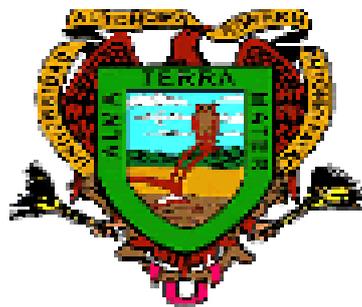


UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”  
UNIDAD LAGUNA

DIVISION REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



EFECTO DEL TAMAÑO DE PARTICULA DE LA ALFALFA CON FIBRA  
NO FORRAJERA SOBRE LA PRODUCCION DE LECHE DE CABRA

POR:

MARIA MAYAHUEL GONZALEZ AVALOS

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL  
TITULO DE:

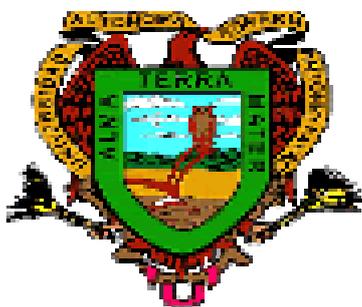
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

TORREON, COAHUILA, MÉXICO

AGOSTO 2007

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”  
UNIDAD LAGUNA

DIVISION REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



EFECTO DEL TAMAÑO DE PARTICULA DE LA ALFALFA CON FIBRA  
NO FORRAJERA SOBRE LA PRODUCCION DE LECHE DE CABRA

POR:

MARIA MAYAHUEL GONZALEZ AVALOS

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL  
TITULO DE:

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

TORREON, COAHUILA, MÉXICO

AGOSTO 2007

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA

DIVISION REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



EFECTO DEL TAMAÑO DE PARTICULA DE LA ALFALFA CON FIBRA  
NO FORRAJERA SOBRE LA PRODUCCION DE LECHE DE CABRA

POR:  
MARIA MAYAHUEL GONZALEZ AVALOS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL  
TITULO DE:

**MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

ASESOR PRINCIPAL:  
DR. PEDRO ANTONIO ROBLES TRILLO

TORREON, COAHUILA, MÉXICO

AGOSTO 2007

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”  
UNIDAD LAGUNA

DIVISION REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

TEMA

APROBADA POR:

---

DR. PEDRO ANTONIO ROBLES TRILLO  
Presidente del jurado

---

M.V.Z. JOSE FRANCISCO SANDOVAL ELIAS

TORREON, COAHUILA, MÉXICO

AGOSTO 2007



**EFFECTO DEL TAMAÑO DE PARTICULA DE LA ALFALFA CON FIBRA  
NO FORRAJERA SOBRE LA PRODUCCION DE LECHE DE CABRA**

**TRABAJO DE TESIS APROBADO BAJO LA EVALUACION DEL  
COMITÉ DE SINODALES Y APROBADA COMO REQUISITO  
PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:**

**MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

---

**Dr. PEDRO A. ROBLES TRILLO  
PRESIDENTE DEL JURADO**

---

**JOSE LUIS FRANCISCO SANDOVAL ELIAS  
VOCAL**

---

**M.V.Z. RODRIGO I. SIMON ALONSO  
VOCAL**

---

**M.V.Z. SILVESTRE MORENO AVALOS  
VOCAL SUPLENTE**

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar quiero agradecer a Dios por darme la vida y la oportunidad de poder estudiar una carrera, así como todas las bendiciones recibidas por el.

A toda mi familia, en especial mis padres y mis hermanas por su amor, comprensión, cariño y sobre todo ese espíritu de lucha que recibo de su parte cada día.

Al Dr. Pedro Antonio Robles Trillo por apoyarme en mi decisión de querer realizar una tesis y sobre todo por su ayuda y consejos recibidos durante mi proceso como estudiante y a la fecha.

A dos grandes amigos que inspiraron mi trayectoria en la carrera:

M.V.Z. Juan José Muñoz Varela

M.V.Z. Jorge L. Gonzalez Castañeda.

Al ultimo y no por eso menos importante, a un sin fin de amigos que me ayudan y me apoyan en todas mis decisiones.

## **DEDICATORIA**

A mis padres: Ing. Roberto Gonzalez Muñoz  
Lourdes Avalos Valdez.

Mis hermanas: Shagnite Gonzalez Avalos  
Cytlalik Gonzalez Avalos.

Mi sobrino: Roberto Alejandro Muñoz Gonzalez. Gracias bebe por llegar a  
iluminar  
Nuestras vidas.

A mi cuñado: Alejandro Muñoz Armas.

## INDICE

AGRADECIMIENTOS .....	vi
DEDICATORIA .....	vii
INDICE .....	viii
RESUMEN .....	ix
INTRODUCCION .....	1
REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
CARBOHIDRATOS .....	3
CARBOHIDRATOS NEUTRO DETERGENTES SOLUBLES (CDNS) .....	3
FIBRA .....	4
FIBRA NEUTRO DETERGENTE (FDN).....	6
EFFECTIVIDAD DE LA FIBRA.....	7
EVALUACIÓN DE LA EFFECTIVIDAD DE LA FIBRA.....	9
DIGESTION DE LA FIBRA.....	9
FIBRA Y LLENADO DEL RUMEN.....	11
INFLUENCIA DEL TAMAÑO DE PARTICULA SOBRE LA EFICACIA DE LA FIBRA.....	12
TAMAÑO DE PARTICULA DE LA ALFALFA .....	13
TAMAÑO DE PARTICULA DEL ENSILAJE DE MAIZ.....	14
FUENTES DE FIBRA NO FORRAJERA ( FFNF).....	15
SEMILLA DE ALGODÓN .....	17
CASCARILLA DE SOYA .....	20
GRANOS DE DESTILERÍA SECOS .....	21
SALVADO DE GLUTEN DE MAIZ (WCGF) .....	22
SALVADO DE TRIGO .....	24
COMBINACIÓN DE FUENTES DE FIBRA NO FORRAJERA .....	24
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	31
LITERATURA CITADA .....	33

