

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



TITULO DE LA TESIS

**Efecto de la relación forraje concentrado y el tamaño de partícula sobre el
consumo de materia seca y pH ruminal en cabras**

POR:

FRANCISCO GONZALEZ GOMEZ

TESIS:

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

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



POR:

FRANCISCO GONZALEZ GOMEZ

ASESOR PRINCIPAL

DR. PEDRO ANTONIO ROBLES TRILLO

CO-ASESOR PRINCIPAL

DR. PEDRO CANO RIOS

CO-ASESOR PRINCIPAL

DR. FRANCISCO GERARDO VELIZ DERAS

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE 2010

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



Título de la tesis

Efecto de la relación forraje concentrado y el tamaño de partícula sobre el
consumo de materia seca y pH ruminal en cabras

POR:

FRANCISCO GONZALEZ GOMEZ

ASESOR PRINCIPAL

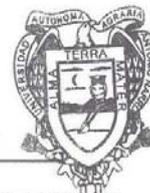
Firma manuscrita de Dr. Pedro Antonio Robles Trillo.

DR. PEDRO ANTONIO ROBLES TRILLO

COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

Firma manuscrita de M.V.Z. Rodrigo Isidro Simón Alonso.

M.V.Z. RODRIGO ISIDRO SIMÓN ALONSO
Coordinación de la División
Regional de Ciencia Animal



TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE 2010

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



PRESIDENTE DE JURADO

Una firma manuscrita en tinta negra que corresponde al Dr. Pedro Antonio Robles Trillo.

DR. PEDRO ANTONIO ROBLES TRILLO

VOCAL

Una firma manuscrita en tinta negra que corresponde al Dr. Francisco Gerardo Veliz Deras.

DR. FRANCISCO GERARDO VELIZ DERAS

VOCAL

Una firma manuscrita en tinta negra que corresponde al Iz. Jorge Horacio Borunda Ramos.

IZ. JORGE HORACIO BORUNDA RAMOS

VOCAL SUPLENTE

Una firma manuscrita en tinta negra que corresponde al Dr. Pedro Cano Rios.

DR. PEDRO CANO RIOS

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

TITULO DE LA TESIS

**Efecto de la relación forraje concentrado y el tamaño de partícula sobre el
consumo de materia seca y pH ruminal en cabras**

POR:

FRANCISCO GONZALEZ GOMEZ

Elaborado bajo la supervisión del comité particular de asesoría

ASESOR PRINCIPAL:

DR. PEDRO ANTONIO ROBLES TRILLO

ASESORES:

DR. FRANCISCO GERARDO VELIZ DERAS

IZ. JORGE HORACIO BORUNDA RAMOS

DR. PEDRO CANO RIOS

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE 2010

Efectos de la relación forraje concentrado y el tamaño de partícula sobre el consumo de materia seca y pH ruminal en cabras

DEDICATORIAS

A mis padres:

Eladio González Martínez y Paula Gómez Gómez por el apoyo incondicional que he recibido, por los años de ausencia, el esfuerzo que han hecho por verme crecer y por la confianza que pusieron en mi al darme la oportunidad de salir del entorno familiar que tanto añoro y que se verá recompensado ahora que cumpla un paso más para cumplir el sueño de ser un profesionalista.

A mis tíos:

Eugenio y Esteban Gómez Gómez, Guillermina Valencia por el gran apoyo que he recibido de ellos durante mi formación escolar, ya que sin el esfuerzo que ellos realizaron no hubiera podido cumplir con este paso que es el de ser la persona que hasta ahora soy, les agradezco con todo mi corazón.

A mis hermanos:

Por brindarme siempre y en cada momento todo su cariño y nunca abandonarme ni en los momentos más difíciles dentro de mi formación, porque sin su apoyo las cosas tal vez serían diferentes.

AGRADECIMIENTOS

A Dios:

Por darme la oportunidad de avanzar un paso más en esta vida y terminar satisfactoriamente mi formación como profesionista y sobre todo por poner en mi camino a todas las personas que contribuyeron a este logro.

A mi UAAAN-UL:

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por ser la Institución que me dio la oportunidad de superarme y adquirir el conocimiento necesario para poner siempre en alto el nombre de mi Alma Terra Mater. Y a todo el personal que labora en ella en especial a mis profesores por cultivar en mí los conocimientos, por encontrar en algunas ocasiones en quien confiar o a quien recurrir en las dudas que asaltaban mi mente y corazón en algunos momentos de mi vida estudiantil, a ustedes por robar tiempo que deberían dedicar a sus familias y nos lo obsequian a nosotros.

Al Dr. Pedro Antonio Robles Trillo. Por su valioso apoyo y asesoría en la realización de esta tesis.

