331.
- Allen, M. S. 1997. Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. *J Dairy Sci* 80: 1447-1462.
- Al-Suwaiegh, S., K. C. Fanning, R. J. Grant, C. T. Milton, y T. J. Klopfenstein. 2002a. Utilization of distillers grain from the fermentation of sorghum or corn in diets for finishing beef y lactating dairy cattle. *J Anim Sci* 80: 1105-1111.
- Al-Suwaiegh, S., K. C. Fanning, R. J. Grant, C. T. Milton, y T. J. Klopfenstein. 2002b. Utilization of distillers grains from the fermentation of sorghum or corn in diets for finishing beef and lactating dairy cattle. *J Anim Sci* 80: 1105-1111.
- Ariza, P., A. Bach, M. D. Stern, y M. B. Hall. 2001. Effects of carbohydrates from citrus pulp and hominy feed on microbial fermentation in continuous culture. *J Dairy Sci* 79: 2713-2718.
- Armentano, L., y M. Pereira. 1997. 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. et al. 2001. Effects of a nonforage diet on milk production, energy, and nitrogen metabolism in dairy goats throughout lactation. *J Dairy Sci* 84: 2450-2459.
- Bernard, J. K., S. A. Martin, y T. C. Wedegaertner. 2001. In vitro mixed ruminal microorganism fermentation of whole cottonseed coated with gelatinized corn starch and urea. *J Dairy Sci* 84: 154-158.
- Bernard, L., y M. C. Calhoun. 1997. Response of lactating dairy cows to mechanically processed whole cottonseed. *J Dairy Sci* 80: 2062-2068.
- Bernard, L., J. P. Chaise, R. Baumont, y C. Poncet. 2000. The effect of physical form of orchardgrass hay on the passage of particulate matter through the rumen of sheep. *J. Anim. Sci.* 78: 1338-1354.

- Boddugari, K., R. J. Grant, R. A. Stock, y M. Lewis. 2001. Maximal replacement of forage and concentrate with a new wet corn milling product for lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 84: 873-884.
- 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.
- 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. Armentano. 1997b. Influence of particle size on the effectiveness of beet pulp fiber 1. *J Dairy Sci* 80: 898-904.
- Clark, P. W., y L. E. Armentano. 1997c. 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. 1997d. 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.
- Dehority, B. A., y P. A. Tirabasso. 1998. Effect of ruminal cellulolytic bacterial concentrations on in situ digestion of forage cellulose. *J Anim Sci* 76: 2905-2911.
- Depies, K. K., y L. E. Armentano. 1995. Partial replacement of alfalfa fiber with fiber from ground corn cobs or wheat middlings. *J Dairy Sci* 78: 1328-1335.
- Faichney, G. J. et al. 1997. Effect of concentrates in a hay diet on the contribution of anaerobic fungi, protozoa, and bacteria to nitrogen in rumen and duodenal digesta in sheep. *Anim Feed Sci Tech* 64: 193-213.
- Farmer, C. G., R. C. Cochran, D. D. Simms, J. S. Heldt, y C. P. Mathis. 2001a. Impact of different wheat milling by-products in supplements on the forage use and performance of beef cattle consuming low-quality tallgrass-prairie forage. *J Anim Sci* 79: 2472-2480.
- Farmer, C. G., R. C. Cochran, D. D. Simms, J. S. Heldt, y C. P. Mathis. 2001b. Impact of different wheat milling by-products in supplements on the forage use and performance of beef cattle consuming low-quality tallgrass-prairie forage. *J Anim Sci* 79: 2472-2480.
- Firkins, J. L. 1997. Effects of feeding nonforage fiber sources on site of fiber digestion. *J Dairy Sci* 80: 1426-1437.