## **RESUMEN**

Con el objeto de evaluar el efecto del tamaño de partícula de la alfalfa combinada con fuentes de fibra no forrajera sobre la producción de leche, se utilizaron 16 cabras alpinas con aproximadamente 120 días de lactancia y un peso promedio de 55 kg. Cada una de esas cabras se designó al azar a uno de los cuatro tratamientos. Cada uno de estos animales permaneció en corraletas individuales, en donde recibieron la dieta correspondiente a cada tratamiento, la cual se administró por un periodo de 13 días de adaptación seguido de un periodo de toma de muestra de producción de leche de 3 días. Durante la prueba se desarrollaron 4 periodos de 16 días cada uno de ellos, de tal forma que cada grupo de 4 cabras recibió cada uno de los tratamientos del tamaño de partícula de la alfalfa. A cada animal se le pesó diariamente el alimento ofrecido y también se determinó el porcentaje de MS. El tamaño de la alfalfa se determinó mediante el procesamiento de picado en un molino al cual se le adaptaron cuatro cribas con orificios de diámetro variable, siendo ellos los siguientes: T1 con criba de 3.5 cm de diámetro, T2 criba de 2.5 cm de diámetro, T3 con criba de 1.5 cm de diámetro y T4 con criba de 0.5 cm de diámetro. La producción láctea se determinó mediante el pesaje individual de manera consecutiva en los tres días correspondientes a la etapa de evaluación. Este procedimiento se repitió en cada uno de los periodos del experimento. La cantidad de leche producida se determinó usando un pesador de marca Westfalia, tomando la muestra por los tres días consecutivos destinados a este fin en cada período de los cuatro en que se dividió el experimento. Los datos fueron analizados utilizando un diseño experimental cuadrado latino 4 x 4 SAS. La producción mínima de leche fue de 1.615 y correspondió al tratamiento con tamaño de alfalfa mayor, en tanto que la mejor producción correspondió al tratamiento que tuvo el menor tamaño de partícula, con una producción de 1.786 L, lo que marcó la única diferencia significativa ( $P < 0.05$ ). En conclusión, bajo las condiciones de este trabajo, el tamaño de partícula de la alfalfa combinada con fuentes de fibra no forrajera no tuvo un efecto adverso sobre la producción de leche en cabras en lactación.

## **INTRODUCCION**

Los animales rumiantes requieren energía en concentraciones elevadas para satisfacer sus necesidades para lograr una producción láctea alta. Esa cantidad de energía puede satisfacerse mediante la fermentación rápida en el rumen, porque además de contener cantidades elevadas de carbohidratos no estructurales y tienen cantidades bajas de fibra detergente neutro, además algunas dietas tienen un tamaño de partícula muy pequeño (Beauchemin et al., 2006), lo cual podría provocar un cuadro de acidosis ruminal que disminuye la producción del ganado.

La FDN expresa el contenido de los carbohidratos localizados en la pared celular del vegetal y generalmente se refiere a la cantidad de celulosa, hemicelulosa y lignina. Esta fracción química se requiere para mantener en buen estado el rumen. (Bava, 2001). Sin embargo la FDN puede ser asociada, a demás de la característica química mencionada, a una característica física. La fibra detergente neutro físicamente mide las características físicas de la fibra considerando la longitud de partícula y el contenido de FND que promueven la masticación y el flujo de amortiguadores salivales hacia el rumen (Mertens 1997).

El termino de la peFND se usa en la formulación de raciones para proveer fibras de tamaño de partícula adecuada para reducir la acidosis ruminal. En el caso del ganado bovino productor de leche, se han realizado estudios para determinar el efecto de peFND sobre la actividad de masticación y el pH del rumen (Yang y Beauchemin 2007) mostraron que el riesgo de una acidosis ruminal es alto para vacas alimentadas con una ración de forraje concentrado baja, particularmente cuando se suministra el ensilaje de alfalfa con tamaño muy corto, así mismo, concluyen que al incrementar la proporción de forraje en la dieta ayuda a prevenir la acidosis ruminal, por medio del incremento del tiempo de masticación, por un cambio en el patrón de comida y por una disminución de la producción de ácidos grasos volátiles.

Por otra parte, en algunos regiones del mundo se han utilizado fuentes de fibra no forrajera( FFNF) para suministrar FND (Armentano y Pereira 1997; Allen y Grant 2000) estos subproductos se han utilizado como una alternativa viable para alimentar a bovinos productores de leche.

Existen pocos artículos que hayan estudiado el efecto de peNDF y las FFNF sobre la masticación, pH del rumen, y producción de leche en cabras. San Sampelayo et al. (1998) mencionan que las cabras son menos susceptibles que las vacas al tamaño de partícula del forraje, por lo que se plantea la hipótesis que la reducción del tamaño de partícula de la alfalfa en combinación con fuentes de fibrano forrajera no afectan la producción de leche de cabra.

El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto del tamaño de partícula del heno de alfalfa en combinación con fuentes de fibra no forrajera sobre la producción de leche de cabra.

## **REVISIÓN DE LITERATURA**

### **CARBOHIDRATOS**

Los carbohidratos se clasifican en dos grupos: no estructurales y estructurales. 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 mas digeribles que los otros (Ishler and Varga, 2000).

Son la mayor fuente de energía para los microorganismos del rumen y son los mayores componentes en la dieta que proporcionan del 60 a 70% manteniendo el soporte y la producción de leche, además influyen en la producción lactea como precursores para la lactosa, grasa y proteína (Ishler and Varga, 2000)

Además son los grandes componentes de la dieta de vacas en lactación porque constituyen a un 75% de la materia seca y son usados para expresa la fibra neutro detergente (FDN) (Haddad and Grant, 2000).

### **CARBOHIDRATOS NEUTRO DETERGENTES SOLUBLES (CDNS)**

Los carbohidratos neutro detergentes solubles cuyas siglas son (CDNS) son caracterizados como una fracción rápida en el rumen que sirve como una fuente de energía para el mantenimiento de la síntesis de proteína microbiana en el rumen (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, oligosacaridos, almidones, monosacáridos, fructuosa, pectina B- glucosa que son considerados carbohidratos estructurales y son solubles en soluciones detergentes (Ariza et al., 2001). Los polisacáridos y monosacáridos como los almidones y azúcares tienden a producir mas propionato (Leiva et al., 2000).

Estos 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 de 70% de almidón, 6 a 10% FDNS y o a 5% de azúcar mientras que la pulpa de la fruta que contiene 12 a 40% de azúcar, 25 a 44% de FDNS y 1% o menos de almidón como base de materia seca (Ariza et al., 2001).

## FIBRA

La fibra juega un papel importante en los rumiantes para mantener al máximo el consumo de la materia seca (CMS) y la estimulación en la actividad en 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 son recomendados por el consejo de investigación de los Estados Unidos (NRC), para las vacas en lactación, donde se recomienda por lo menos el 25% de FDN como base de materia seca y 75% FDN provenientes del forraje.

Allen (1997) realizaron una investigación donde se estableció la relación entre % de FDN en la dieta y pH ruminal ( figura 1), y a la vez estableció la relación entre el pH ruminal y el % de grasa en la leche (figura 2).