Al Dr. Pedro Cano Ríos, al Dr. Francisco G. Veliz Deras y al Ing. Jorge H. Borunda Ramos. Por su apoyo y colaboración en la realización de esta tesis.

A todos y cada uno de ellos muchas gracias por el tiempo dedicado a mi persona y sobre todo a la realización de este trabajo. Gracias por la amistad brindada durante este tiempo.

Agradezco a los doctores **Gerardo, Miguel, Lupita, Laura Dávila** por compartirme su aprecio y conocimientos importantísimos en mi carrera, siempre formando parte de mi vida, gracias de todo corazón.

A mis amigos:

Con todo mi cariño quiero agradecer a todos mis compañeros y amigos de generación 2005-2010 los cuales son muchos pero en especial a los que me brindaron su comprensión y compartieron conmigo durante cinco años el sueño de ser Médico Veterinario Zootecnista: a la M.V.Z. Flor B. C. Pacheco, P. M. V. Z. Martha Oralia Martínez Calzada, Gabriela Mireya López Morales, M.V.Z. Rocío Concepción Martínez García, M. V. Z. Nelson Velasco Romero, M.V.Z. Pedro Hernández, M.V. Z. Hilario Huerta, Ing. Sergio Hernández, entre tantos otros que siempre me brindaron su amistad y su cariño.

RESUMEN

Con la finalidad de determinar la relación que existe entre la relación Forraje Concentrado y la distribución del tamaño de partícula sobre el CMS y el pH ruminal en cabras fistuladas ruminalmente. Se utilizó un diseño experimental cuadrado latino 4x4 con un arreglo factorial 2x2. A los animales se les ofreció al azar una de 4 dietas, que consistió en heno de alfalfa corto (Cr) o largo (L), en combinación con una proporción forraje (F): concentrado (C) alta (F60), en el cual el 60% fue forraje y 40% concentrado, mientras que en el bajo (F35), del cual 35% fue forraje y 65% de concentrado. El líquido ruminal se recolectó el día 14 de cada período a intervalos de 4 h, y se midió el pH ruminal. El CMS fue diferente entre tratamientos ($P < 0.05$), de tal forma que la cantidad mayor de forraje y el tamaño corto provocaron más CMS (2414 vs 2317 g, respectivamente). Al reducir la cantidad de forraje, sin importar el tamaño de partícula, no tuvo efecto sobre el CMS ($P > 0.05$). Con respecto al efecto de los tratamientos sobre el pH ruminal, se aprecia diferencia significativa ($P < 0.05$) entre tratamientos, de tal forma que el grupo F60: Cr (6.249) tuvo un pH mayor que el F60: Lr (6.159). Se concluye que sin importar la cantidad de forraje en la dieta, al descender el tamaño de partícula de la ración se incrementa el CMS y ni el aumento del concentrado ni la reducción del tamaño de partícula afectaron el pH del rumen, por lo que las cabras no pueden ser tratadas como a las vacas o las borregas.

Palabras clave: Relación forraje concentrado, tamaño de partícula, ingesta de alimento y pH ruminal, cabras.

INICE DE CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIAS.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
RESUMEN.....	iii
I.INTRODUCCIÓN	1
II. Revisión de literatura.....	3
2.1. Tamaño de partícula, consumo de materia seca y su selectividad.....	3
2.2. Tamaño de partícula y eficacia física	6
2.3. Relación Forraje: Concentrado	8
2.3.1. Tamaño de partícula, masticación y pH ruminal	8
2.3.2. Tamaño de partícula y digestibilidad.....	10
2.3.3. Tamaño de partícula y fermentación.....	12
2.4. Ovinos y caprinos	13
2.4.1. Cantidad óptima de fibra	13
2.4.2. Selectividad durante el consumo	14
2.4.3. Relación forraje: concentrado.....	15
2.4.4. Masticación y pH ruminal	15
2.4.5. Digestibilidad.....	16
2.4.6. Tasa de pasaje	17
III. MATERIALES Y METODOS.....	19
3. Procedimiento Experimental	19
3.1. Descripción del sitio experimental.....	19
3.2. Animales.....	19
3.3. Tratamientos.....	19
3.4. Periodo de estudio.....	20
3.5. Composición Química de la Dieta.....	20
3.6. pH ruminal y Consumo de Materia Seca	20
3.7. Análisis estadístico	21
IV. Resultados.....	22
V. Discusión	23
VI. Conclusiones.....	26

VII. Literatura citada..... 27

Índice de cuadros.