- Firkins, J. L., D. I. Harvatine, J. T. Sylvester, y M. L. Eastridge. 2002. Lactation performance by dairy cows fed wet brewers grains or whole cottonseed to replace forage. *J Dairy Sci* 85: 2662-2668.
- Garrett, E. F. et al. 1999. Diagnostic methods for the detection of subacute ruminal acidosis in dairy cows. *J Dairy Sci* 82: 1170-1178.
- 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.
- Haddad, S. G., y R. J. Grant. 2000. Influence of nonfiber carbohydrate concentration on forage fiber digestion in vitro. *Anim Feed Sci Technol* 86: 107-115.
- Harminson, B., M. L. Eastridge, y J. L. Firkins. 1997. Effect of percentage of dietary forage neutral detergent fiber and source of starch on performance of lactating jersey cows. *J Dairy Sci* 80: 905-911.
- Ishler, V., y G. Varga. 2000. Carbohydrate nutrition for lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci* 80: 1622-1628.
- Kalmokoff, M. L., y R. M. Teather. 1997. Isolation and characterization of a bacteriocin (butyrivibriocin ar10) from the ruminal anaerobe butyrivibrio fibrosolvens ar10: Evidence in support of the widespread occurrence of bacteriocine-like activity among ruminal isolates of b. Fibrosolvens. *Appl Environ Microb* 63: 394-402.
- Krause, D. M., D. K. Combs, y K. A. Beauchemin. 2002a. Effects of forage particle size and grain fermentability in midlactation cows. II. Ruminal pH and chewing activity. *J Dairy Sci* 85: 1947-1957.
- Leiva, E., M. B. Hall, y H. H. Van Horn. 2000. Performance of dairy cattle fed citrus pulp of corn products as sources of neutral detergent-solubles carbohydrates. *J Dairy Sci* 83: 2866-2875.
- Loest, C. A., E. C. Fitgemeyer, B. D. Lambert, y A. M. Trater. 2001b. Branched-chain aminoacids for growing cattle limit-fed soybean hull-based diets. *J Anim Sci* 79: 2747-2753.
- Mena, H. et al. 2001. The effects of feeding varying amounts of gossypol from whole cottonseed and cottonseed meal in lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 84: 2231-2239.
- Mertens, D. R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J Dairy Sci* 80: 1463-1481.

- Meyer, M. J., J. E. Shirley, E. C. Titgemeyer, A. F. Park, y M. J. VanBaale. 2001. Effect of mechanical processing and fat removal on the nutritive value of cottonseed for lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 84: 154-158.
- Mishra, S., y S. N. Rai. 1996. Effects of different rdp and udp ratios on voluntary intake, milk production and feed conversion efficiency in lactating dairy goats. *Small Rum Res* 20: 31-38.
- 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.
- Moore, J. A., M. H. Poore, y J.-M. Luginbuhl. 2002. By-product feeds for meat goats: Effects on digestibility, ruminal environment, and carcass characteristics. *J Anim Sci* 80: 1752-1758.
- Murphy, M. R., y J. S. Zhu. 1997. A comparasion of methods to analyze particle sizes as applied to alfalfa haylage, corn silage, and concentrate mix. *J.Dairy Sci.* 80: 2932-2938.
- Nichols, S. W., M. A. Froetschel, H. E. Amos, y L. O. Ely. 1998. Effects of fiber from tropical corn and forage sorghum silages on intake, digestion, and performance of lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 81: 2383-2393.
- Oba, M., y M. S. Allen. 2000a. Effects of brown midrib 3 mutation in corn silage on productivity of dairy cows fed two concentrations of dietary neutral detergent fiber: 2. Chewing activities. *J Dairy Sci* 83: 1342-1349.
- Oba, M., y M. S. Allen. 2000b. Effects of brown midrib 3 mutation in corn silage on productivity of dairy cows fed two concentrations of dietary neutral detergent fiber: 3. Digestibility and microbial efficiency. *J Dairy Sci* 83: 1350-1358.
- Oba, M., y M. S. Allen. 2000c. Effects of brown midrib 3 mutation in corn silage on productivity of dairy cows fed two concentrations of dietary neutral detergent fiber: 1. Feeding behavior and nutrient utilization. *J Dairy Sci* 83: 1333-1341.
- Pereira, M. N., y L. E. Armentano. 2000. Partial replacement of forage with nonforage fiber sources in lactating cow diets. li. Digestion and rumen function. *J Dairy Sci* 83: 2876-2887.
- Pereira, M. N., E. F. Garrett, y G. R. Oetzel. 1999. Partial replacement of forage with nonforage fiber sources in lactating cow diets. L. Performance and health. *J. Dairy Sci.* 82: 2716-2730.