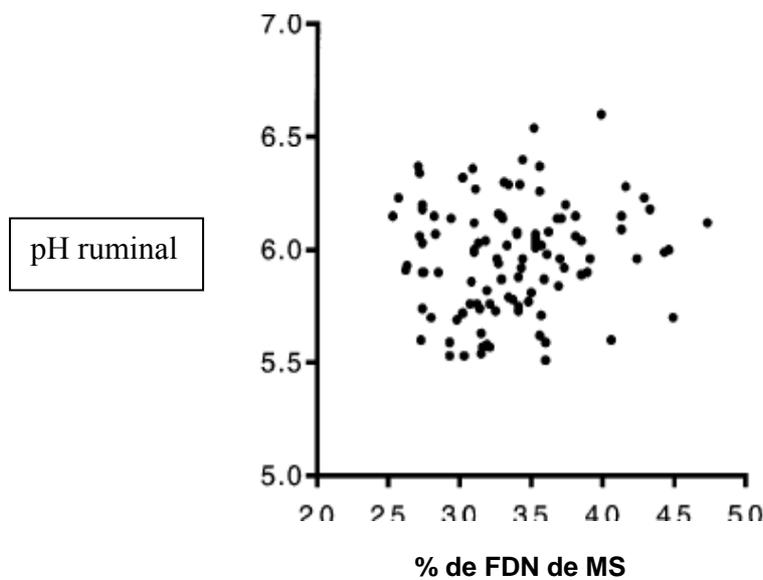


Figura 1: Relación entre el porcentaje de la FDN en la dieta y el pH ruminal. Los datos se obtuvieron del reporte hecho al medio día.

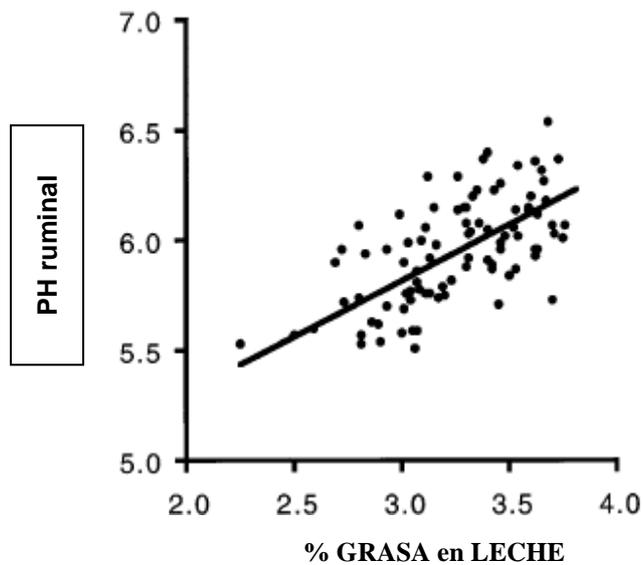


Figura 2: relación entre el porcentaje de grasa en la leche y el pH del rumen. Los datos obtenidos al medio día ( $p < 0.0001$ ).

La fibra del forraje contribuye a una cantidad sustancial de energía para las vacas productoras (Stensig and Robinson, 1997). La fibra que se requiere para mantener el funcionamiento adecuado y el porcentaje de grasa en la leche para llevar a cabo el balance óptimo entre los carbohidratos estructurales en las raciones del ganado lechero (Ishler and Varga, 2000).

La fibra debe ser de calidad y tamaño de partícula adecuada para provocar el máximo consumo de materia seca (CMS), la actividad en la masticación, la fermentación, pH en el rumen y grasa en la leche ayudando a mantener el tono del músculo del rumen (Grant, 1997). (Clark and Armentano, 1997) evaluaron el efecto de reemplazar la FDN del forraje con dietas que contenían fibra baja, fibra alta no forrajera y otra alta en alfalfa sobre el rendimiento y calidad de leche, rendimiento en proteína, grasa y lácteo. Las dietas bajas incrementaron el rendimiento de grasa y % de grasa más bajo (tabla 2)

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 están negativamente relacionado a la concentración de la fibra dietética, debido a la relación inversa entre fibra y energía neta de lactación (ENI) (Nichols et al., 1998).

TABLA 2: 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

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

### **FIBRA NEUTRO DETERGENTE (FDN)**

La FDN en la dieta de las vacas en lactación es necesaria para la entrada de la energía que es mas o menos de un 33% el cual es optimo para el consumo de materia seca (CMS) (Robinson and McQueen, 1997). La FDN es necesaria para definir los limites bajos del forraje en la ración (Mertens, 1997).

La formulación de dietas esta basada en el porcentaje de FDN de la ración de materia seca debido a la relación positiva entre la FDN, la salud del rumen y la relación negativa de la FDN en la densidad de energía (Varga et al., 1998).

La FDN puede medir las características físicas y químicas de la fibra como el tamaño de partícula y la gravedad que tiene 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 el alimento afectando la respuesta en la masticación y el porcentaje de grasa en la leche (Mooney and Allen, 1997). La FDN del forraje (FDNF) puede provocar una respuesta diferente en el funcionamiento del rumen en la vaca (Zhu et al., 1997).

## **EFFECTIVIDAD DE LA FIBRA**

El efecto físico de la FDN puede ser definida como la fracción en los alimentos que estimula la actividad en la masticación y se puede expresar como un producto de la concentración de FDN y el factor físico determinado en 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 and Grant, 2000).

La fibra es definida eficaz para la masticación proporcionando el paso al rumen, digestión, salivación y la producción del acetato en el rumen y el porcentaje de grasa en la leche (Clark and Armentano, 1997). La fibra estimula la masticación y el flujo de la salivación amortiguadora del rumen y la fermentación de los ácidos. Como el tamaño de partícula y esta relacionado con las propiedades físicas (Mooney and Allen, 1997).

El rumiante requiere una cantidad mínima de fibra dietética efectiva para un consumo óptimo de materia seca, estimulación de la salivación , producción de leche y 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 (Clark and Armentano, 1997; Soita et al., 2000). La eficacia de la fibra neutro detergente ( FDN) de la fibra es definido como la proporción de la fibra neutro detergente (FDN) que estimula la rumia y la respuesta mayor para determinar el pH en el rumen (Haddad and Grant, 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 ingles) debido a que la respuesta de la masticación por la vaca esta 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 el tiempo que se emplea para masticar un Kg. de forraje como un índice de la cantidad de la efectividad de FDN (eFDN) de un alimento. 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 (Firkins, 1997).

La eficacia física esta 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:propionico o por la concentración de grasa en la leche (Armentano and Pereira, 1997).

Las características físico químicas de una dieta pueden causar cambios en la composición de la leche producida, debido a alteraciones en los patrones de fermentación en el rumen. 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 o su equivalente como ensilaje cortado de pequeño a tosco u otros forrajes para proporcionar una fibra efectiva adecuada (Armentano and 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 del forraje sobre la efectividad de la fibra.

El Consejo Nacional de Ciencias de los Estados Unidos de Norte América (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, perfil del componente de la fibra, materia seca y 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 esta disponible (West et al., 1998; White et al., 2001).

## **EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE LA FIBRA**

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

La mayoría de los experimentos que han investigado la concentración de la fibra neutro detergente (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 pico de lactancia (Wang et al., 2001).