CUADRO 3.5.1. Composición Química de la ración.....	20
CUADRO 4.1. Efectos de la relación forraje concentrado (F: C) y la longitud de las partículas del forraje (FPL) sobre el pH ruminal y el Consumo de Materia Seca (CMS).....	22

I.INTRODUCCIÓN

La relación forraje concentrado (F: C) influye en la masticación, además el consumo de materia seca puede ser limitado por regulación fisiológica en dietas altas en concentrado o por factores físicos en dietas altas en forraje (Lu *et al.*, 2005).

La fibra estructural con un tamaño de partícula adecuado estimula la estratificación de la digesta, la rumia, el amortiguamiento ruminal, la digestión de la fibra, el consumo y ayuda a prevenir los desórdenes metabólicos, y se puede ver afectada por el tamaño de partícula y la relación forraje: concentrado (F:C) (Zebeli *et al.*, 2007; 2008c).

El tamaño de partícula influye en la efectividad estructural de la RTM y su uniformidad, en los procesos digestivos, el consumo de materia seca y la producción de leche (Tafaj *et al.*, 2005c). El consumo adecuado de fibra es necesario para mantener una función ruminal normal ya que estimula el CMS, la masticación y la rumia para mantener la salivación y el pH ruminal para que los microorganismos celulolíticos produzcan acetato y propionato y el porcentaje de grasa en la leche se mantenga (Santini *et al.*, 1992; Bava *et al.*, 2001; Lu *et al.*, 2005).

El CMS está limitado principalmente por la salida de la digesta del rumen y para mejorarlo se debe incrementar la salida de las partículas del rumen a través

de un aumento en la tasa de digestión, la tasa de pasaje o ambas (Bhattiet *al.*, 2008).

El pH ruminal es importante para la composición de los ácidos grasos. La salivación por su capacidad amortiguadora provoca un aumento en el pH favoreciendo más a los microorganismos celulolíticos produciendo más ácidos acético y butírico. (Lu *et al.*, 2005). El pH alto favorecerá a los microorganismos celulolíticos que producen más ácidos acético y butírico. El pH bajo favorece a los microorganismos aminolíticos que producen más ácido propionico (Lu *et al.*, 2005). Un pH bajo causa que disminuyan el consumo de materia seca, la motilidad ruminal, la digestión de la fibra y la síntesis de proteína microbiana, además favorece la aparición de laminitis, úlceras ruminales y abscesos hepáticos (Krause *et al.*, 2002b).

Considerando que las cabras son diferentes a las vacas y ovejas en su comportamiento de CMS (Lu, 1987) y que parece ser menos susceptible a la longitud del tamaño de partícula del forraje (Sanz Sampelayo *et al.* 1998) y a la deficiencia de fibra (Sanz Sampelayo *et al.* 2007) se plantea la hipótesis que la relación forraje concentrado ni el tamaño de partícula no afectarán negativamente el CMS ni el pH ruminal.

El objetivo de este estudio fue determinar la relación que existe entre la relación Forraje Concentrado y el tamaño de partícula sobre el consumo de Materia Seca y el pH ruminal.

II. Revisión de literatura

2.1. Tamaño de partícula, consumo de materia seca y su selectividad.

El consumo de fibra efectiva depende del tamaño de partícula y de la palatabilidad (Kowsar et al., 2008). Se debería proporcionar un suministro de nutrientes uniforme durante el día para que exista en el rumen un ambiente constante para el crecimiento de las bacterias y protozoarios (Kononoff et al., 2003b).

El tamaño de partícula corto mejora la uniformidad de la RTM, lo que disminuye la selectividad en el consumo (Zebeli et al., 2009). Se puede ofrecer heno de alfalfa largo, separado de la RTM en la que la alfalfa es más corta, y así mejorar la uniformidad del tamaño de partícula y disminuir la selección de las partes muy fermentables, lo que contribuye a un consumo adecuado de fibra físicamente efectiva (FDN_{fe}) y a disminuir el pH después de la alimentación (Kowsar et al., 2008). Las vacas alimentadas con una ración totalmente mezclada tienden a seleccionar el grano y dejar el forraje largo lo que provoca un consumo inconsistente de la ración. Estas vacas consumen más grano y menos fibra, lo que conduce a una variación diurna mayor en la producción de ácidos durante la fermentación incrementándose el riesgo de acidosis ruminal subaguda (Kononoff et al., 2003b; DeVries et al., 2007).