- Perry, W. C., y L. Armentano. 1997. Replacement of alfalfa neutral detergent fiber with a combination of nonforage fiber source. *J Dairy Sci* 80: 675-680.
- 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.
- Powers, W. J., H. H. Van Horn, J. B. Harris, y C. J. Wilcox. 1995. Effects of variable sources of distillers dried grains plus solubles on milk yield and composition. *J Dairy Sci* 78: 388-396.
- Robinson, P. H., y R. E. McQueen. 1997. Influence of level of concentrate allocation and fermentability of forage fiber on chewing behavior and production of dairy cows. *J Dairy Sci* 80: 681-691.
- Santos, J. E. P., M. Villasenor, P. H. Robinson, E. J. DePeters, y C. A. Holmberg. 2003. Type of cottonseed and level of gossypol in diets of lactating dairy cows: Plasma gossypol, health, and reproductive performance. *J Dairy Sci.* 86: 892-905.
- Schingoethe, D. J., M. J. Brouk, y C. P. Birkelo. 1999. Milk production and composition from cows fed wet corn distillers grains. *J Dairy Sci* 82: 574-580.
- Schroeder, J. W. 2003. Optimizing the level of wet corn gluten feed in the diet of lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 86: 844-851.
- 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.
- Shain, D. H., R. A. Stock, T. J. Klopfenstein, y D. W. Herold. 1999. The effect of forage source and particle size on finishing yearling steer performance and ruminal metabolism. *J. Anim. Sci.* 77: 1082-1092.
- Slater, A. L., M. L. Eastridge, J. L. Firkins, y L. J. Bidinger. 2000. Effects of starch sources and level of forage neutral detergent fiber on performance by dairy cows. *J Dairy Sci* 83: 313-321.
- Soita, H. W., D. A. Christensen, y J. J. McKinnon. 2000. 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.
- Trater, A. M., E. C. Titgemeyer, C. A. Löest, y B. D. Lambert. 2001. Effects of supplemental alfalfa hay on the digestion of soybean hull-based diets by cattle. *J Anim Sci* 79: 1346-1351.

- Van Soest, P. J., J. B. Robertson, y B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3597.
- VanBaale, M. J. et al. 2001. Evaluation of wet corn gluten feed in diets for lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 84: 2478-2485.
- 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.
- 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., G. C. Waghorn, C. L. Odt, y D. R. Mertens. 1999. Effect of diet on populations of tree species of ruminal cellulolytic bacteria in lactating dairy cows. *J. Anim. Sci* 82: 122-134.
- West, J. W., P. Mandevu, G. M. Hill, y R. N. Gates. 1998. Intake, milk yield, and digestion by dairy cows fed diets with increasing fiber content from bermudagrass hay or silage. *J Dairy Sci* 81: 1599-1607.
- White, S. L. et al. 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.
- Whitford, M. F., M. A. McPherson, R. J. Forster, y R. M. Teather. 2001. Identification of bacteriocin-like inhibitors from rumen streptococcus spp. And isolation and characterization of bovicin 255. *Appl Environ Microb* 67: 569-574.
- 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.
- Yunker, R. S., S. D. Winland, J. L. Firkins, y B. L. Hull. 1998. Effects of replacing forage fiber or nonfiber carbohydrates with dried brewers grains. *J Dairy Sci* 81: 2645-2656.
- Zhu, J. S., S. R. Stokes, y M. R. Murphy. 1997a. Substitution of neutral detergent fiber from forage with neutral detergent fiber from by-products. *J Dairy Sci* 80: 2901-2906.
- Zhu, J. S., S. R. Stokes, y M. R. Murphy. 1997b. 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.