## **DIGESTION DE LA FIBRA**

La función normal del rumen depende de la calidad ( forma física) y la cantidad (concentrado dietético) 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 materia seca (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 and 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 resultar con un pH ruminal bajo, disminución de la eficacia microbiana o por la disminución de la grasa en la leche (Mooney and 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 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. La capacidad amortiguadora de la digesta ruminal esta determinada principalmente por el total de la masticación debido a que las vacas secretan más saliva durante la masticación (Oba and 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).

producción elevada de AGV (125 mmol/L).

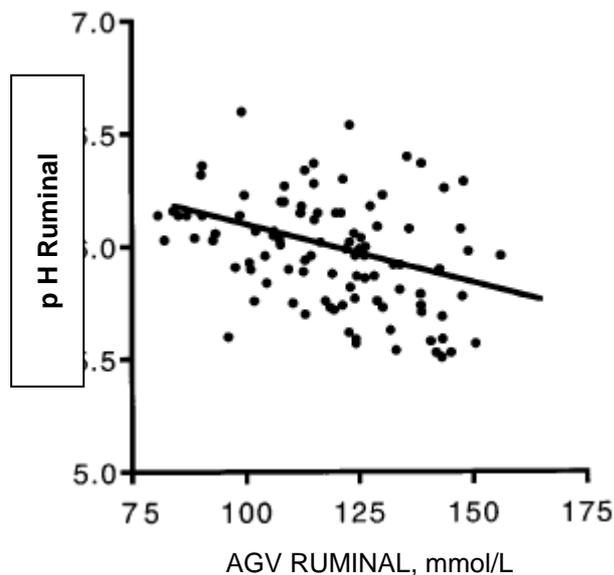


Figura 3: Relación entre la producción total de AGV (mmol/L) y el pH ruminal ( $P < 0.001$ )

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 varía entre estudios (Faichney et al., 1997). Firkins, (1997) evaluó la relación entre el % de digestibilidad de la FDN y el pH ruminal observando que la mejor digestibilidad esta en un pH superior a 6 (figura 1).

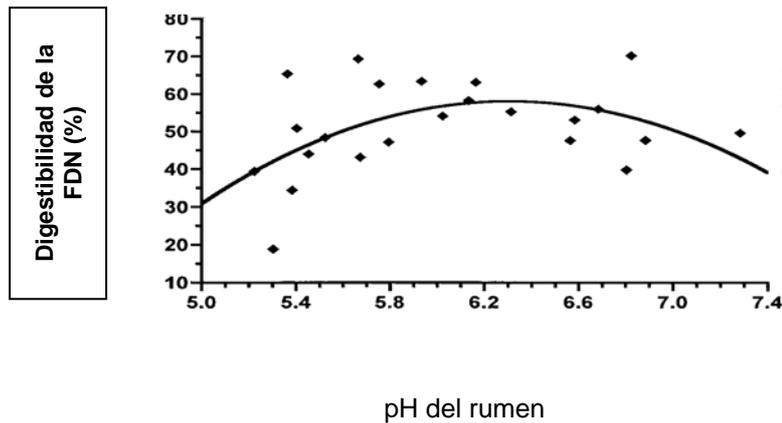


Figura 4: Efecto del pH sobre la digestibilidad de la FDN

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 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 mas lentamente y son retenidas por mas tiempo en tal órgano (Oba and Allen, 2000c.).

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 del mismo todo el tiempo y permitir un consumo voluntario más alto de alimento (Oba and Allen, 2000c.).

La digestibilidad ruminal de los alimentos esta influenciada por la tasa en la que es degradada en el rumen y la tasa de remoción de su forma física del rumen 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 presidir 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 tamaño de partícula (TdeP), sobre el MRT de retención media 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).

Existe controversia sobre el efecto de la molienda sobre la tasa de pasaje de las partículas en el rumen. Lo anterior es debido a la complejidad de los mecanismos que determinan las relaciones 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 mas tiene influencia en la retención de la materia seca (MS) es la retención de las partículas elegibles para salir (Bernard et al., 2000).

## **INFLUENCIA DEL TAMAÑO DE PARTICULA 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 esta basada a menudo en el análisis de la distribución del tamaño de partícula del alimento obtenido utilizando varios métodos de cernido o cribado. Ha habido poco acuerdo sobre que método utilizar para resumir los resultados obtenidos y comparar con los diferentes laboratorios y para compilarlos dentro de un formato que sea útil en la formulación de dietas .

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

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

## **TAMAÑO DE PARTICULA DE LA ALFALFA**

Los forrajes tiene un tamaño de partícula medio el cual es critico y arriba del mismo se obtiene poco beneficio adicional. Por ejemplo la reducción del tamaño medio de la partícula del ensilaje de alfalfa (3.1mm a 2.0 m) disminuye la masticación aproximadamente a un 21%, en cambio, la reducción del tamaño de partícula medio del heno de alfalfa de 2.3 a 0.90 mm disminuyo el tiempo total de masticación ( masticación mas rumia) en aproximadamente 16% (Clark and Armentano, 1999).

(Yang et al., 2001a.) evaluaron el efecto de la tasa de ensilaje y heno de alfalfa y el tamaño de partícula sobre el consumo de nutrimentos, sitio de digestión, síntesis de proteína microbiana ruminal y tasa de pasaje de los contenido ruminal, las dietas contenían 40% de forraje (50:50 o 25:75 ensilaje y heno, respectivamente) el consumo de nutrimentos se incremento a medida que aumento la tasa de ensilaje pero no fue afectado por el tamaño de partícula. Sin embargo, al incrementarse el tamaño de partícula de las dietas, mejoro 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 modifico el consumo de alimento, pero tuvo poco efecto sobre la digestión. Encontraste, el incremento del tamaño de partícula del forraje en las dietas mejoro la digestión de la fibra y la síntesis de la proteína microbiana en el rumen. El tamaño de partícula dietética expresado como la eficacia física de la FDN (peFDN). fue un indicador confiable de la síntesis de proteína microbiana y digestión de nutrimentos.

(Krause et al., 2002a) estudiaron los efectos del nivel de carbohidratos fermentables en el rumen y el tamaño de partícula del forraje, así como las interacciones entre estas sobre la producción de leche, digestibilidad de los nutrientes y la producción de la proteína microbial. 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 partícula ni por los carbohidratos fermentables en el rumen.

## **TAMAÑO DE PARTICULA DEL ENSILAJE DE MAIZ**

En lo teórico el tamaño de partícula del ensilaje de maíz esta entre 13 a 19mm (Soita et al., 2000). Este tamaño de partícula proporciono resultados satisfactorios, cuando se compararon tres tamaños para el ensilaje de maíz de plantas enteras (EMPE) la cual se proceso en los siguientes tamaños: 0.95, 1.45 y 1.90 cm 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).

## **TAMAÑO DE PARTICULA DEL FORRAJE DE CEBADA**

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 mas 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 un más rápida y extensiva digestión ruminal de la cebada.

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, pasaje de la digesta y 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 con dietas con relación alta forraje: concentrado o longitud de las partículas del forraje largas (7.59 mm, pero se redujo al alimentarlas con cebada rolada.