El CMS está limitado principalmente por la salida de la digesta del rumen y para mejorarlo se debe incrementar la salida de las partículas del rumen a través de un aumento en la tasa de digestión, la tasa de pasaje o ambas (Bhatti et al., 2008). Se recomienda que al menos el 40% de las partículas de una RTM sean mayores de 8 mm (Plaizier et al., 2009). El forraje debe ser reducido para poder

abandonar el rumen. Las partículas menores de 1.18 mm componen el 72% de la materia seca que se encuentra en el rumen. La tasa de pasaje de las partículas menores de 1.18 mm, el cual se considera el tamaño crítico, controlan el tiempo de retención de la digesta y el consumo voluntario de las vacas y las ovejas (TeimouriYansari *et al.*, 2004; Bhatti *et al.*, 2008). Un aumento en el CMS se asocia con una disminución en la digestibilidad de la materia seca y la pared celular como consecuencia de que la digesta pasa menos tiempo en el rumen (Tafajet *et al.*, 2001; Bhatti *et al.*, 2008).

Los carbohidratos son la proporción mayor en la dieta conformando el 70% o más de la materia seca de la ración y son importantes para cumplir con los requerimientos de energía y mantener la salud ruminal (Mertens, 1997; Eastridge, 2006). Para cumplir con los requerimientos de energía, se suelen ofrecer dietas altas en concentrado y en forrajes de alta calidad lo que causa una producción de leche mayor pero este incremento ocasiona problemas metabólicos como la acidosis ruminal subaguda, una disminución en la digestión de la fibra, una baja en el porcentaje de grasa de la leche, desplazamiento de abomaso, laminitis y síndrome de la vaca gorda (Heinrich *et al.*, 1999; Beauchemin *et al.*, 2003). La calidad del forraje afecta la cantidad y consumo del mismo y disminuye el uso de concentrado y ésta es determinada por el contenido de fibra (Tafajet *et al.*, 2005a).

Se debe suministrar en la ración una cantidad suficiente de energía y en forma apropiada. La energía proviene de la pared celular de los carbohidratos (fibra), de los carbohidratos no fibrosos (almidón y azúcar), proteína y grasa. El consumo de materia seca (CMS) determina el consumo de energía que influye en la producción de leche. Se recomienda que la dieta contenga de 25-30% de fibra

detergente neutro (FDN). Si se excede ese porcentaje se observará una disminución en el consumo de alimento y energía. Las dietas con una cantidad alta de FDN llenan el rumen y limitan el CMS porque la fibra se digiere y pasa más lentamente que el almidón. Las dietas bajas en FDN pueden provocar que se acidifique el rumen conduciendo a problemas de salud y una disminución en el CMS (VandeHaar y St-Pierre, 2006).

Leonardi y Armentano (2003) observaron que las vacas son más selectivas en dietas que contienen heno largo, pero la calidad del forraje no tuvo efecto. DeVries *et al.* (2005) reportaron que un consumo menos selectivo podía tener efectos positivos sobre el consumo de energía porque se reduciría la variación en el valor nutricional de la dieta que queda en el comedero. DeVries *et al.* (2007) observaron que las vacas discriminan fácilmente las partículas largas, la FDN y la FDNfe y prefieren las partículas cortas cuando se les ofrece una dieta baja en forraje.

El ensilaje de maíz proporciona humedad a la dieta lo que disminuye la selectividad afectándose el contenido de materia seca y su consumo y los patrones diurnos en el metabolismo del rumen (Kowsare *et al.*, 2008). La mayor parte de las partículas pequeñas de la dieta son los granos. El procesamiento del grano de 1-2 mm causa un incremento en la digestibilidad del almidón y disminuye el tamaño de partícula del ensilaje de maíz de un 15-30%, por lo tanto se recomienda un tamaño de partícula teórico de 1.9 cm. El incremento del tamaño teórico de partícula (TCL, por sus siglas en inglés) mejora la efectividad del grano del ensilaje de maíz, pero no está claro si es benéfico o si disminuye la

digestibilidad y se incrementa la selectividad durante el consumo (Cooke y Bernard, 2005).

Por otra parte, se desconoce qué efecto tendrá el reemplazar el heno de alfalfa corto con ensilaje de maíz sobre la palatabilidad y el consumo de FDNfe de una RTM (Kowsaret *al.*, 2008). Además, existe poca información acerca de la influencia del tamaño de partícula del ensilaje de maíz sobre los patrones alimenticios y su relación con la selectividad de los alimentos (Zebeliet *al.*, 2009).

2.2. Tamaño de partícula y eficacia física

La fibra estructural con un tamaño de partícula adecuado estimula la estratificación de la digesta, la rumia, el amortiguamiento ruminal, la digestión de la fibra, el consumo y ayuda a prevenir los desórdenes metabólicos, y se puede ver afectada por el tamaño de partícula y la relación forraje: concentrado (F:C) (Zebeli et *al.*, 2007; 2008c). Además, el tamaño de partícula es importante para proporcionar al rumiante la cantidad correcta de fibra efectiva (Eastridge, 2006).