## **ENSILAJE DE MAIZ MUTANTE DE ENERVADURA CAFÉ**

Schwab et al. (2002) evaluaron la influencia de largo del corte y el procedimiento mecánico del ensilaje de maíz mutante de enervadura café (brown midrib corn) sobre el consumo, digestión y producción de leche. El tamaño de

partícula 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 incremento la digestión del almidón. En conclusión el ensilaje del maíz de enervadura café provoco una producción de 43 Kg. de leche por día, pero no hubo beneficios en el procesamiento del forrajero en el incremento de la longitud del tamaño de partícula sobre el rendimiento lactacional.

### **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 normalmente proporcionan fibra han sido usadas con éxito en las dietas de las vacas en lactación reemplazando una porción de fibra que normalmente proporciona el forraje (Clark and Armentano, 1997).

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). Las FFNF son usadas en la dietas para las vacas en lactación porque reemplazan una porción de la fibra efectiva que es normalmente suministrada al forraje (Clark and Armentano, 1997).

La mayoría de las FFNF disponibles son altas en fibra cuando son derivados de las plantas procesados y son base de una fuente de forraje (Armentano and Pereira, 1997). Las FFNF son usadas como una alternativa debido a su precio y disponibilidad son usadas como fuentes de concentrados por su nivel alto de energía neta en lactancia(EN<sub>L</sub>) alta y proteína cruda moderada (Firkins, 1997).

La concentración de las FFNF sirven como un reemplazo parcial de la fibra del forraje donde la disponibilidad del forraje es limitada (Allen and Grant, 2000).

Las FFNF proporcionan energía que necesitan las vacas en lactación sin carga ácida provocada cuando existen cantidades elevadas de almidón en la ración 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 similares a la FDN del forraje en particular estas partículas tienen dimensiones pequeñas y densidad alta que no tiene efecto negativo en el funcionamiento del rumen y en el contenido de grasa en la leche (Bava et al., 2001). La eficacia de FDN de las FFNF tales como la semilla de algodón tienden a reemplazar al ensilaje de alfalfa debido a su tamaño de partícula pequeño (Mooney and Allen, 1997). Las FFNF tienen un tamaño de partícula pequeño similar al forraje común y puede alcanzar el contenido de energía que es alto (Depies and Armentano, 1995). Su tamaño de partícula de las FFNF proporcionan un efecto en la masticación, rumia y salivación (Grant, 1997).

El efecto de la FDN de las FFNF puede ser sustancial porque es relativamente bajo con la excepción de la semilla de algodón y la pulpa de los cítricos, el efecto de la fibra está basada con respuesta a la masticación permitiendo la separación de los efectos físicos y químicos de la fibra (Grant, 1997).

A continuación en la tabla 3, 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.

Tabla 3: 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 FDN de los alimentos seleccionados

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

Stensig y Robinson (1997) , evaluaron el efecto de las FFNF en la concentración del pH AGV y N flujo ruminal utilizando dietas que contenían alfalfa (de 8Kg/d y 12Kg/d) y un forraje denominado timothy en las mismas porciones (tabla 4). En ambos casos donde la cantidad de cada forraje fue de 8 kg el cantidad de ácido acético también fue superior.

Tabla 4: 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	2 kg/d	8kg/d	2 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
Butírico	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

## SEMILLA DE ALGODÓN

La semilla de algodón es una fuente excelente de fibra que mantiene el porcentaje de grasa en la leche debido al contenido del extracto éter 20% 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 es procesada mejora las características en el manejo (Bernard y Calhoun, 1997).

La semilla de algodón es una FFNF que estimula y mejora la rumiación y el tiempo de retención en el rumen debido a que el tamaño de partícula estimula la masticación y la capacidad de neutralizar la fermentación de los ácidos del rumen (Mooney y 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).

La semilla de algodón en la alimentación de las vacas en lactación 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 donde se observa un incremento en la producción de leche y combinándola con soya hay 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 es usado frecuentemente en las raciones como fuentes de proteína fibra manteniendo la función normal del rumen( (Bernard et al., 2000) en la dieta da como resultado un aumento de la grasa en la leche y aumento del porcentaje de proteína en la leche si se utiliza de 40 a 50% directamente en la dieta y 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 a las vacas con semilla de algodón, semilla de soya entera y cascarilla de soya y evaluaron la producción de leche por varias semanas, estos investigadores 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).

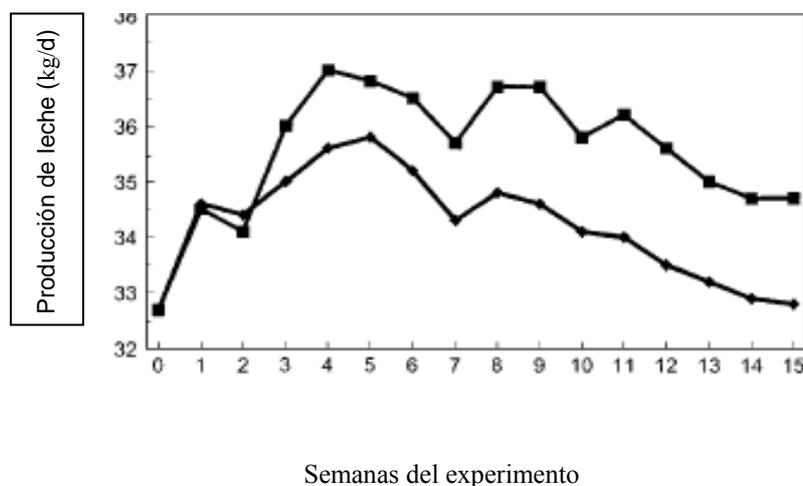


Figura 5: Producción de leche por semanas del experimento para las vacas alimentadas con semilla de algodón (■) o semilla de soya entera con cascarilla de soya (◆)

La semilla de algodón y la cascarilla de soya puede ser usada para reemplazar al forraje manteniendo el balance entre el almidón y la fibra (Slater et al., 2000) y es un sustituto de forraje como fuente no forrajera 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 fuente de proteína (Clark and Armentano, 1999).

(Firkins et al., 2002) evaluaron el rendimiento lactacional de las vacas utilizando dietas que contenían granos de cervecera secos y semilla de algodón, se observó que las dietas que contenían granos secos de destilería y semilla de algodón produjeron leche en la misma cantidad que las dietas control (tabla 6). 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 (tabla 6).

Tabla 6: Rendimiento de vacas en lactación alimentadas con dietas que contenían granos de cervecera secos o semillas de algodón en reemplazo del forraje.