El tamaño de partícula largo provoca que haya poca fermentación ruminal, mientras que un tamaño corto disminuye la masticación, la producción de saliva, el amortiguamiento ruminal, el pH del rumen y la proporción acetato: propionato y por lo tanto se incrementa el riesgo de acidosis ruminal subaguda (Bhandariet *al.*, 2007; 2008; Clark y Armentano, 2002; Yang y Beauchemin, 2005), además se eleva el consumo de materia seca porque disminuye el tiempo de rumia (Kononoff y Heinrichs, 2003b) y aumenta la tasa de pasaje (Clark y Armentano, 2002; Yang y Beauchemin, 2006b).

La fibra larga en exceso limita el CMS y la digestibilidad afectándose el balance de energía de la vaca (Kononoff *et al.*, 2003a). La fibra larga ocasiona un llenado mayor del rumen porque la tasa de pasaje se vuelve más lenta y esto provoca que se limite el consumo de materia seca (Kononoff y Heinrichs, 2003b).

La gravedad específica y el tamaño de partícula influyen en las fracciones de la fibra que escapan del rumen y las que no lo hacen. Las partículas que no abandonan el rumen tiene una gravedad específica funcional menor que el líquido ruminal y un tamaño mayor al crítico, mientras que las que sí dejan el rumen son más densas que el líquido ruminal y tienen un tamaño igual o menor al crítico. Las partículas que no abandonan el rumen son las que estimulan la masticación, la formación de la maraña ruminal y mantienen su consistencia (TeimouriYansari *et al.*, 2004).

Una dieta baja en fibra afecta la digestión y disminuye la energía que proporciona la ración (Zebeli *et al.*, 2007). Un forraje con una cantidad alta en fibra tiene un grado alto de lignificación, lo que disminuye la tasa de degradación de la fibra en el rumen incrementándose la masticación y disminuyendo la tasa de pasaje, la digestibilidad de la fibra y el CMS (Eastridge, 2006; Tafajet *et al.*, 2005a) por limitaciones en el llenado físico del rumen (Einarson *et al.*, 2004).

La efectividad de una ración totalmente mezclada (RTM) o de un forraje depende del contenido de fibra, el tamaño de partícula, la fragilidad intrínseca, el contenido de humedad y la degradabilidad de la materia orgánica (Calberry *et al.*, 2003; Tafajet *et al.*, 2007). La fibra se considera efectiva cuando es digerida en el rumen y estimula la rumia, la masticación y la salivación (Kowsar *et al.*, 2008).

Se ha observado que una vaca alimentada con una dieta con una cantidad suficiente de NDF y forraje con un corte fino puede presentar los mismos problemas metabólicos que las alimentadas con dietas bajas en fibra (Lammerset *al.*, 1996). Se han realizado varios estudios acerca de los efectos de la calidad del forraje y el contenido de concentrado sobre los procesos digestivos pero se requiere mayor investigación de cómo interactúan ambos factores (Tafajet *al.*, 2005a).

2.3. Relación Forraje: Concentrado

2.3.1. Tamaño de partícula, masticación y pH ruminal

La disminución en el tamaño de partícula causa que el animal mastique menos, por lo tanto disminuye la salivación y el pH del rumen (Heinrichset *al.*, 1999). Cuando se incrementa la fibra y el tamaño de partícula el rumiante mastica más, lo que conlleva a una producción de saliva mayor, se eleva el pH y la proporción acetato:propionato del rumen y la grasa de la leche (Kononoff y Heinrichs, 2003b).

La masticación se mide en kg/MS y depende de la raza, el tamaño, el nivel de consumo, la fibra y el tamaño de partícula (Mertens, 1997). La masticación se encarga de hacer más pequeña la partícula del alimento ingerido (Kononoff *et al.*, 2003b) que puede pasar hasta 24 horas en el rumen antes de pasar al abomaso (Kingston-Smith *et al.*, 2008). Para que las partículas mayores de 1.18 mm abandonen el rumen deben ser reducidas por trituración a través de la masticación y así producir más saliva (Kononoff y Heinrichset *al.*, 2003a). Se ha observado que

el ofrecer una dieta con el 55% de heno de alfalfa provoca más masticación y rumia que el 55% de ensilaje (Onettiet *al.*, 2004).