	Control	Granos de cervecera seco			Algodón		SE
		Bajo	Medio	Alto	Semilla de algodón	Easfilo	
CMS kg/d	23.0	22.9	22.6	23.1	23.2	22.8	0.8
Leche kg/d	39.4	39.4	39.5	40.2	39.0	40.3	0.9
Grasa %	3.45	3.49	3.50	3.43	3.53	3.20	0.08
Grasa Kg/d	1.37	1.34	1.36	0.36	1.36	1.34	0.05
Proteína %	3.12	3.13	3.14	3.10	3.16	3.15	0.03
Proteína kg/d	1.23	1.23	1.22	1.24	1.24	1.27	0.03
3.5% ECM kg/d	39.2	38.7	38.9	39.4	38.7	39.5	1.0
Condición corporal	2.49	2.55	2.52	2.33	2.45	2.50	0.09
PV Kg.	630	611	623	615	619	6.21	5
PV kg/d	0.41	0.18	0.49	0.44	0.42	0.43	0.09
NEL Mcal/d							
Consumo	38.6	37.7	37.1	37.1	38.8	37.2	1.4
Rendimiento							
Mantenimiento	10.1	10.0	9.7	9.9	10.0	9.9	0.2
Ganancia BW	2.0	1.4	2.4	2.2	2.3	2.2	0.4
Leche	27.6	26.4	27.0	26.7	27.5	26.7	1.0
Rendimiento/consumo	0.986	0.975	0.996	0.992	0.974	0.989	0.026
Consumo de energía en la leche NEL	0.723	0.707	0.753	0.723	0.713	0.721	0.023
Balance NEL Mcal/d	0.9	1.3	0.3	0.5	1.3	0.6	1.1

## **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 contienen una gran cantidad de fibra potencialmente digestible, consecuentemente estos pueden ser incluidos en la dieta de alto forraje incrementando el contenido de energía sin decrecer la digestibilidad de la fibra del forraje (Trater et al., 2001).

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

El reemplazo de la FDN de las FFNF con FDN de la cascarilla de soya es el adecuado para la función en el rumen y producción de leche cuando la dieta tiene 31% 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% a 34% de la materia seca (Harminson et al., 1997).

La cascarilla de soya tiene un tiempo de retención corto en el rumen y es debido a su tamaño de partícula pequeño (Trater et al., 2001). La cascarilla de soya en la dieta incrementa la FDN total de la materia seca pero disminuye la masticación y el pH en el rumen (Pereira and Armentano, 2000).

El efecto de la cascarilla de soya ayuda en la composición de los ácidos grasos de la leche y la fermentación en el rumen (Abel-caines et al., 1997). La cascarilla de soya es efectiva para reducir la FDN del forraje de 21% a 16% de la materia seca y también reduce de un 43% a 34% de materia seca total (Slater et al., 2000).

El uso del bicarbonato de sodio en la dieta combinándola con soya y 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 and Armentano, 2000).

## **GRANOS DE DESTILERÍA SECOS**

Los granos de destilería secos (GDS) son fuente de proteína, de energía y una digestibilidad de FDN y estimula la masticación (Younker et al., 1998).

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

Los subproductos como los granos de destilería y salvado de trigo son una alternativa para las vacas en lactación porque tienen una combinación como fuente de energía para los microorganismos del rumen (Zhu et al., 1997)]. Estos investigadores demostraron que la inclusión de setos subproductos no afecta ni la cantidad total de AGV ni la del ácido acético (tabla 5).

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

Los granos de destilería secos, 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 and Armentano, 1997).

(Al-Suwaiegh et al., 2002) 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 lactacional en el ganado bovino productor de leche. Los niveles de inclusión de los granos de destilería fueron de 30% de la MS. Los resultados de esta evaluación 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.

Tabla 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	W gluten feed	Residuos 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
Isovalérico	1.1	1.1	1.1	1.0	0.1
Valérico	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

Tabla 6 Consumo de materia seca, producción de leche y composición de la leche en respuesta a la inclusión de FFNF en la dieta.

Parámetro	control	Salvado de trigo	W 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

## SALVADO DE GLUTEN DE MAÍZ (WCGF)

El gluten de maíz húmedo es relativamente alto en fibra, mediano en energía, mediano en proteína cruda por lo que son excelentes alimentos para el ganado lechero (Schroeder, 2003), además es un alimento bajo en almidón y alto en FDN (VanBaale et al., 2001).

El gluten de maíz húmedo mejora el consumo de materia seca (CMS) y reduce la acidosis, el porcentaje de la proteína en la leche y puede no diferenciar entre la producción de leche y la eficacia de la FCM (VanBaale et al., 2001).

(Schroeder, 2003) evaluaron la predicción de la producción de leche de las vacas alimentadas con gluten de maíz húmedo, ellos determinaron que el nivel óptimo de CMS para la cáscara de salvado de gluten de maíz fue de 18.6 kg

(figura 7). Algunas características de las raciones se experimentan en la tabla 7 y en la tabla 8, se observa que las dietas con el salvado de gluten produjeron mas leche y mas grasa que la dieta control.

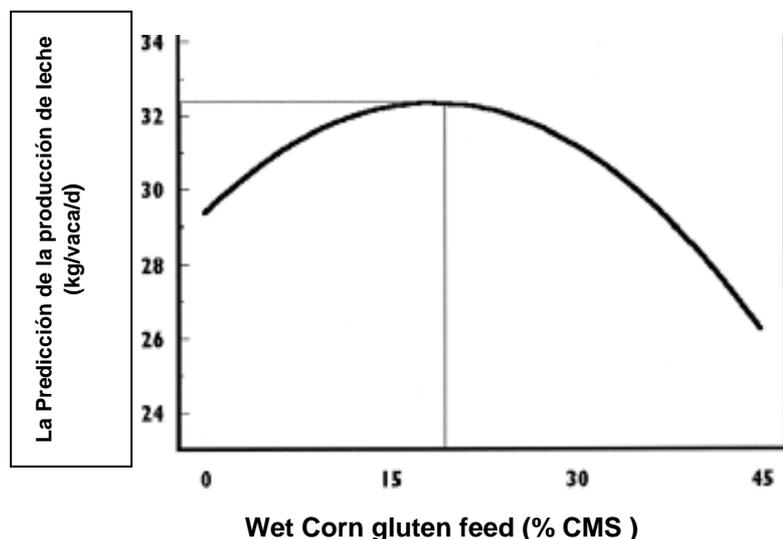


Figura 7: Predicción de la producción de leche de vacas Holstein múltiparas alimentadas con un aumento de los niveles de valores de salvado de gluten de maíz expresado en kilogramos. El nivel óptimo del gluten de maíz (WCGF) fue calculado a un 18.6% del CMS.

Tabla 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

Tabla 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
Grasa Kg/d	0.90	0.97	0.98	1.06	0.08
Proteína %	2.97	2.85	2.95	3.00	0.06
Proteína Kg/d	0.91	0.84	0.90	1.01	0.06
Carbón %	4.87	4.86	4.89	4.88	0.07
Carbón 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

## SALVADO DE TRIGO

La administración de proteína degradable en la dieta de ganado bovino productor de carne que consume forrajes de baja calidad mejora su consumo y digestibilidad. (Farmer et al., 2001). 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., 2001) estudiaron el efecto del salvado de trigo sobre la utilización del forraje y el rendimiento productivo donde el salvado de trigo no afectó el rendimiento y la digestibilidad de la MS (tabla 9).