Los carbohidratos fermentables disminuyen el pH ruminal (Onettiet *al.*, 2003; Soitaet *al.*, 2005), ya que el nivel de éstos afecta a los ácidos producidos durante la fermentación y estos deben ser neutralizados (Krause y Combs, 2003). Un consumo alto de carbohidratos fermentables provoca que se eleve la producción de los ácidos orgánicos en el rumen ocasionando que se presente una acidosis ruminal subaguda. El pH ruminal se determina por el contenido de fibra de la dieta y el equilibrio entre la producción de los ácidos producidos durante la fermentación y la cantidad que es neutralizada o absorbida (Krause *et al.*, 2002b; Rustomoet *al.*, 2006). El consumo de fibra afecta la producción de ácido y de saliva (Rustomoet *al.*, 2006) y su capacidad de amortiguamiento se relaciona con el tiempo total de masticación (Krause y Combs, 2003).

Un pH bajo causa que disminuyan el consumo de materia seca, la motilidad ruminal, la digestión de la fibra y la síntesis de proteína microbiana, además favorece la aparición de laminitis, úlceras ruminales y abscesos hepáticos (Krause *et al.*, 2002b). El pH ruminal menor de 6.0 causa una disminución en el crecimiento de los organismos celulolíticos y un aumento en los que producen propionato (Lammerset *al.*, 1996).

Algunos estudios han evaluado los efectos del tamaño de partícula del forraje sobre el consumo y el pH ruminal, otros han evaluado los efectos de la fermentabilidad de los alimentos y el valor acidogénico sobre el consumo, pero no existe un trabajo que evalúe la relación entre el valor acidogénico del concentrado y el tamaño de partícula del forraje sobre el pH ruminal y el rendimiento de las

vacas (Rustomoet *al.*, 2006). A pesar de que se han realizado varios estudios de los efectos del tamaño de partícula sobre el consumo de materia seca, la masticación, los procesos digestivos y el rendimiento no se tiene una conclusión sobre los efectos provocados, ya que en algunos se observó que la disminución del tamaño de partícula de los ensilajes de alfalfa, maíz y cebada no afectan el pH del rumen a pesar de incrementarse el CMS, además de una baja en la grasa en la leche; pero en otras investigaciones se reportó una baja en el CMS, el pH ruminal y ningún efecto sobre la grasa de la leche. Se han realizado varios estudios del tamaño de partícula en los ensilajes ya mencionados, pero se requiere de mayor investigación del ensilaje de avena (Zebeliet *al.*, 2007; 2008b; Bhandariet *al.*, 2008).

2.3.2. Tamaño de partícula y digestibilidad

El tamaño de partícula afecta la digestión, la tasa de pasaje y la síntesis de proteína microbiana (Yang *et al.*, 2002). La disminución del tamaño de partícula del ensilaje de maíz causa un aumento en la superficie disponible para las bacterias ruminales, lo que promueve la digestión y tiene efectos positivos sobre la eficacia de su uso, además se mejora la uniformidad de las raciones totalmente mezcladas, se disminuye la selectividad durante el consumo y el riesgo de desórdenes ruminales (Zebeliet *al.*, 2008b). Aunque también se ha observado *in vivo* que disminuye la digestión debido a un incremento en la tasa de pasaje, además de una disminución en el pH debido a que el animal rumia menos (Rodriguez-Prado *et al.*, 2004).

Se ha reportado que la digestibilidad de la FDN en el tracto aumenta cuando la longitud de corte es mayor, y por lo tanto, puede existir una interacción entre la digestión de la fibra y la longitud de corte (Johnson *et al.*, 2003; Kononoff y Heinrichs, 2003a). Los resultados publicados por Balet *et al.* (2000) indicaron que las vacas alimentadas con dietas que contenían ensilaje de maíz procesado cosechado con tres longitudes de corte (0.95, 1.45 y 1.90 cm) tuvieron un incremento en el consumo de materia seca, peso corporal, producción y concentración de grasa en leche en comparación con las vacas alimentadas con un ensilaje sin procesar y de 0.95 cm de longitud (Johnson *et al.*, 2003).

La masticación produce los fragmentos de alimento que se encuentran en el rumen para que ocurra la colonización microbiana y la hidrólisis de la NDF potencialmente degradable (Ellis *et al.*, 2005). Cuando la ración incluye una cantidad baja de fibra efectiva y alta de carbohidratos fermentables se afecta la fermentación. El pH bajo causa que disminuya la digestión y se afecta la producción. La disminución en el uso de los carbohidratos con un pH ruminal bajo causa que se reduzca la síntesis de proteína microbiana (Krause *et al.*, 2002a). Cuando las partículas pasan menos tiempo en el rumen para la digestión microbiana, hay una disminución en la digestibilidad principalmente de la fibra (Lammerset *et al.*, 1996).