Tabla 9: composición de la ración

Ingrediente	100% WB	67% WB 33% SC %	33% WB 67%SC
Salvado de trigo	48.8	32.3	15.9
El 2do. despeja	0.0	15.5	31.0
Harina de soya	40.4	41.1	41.7
Carbonato de calcio	1.0	0.9	0.7
Fosfato de calcio	1.8	2.3	2.8
Sal	1.0	1.0	1.0
Selenio	0.1	0.1	0.1
Vitamina A	0.2	0.2	0.2
Premezcla mineral	0.8	0.6	0.6
Melaza	5.3	5.3	5.3
bentonina	0.1	0.1	0.1
Sulfato de lignina	0.7	0.7	0.7

## COMBINACIÓN DE FUENTES DE FIBRA NO FORRAJERA

(Clark and Armentano, 1997) evaluaron el efecto de reemplazar la fibra detergente neutro (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, rendimiento de proteína en la leche fueron más altos y el porcentaje de grasa y el rendimiento de grasa más bajos para las vacas alimentadas con dietas bajas en forrajes que las dietas control con alfalfa que fue más alta en 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 como el contenido de NDF se incremento. La relación

acetato a propionato en el rumen fueron mayores 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 (tablas 11 y 12).

TABLA 11: Producción y Composición de leche, consumo de materia seca y actividad en la masticación.

DIETA					
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
CMSKg.	20.8	22.4	23.4	21.5	0.7

LNF= baja en FFNF, HNF=alta enFFNF, HFA=alta en alfalfa

Tabla 12: Ácidos Grasos volátiles en rumen.

AGV	Dieta				Efecto		
	Control	LNF	HNF (mol/100mol)	HFA	SE	TRT	HFAvsHNF <i>p</i>
Acetato	57.5	55.5	54.7	62.2	1.4	**	**
Propionato	27.4	29.6	29.6	21.5	1.5	**	**
Butírico	10.5	10.5	11.5	11.3	0.35	NS	NS
Isobutírico	0.9	1.1	0.8	1.0	0.13	NS	*
Valérico	1.5	1.5	1.5	1.5	0.14	NS	NS
Isovalérico	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

Las cabras tienen una tasa de pasaje más altas de las partículas que las vacas y las ovejas y que los subproductos fibrosos no pueden ser retenidos en el rumen el tiempo suficiente para alcanzar su potencial altamente digestible.

Moore et al., (2002) llevaron a cabo una investigación para evaluar la inclusión de subproductos alimenticios (salvado de trigo, cascarilla de soya y corn gluten feed) en la producción de carne de cabra. Ellos estudiaron el efecto en la digestibilidad, medio ambiente ruminal y 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 corn gluten feed 6.35). Además la ganancia de peso vivo no fue diferente entre tratamientos. Tampoco hubo diferencias en el total de AGV, pero si se encontraron en las proporciones relativas de acetato y propionato con las dietas de heno y cascarilla de soya. Estos animales consumieron estos

ingredientes en alrededor del 1% de su peso vivo. Sin embargo estos ingredientes deben administrarse con dietas balanceadas en proteína, Ca y P. Se requieren más estudios porque las ganancias fueron diferentes a las encontradas en otras especies (tablas 13, 14 y 15).

Tabla 13: 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 har harina	Gluten Cascarilla De soya	Maíz 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	515.3	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

Tabla 14: digestibilidad y consumo de los subproductos en las dietas de las cabras productoras de carne

parámetros	Heno Harina de Soya	Maíz 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	3.66	3.26	2.38	2.38	0.11	<0.01
Isobutirico mol/100 mol	1.06	0.65	0.97	0.064	0.08	<0.01
Butírico 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

Tabla 15: Valores de suero y flujo ruminal obtenido mediante la ruminocentesis de cabras productoras de carne alimentadas con FFNF.

Parámetros	Heno Harina de Soya	Maíz 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	3.66	3.26	2.38	2.38	0.11	<0.01
Isobutirico mol/100 mol	1.06	0.65	0.97	0.064	0.08	<0.01
Butírico 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

## **MATERIALES Y METODOS.**

### **1. 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 fe en 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.

### **2 Procedimiento experimental**

#### **2.1 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 2mm; Arthur H. Thomas, Filadelfia). El análisis de FDN de los alimentos fueron de acuerdo al método de Van Soest( Van Soest et al., 1991). Para todas las muestras se agrego sulfito de sodio (0.5 g por muestra) y 1205 U de  $\alpha$ -amilasa (A-3306; sigma Chemical Co. St Louis, MO) en 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 (N\*6.25) (Depies y Armentano, 1995; Soita et al., 2000)

#### **2.2 Cabras y dietas**

Se utilizaron 16 cabras con 120 días en producción láctea y un peso vivo promedio de 55 kg. El diseño experimental utilizado consistió de cuatro tratamientos por lo que cada una de las 16 cabras fue asignada al azar a uno de ellos, formándose cuatro grupos de cuatro cabras.

Cada uno de estos animales permaneció en corraletas individuales, en donde recibieron la dieta correspondiente a cada tratamiento, la cual se

administro por un periodo de 13 días de adaptación seguido de un periodo de toma de muestra de producción de leche de 3 días. Durante a prueba se desarrollaron 4 periodos de 16 días cada uno de ellos, de tal forma que cada grupo de 4 cabras recibió cada uno de los tratamientos del tamaño de partícula de la alfalfa.

Las cabras fueron alimentadas dos veces por día, con un horario de alimentación inicial a las 08:00 y a los 17:00 h, la descripción de la ración y su composición química se presentan en los cuadros 16 y 17, respectivamente.

Cuadro 16.- Composición de los ingredientes de las dieta.

Ingredientes	Kg BH	Kg MS
Heno de alfalfa	1.2	1.08
Maíz rolado	0.64	.057
Melaza	0.02	0.015
Salvado de tigo	0.09	0.081
Cascarilla de soya	0.27	0.243
Semilla de algodón	0.41	0.369
Canola	0.11	0.01
Fermenten	0.006	0.0054
Harina de soya	0.011	0.01
Urea	0.01	0.01
Soy 70	0.01	0.009
Gluten de maíz	0.003	0.0027
Megalac	0.003	0.003
Carbonato de calcio	0.003	0.003
Bicarbonato de calcio	0.003	0.003
Sal común	0.001	0.001
Oxido de magnesio	0.001	0.001
Sal mineral	0.001	0.001
Carbonato de potasio	0.002	0.002
	2.794	1.9061

Cuadro 17.- Composición química de la materia seca de las dietas

Parámetro	%
Materia seca	89
Proteína cruda	18
Fibra detergente neutro	41
Carbohidratos no estructurales	33
Energía neta de lactancia	1.7
Calcio	0.8
Fósforo	0.4

A cada animal se le peso diariamente el alimento ofrecido y también se determino el porcentaje de MS. El alimento rechazado se recolecto 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°C por un periodo de 48 horas (Depies y Armentano.1995; Soita et al., 2001), el

calculo de consumo de MS (Kg.) se determinó por diferencia entre lo ofrecido y lo rechazado (Mishra y Rai, 1996).