Existe poca información acerca de los efectos del heno largo sobre la digestión de las dietas basadas en ensilaje de maíz (Courdecet *et al.*, 2006). Existe información limitada de cómo el tamaño de partícula impactará la digestión ruminal y total, el metabolismo del N, el contenido de energía de la dieta o el rendimiento en vacas lactantes (Johnson *et al.*, 2003).

2.3.3. Tamaño de partícula y fermentación

El tamaño de partícula influye en la efectividad estructural de la RTM y su uniformidad, en los procesos digestivos, el consumo de materia seca y la producción de leche (Tafaj et al., 2005c). Las dietas bajas en fibra estructural conducen a un riesgo mayor de acidosis ruminal subaguda, además de que disminuye la energía metabolizable de la ración; por otro lado, las dietas altas en fibra estructural disminuyen el CMS, la eficacia del uso del alimento y la síntesis de proteína microbiana (Zebeli et al., 2008c).

El ensilaje de alfalfa como el de maíz son fuentes de fibra, pero afectan la fermentación de forma distinta debido a que no tienen el mismo contenido de humedad y proteína (Kowsar et al., 2008). Se puede considerar al rumen como un fermentador grande con un pH neutro. La fermentación del forraje por la microflora ruminal promueve el crecimiento bacteriano y la conversión de la proteína de la planta en proteína microbiana (Kingston-Smith et al., 2008), por lo tanto, se desea que haya una fermentación mayor en el rumen para que aumente la síntesis de proteína microbiana y la energía digestible. La fermentación eleva los ácidos grasos volátiles que deben ser neutralizados o absorbidos por la saliva (Yang et al., 2001b).

Cuando la ración incluye una cantidad baja de fibra efectiva y alta de carbohidratos fermentables se afecta la fermentación (Krause et al., 2002a). Los carbohidratos que se digieren rápidamente, como el grano de cebada, producen un incremento en el requerimiento de fibra efectiva, lo que demuestra que existe una relación entre la fermentabilidad y el tamaño de partícula, por lo que la respuesta a éste difiere por la cantidad de concentrado de la ración. Sin embargo,

el efecto del tamaño de partícula sobre el consumo es difícil de determinar porque el aumento en el CMS provoca un incremento en el consumo de almidón degradable y esto conlleva a cambios importantes en los procesos digestivos y pueden confundirse los efectos del tamaño de partícula (Zebeli *et al.*, 2007).

Se han realizado investigaciones en las que se reportaron resultados que la disminución del tamaño de partícula afectó ya sea de manera positiva o negativa la síntesis de proteína microbiana. Esta variación en los resultados puede ser por el lugar de donde se tome la muestra del contenido ruminal, ya sea del saco dorsal o ventral. No se conoce el efecto del tamaño de partícula y la relación F: C sobre la fermentación, la síntesis microbiana y la degradación en dos estratificaciones ruminales (Zebeli *et al.*, 2008c). Además, existen varios estudios acerca de los efectos productivos y fisiológicos del tamaño de partícula en las RTM, pero se han llevado a cabo pocas investigaciones acerca de la fermentación *in vitro* e *in vivo* (Tafaj *et al.*, 2005c). También, se desconoce el efecto que tiene la disminución del tamaño de partícula del ensilaje de maíz sobre la fermentación y la actividad fibrolítica (Zebeli *et al.*, 2008b).

2.4. Ovinos y caprinos

2.4.1. Cantidad óptima de fibra

El consumo adecuado de fibra es necesario para mantener una función ruminal normal ya que estimula el CMS, la masticación y la rumia para mantener la salivación y el pH ruminal para que los microorganismos celulolíticos produzcan acetato y propionato y el porcentaje de grasa en la leche se mantenga (Santini *et al.*, 1992; Bava *et al.*, 2001; Lu *et al.*, 2005). La cantidad de fibra consumida, el

tamaño de partícula, el tipo de fibra y la fermentación influyen en la rumia, la producción y el porcentaje de grasa en leche (Baeet *al.*, 1979; Santiniet *al.*, 1992, Lu *et al.*, 2005).

La fibra proporciona energía para el mantenimiento, el crecimiento, la lactancia y la reproducción a través de la degradación y la síntesis microbiana (Lu *et al.*, 2005). Las cabras son diferentes de las vacas y las ovejas en sus hábitos de alimentación, nivel de consumo y selección de la dieta, por lo tanto, para determinar la concentración óptima de fibra para la producción se debe considerar la etapa de lactancia y el nivel de producción (Santiniet *al.*, 1992, Lu *et al.*, 2005). Si se eleva la fibra en la ración habrá un incremento en la masticación y en la salivación y los microorganismos celulolíticos producirán más ácido acético (Lu *et al.*, 2005).