### **2.3 Descripción de tratamientos de tamaño de partícula de la alfalfa**

El tamaño de la alfalfa se determinó mediante el procesamiento de picado en un molino al cual se le adaptaron cuatro cribas con orificios de diámetro variable, siendo ellos los siguientes: T1 con criba de 3.5 cm de diámetro, T2 criba de 2.5 cm de diámetro, T3 con criba de 1.5 cm de diámetro y T4 con criba de 0.5 cm de diámetro.

### **2.4 producción láctea.**

La producción láctea se determinó mediante el pesaje individual de manera consecutiva en los tres días correspondientes a la etapa de evaluación. Este procedimiento se repitió en cada uno de los periodos del experimento. La cantidad de leche producida se determinó usando un pesador de la marca Westfalia.

### **2.5 Diseño experimental**

Los datos fueron analizados utilizando un diseño experimental cuadrado latino 4 x 4 SAS (116). El modelo matemático a emplear es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \eta_j + \chi_k + \varepsilon_{ijk}$$

donde:

$Y_{ijk}$  = la observación  $ijk$  en el  $i$ 'ésimo tratamiento,  $j$ 'ésima hilera y  $k$ 'ésima columna.

$\mu$  = al efecto de la media

$\tau_i$  = efecto del  $i$ 'ésimo tratamiento

$\eta_j$  = efecto de la  $j$ 'ésima hilera

$\chi_k$  = efecto de la  $k$ 'ésima columna

$\varepsilon_{ijk}$  = al error en la  $ij$ 'ésima observación

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 18 se presentan los resultados de este experimento que tuvo como objetivo evaluar el efecto del tamaño de partícula de la alfalfa en combinación con fuente de fibra no forrajera sobre la producción de leche caprina. En ese cuadro se aprecia que la producción mínima de leche fue de 1.615 y correspondió al tratamiento con tamaño de alfalfa mayor, en tanto que la mejor producción correspondió al tratamiento que tuvo el menor tamaño de partícula, con una producción de 1.786 L, lo que marcó la única diferencia significativa ( $P < 0.05$ ).

**Cuadro 18. Medias de mínimos cuadrados por producción de leche (Litros) en cabras (n=16) alimentadas con cuatro tamaños de partícula de la alfalfa diferentes.**

	3.5	2.5	1.5	0.5	EEM	P < 0.05
Producción (L)	1.615 <sup>a</sup>	1.619 <sup>a</sup>	1.716 <sup>a</sup>	1.786 <sup>b</sup>	52.48	P < 0.05

3.5 cm de diámetro; 2.5 cm de diámetro de la criba; 1.5 cm de diámetro de la criba y 0.5 cm de diámetro de la criba.

Los resultados anteriores confirman la hipótesis que plantea que las cabras, a diferencia de las vacas, son menos susceptibles al tamaño de partícula de la ración.

Zhu et al. (1997) al evaluar la sustitución de alfalfa con FFNF (grano seco de destilería o salvado de gluten de maíz) no reportaron diferencias significativas entre estos tratamientos.

Allen y Grant (2000) reportan que la inclusión de salvado de gluten de maíz provocó una mejor respuesta productiva (Kg. de leche) que las dietas que contenían alfalfa aunque sin diferencias significativas. En tanto que Clark y Armentano (1997c) si encontraron diferencias significativas entre la dieta control y las dietas que incluyeron fuentes de fibra no forrajera y dietas con contenidos elevados de alfalfa observándose una cantidad menor en estas últimas.

Depies y Armentano( 1995) no encontraron diferencias significativas cuando se incluyó FFNF en forma de salvadillo de trigo aunque el tratamiento con ensilaje de alfalfa rindió la mayor cantidad de grasa. Mientras que Clark y Armentano (1997) que estudiaron en vacas, tampoco encontraron diferencias entre los tratamientos con alfalfa y con los de FFNF, aunque en su investigación el dato más alto lo encontraron con la dieta DAFA.

Una probable explicación a estos resultados es que la combinación de la alfalfa con la semilla de algodón y cascarilla de soya favoreció la formación de la fase física del rumen consistente en la maraña de fibra ruminal, lo que en su momento favoreció la digestibilidad del alimento y por lo tanto la producción de leche de cabras. Sin embargo se requiere más información para conocer el efecto de la combinación del tamaño de partícula del forraje y la inclusión de fuentes de fibra no forrajera y su efecto sobre la eficacia de la fibra, específicamente sobre el pH del rumen, la producción de AGV, así como el crecimiento de bacterias fibrolíticas ruminales y el efecto sobre la fase física del rumen que incluye a la fibra larga.

En conclusión, bajo las condiciones de este trabajo, el tamaño de partícula de la alfalfa combinada con fuentes de fibra no forrajera no tuvo un efecto adverso sobre la producción de leche en cabras en lactación.

## LITERATURA CITADA

- Abel-caines, S. F., R. J. Grant, y S. G. Haddad. 1997. Whole cottonseeds or a combination of soybeans y soybean hulls in the diets of lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 80: 1353-1357.
- Allen, D. M., y R. J. Grant. 2000. 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. 2002. Utilization of distillers grain 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.

- Beauchemin, A. K., W. Z. Yang y G. Penner 2006. Ruminant acidosis in dairy cows: balancing effective fiber with starch availability. Pacific Northwest Nutrition Conference Proceedings. October, 2006. Vancouver, BC. pp. 4-16.
- 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. E. Armentano. 1997. 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.
- 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. 2001. 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.
- 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.
- Krause, D. M., D. K. Combs, y K. A. Beauchemin. 2002a. Effects of forage particle size and grain fermentability in midlactation cows. II. Ruminant 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-soluble carbohydrates. *J Dairy Sci* 83: 2866-2875.
- Loest, C. A., E. C. Titgemeyer, B. D. Lambert, y A. M. Trater. 2001. Branched-chain amino acids 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.
- 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.
- 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. II. 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. I. 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.
- Sanz Sampelayo, M. R., L. Pérez, J. Boza, and 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.
- 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, y 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. Shinnery, 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.
- 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.
- West, J. W., P. Mandebvu, 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 of 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.

- 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., y K. A. Beauchemin, 2007. ALtering physically effective intake through forage proportion and particle length: Chewing and ruminal pH. J Dairy Sci 90: 2826-2838.
- 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. 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.