Se requiere que se realicen investigaciones para definir las relaciones entre el consumo de fibra, la masticación, la degradación y la síntesis microbiana, la tasa de pasaje y la biosíntesis de la grasa corporal y en la leche (Lu *et al.*, 2005)

2.4.2. Selectividad durante el consumo

Las cabras son diferentes a las vacas y ovejas en su comportamiento, el nivel y tasa de consumo, selección de la dieta y discriminación por sabor. Las cabras tienden a seleccionar las partes más digeribles de la planta lo que genera un gran desperdicio por selectividad, lo que se puede prevenir disminuyendo el tamaño de partícula del forraje de la ración cortándolo o picándolo lo que causa un incremento en el consumo de materia seca pero puede disminuir la digestibilidad y

el porcentaje de grasa en la leche. El aumento en el consumo de heno largo provoca un incremento en la eficacia de la fibra (Lu, 1987).

2.4.3. Relación forraje: concentrado

El concentrado incrementa la energía y la proteína de la dieta y mejora el uso del alimento para el crecimiento, gestación y producción (Tufarelliet *al.*, 2009). La relación F: C influye en la masticación, además el consumo de materia seca puede ser limitado por regulación fisiológica en dietas altas en concentrado o por factores físicos en dietas altas en forraje (Lu *et al.*, 2005). Se ha observado que el 65% de concentrado causa una disminución en la producción al final de la lactancia, pero puede que esto no sea igual en las otras etapas. No se ha definido el efecto de la relación F: C sobre la producción en cabras (Tufarelliet *al.*, 2009).

2.4.4. Masticación y pH ruminal

El tamaño de partícula adecuado es necesario para mantener la funcionalidad del rumen, el metabolismo balanceado y la salud del animal (AsadiAlamoutiet *al.*, 2009). La reducción del tamaño de partícula se ve afectada por la masticación, la rumia, la fermentación microbiana y las contracciones ruminales (Kerleyet *al.*, 1985a). La masticación influye en la salivación que es importante para la dilución y el amortiguamiento del líquido ruminal y en la producción de acetato, que es precursor de la grasa en la leche (Lu *et al.*, 1987; 2005). Se ha observado una cantidad mayor de partículas menores de 1 mm en la digesta de las cabras que en la de las ovejas, por lo que se ha concluido que los caprinos son más eficientes masticando (Domingueet *al.*, 1991).

El pH ruminal es importante para la composición de los ácidos grasos. El pH alto favorecerá a los microorganismos celulolíticos que producen más ácidos acético y butírico. El pH bajo favorece a los microorganismos aminolíticos que producen más ácido propionico. La salivación por su capacidad amortiguadora provoca un aumento en el pH favoreciendo más a los microorganismos celulolíticos produciendo más ácidos acético y butírico. El incremento en el tamaño de partícula causa un aumento en el pH y en la relación acetato: propionato (Lu *et al.*, 2005).

El suministro de forraje con una cantidad alta de carbohidratos muy degradables en dietas mezcladas provoca que caiga el pH ruminal rápidamente, por lo tanto, se sugiere suplementar forrajes ricos en fibra soluble o alimentos altos en FDN digestible porque estos tienen un efecto menos negativo en el rumen que el almidón y los azúcares. Se han realizado varios estudios para medir los efectos de las fuentes de carbohidratos no fibrosos sobre el rendimiento y el metabolismo de ovejas, pero ninguno ha comparado fuentes diferentes de carbohidratos solubles en detergente neutro en dietas mezcladas con tamaños de partícula distintos (AsadiAlamoutiet *al.*, 2009).

2.4.5. Digestibilidad

La composición química y física de los alimentos afectan el consumo, la digestibilidad y la tasa de pasaje (Lu, 1987). La reducción en el tamaño de partícula por la masticación y la rumia afecta la digestión del forraje en las cabras (Lu *et al.*, 2005). La digestión microbiana debilita la pared celular de la planta y facilita el rompimiento de la partícula (Domingueet *al.*, 1991).

La masticación durante el consumo y la rumia disminuyen el tamaño de partícula, aumenta la superficie disponible para los microorganismos ruminales y las enzimas, y aumenta la tasa de pasaje de la digesta porque se altera el CMS (Domingueet *al.*, 1991; Kerleyet *al.*, 1985a; Kinseret *al.*, 1985; Lu *et al.*, 2005). Aunque se ha observado que también influye la calidad del forraje, ya que en forrajes de calidad baja la digestibilidad puede ser reducida menos por el peletizado y se produce un aumento mayor en el CMS. Se ha observado que la digestión del forraje en forma de pellet disminuye pero aumenta en el intestino delgado. Faichney et al. (2004) reportaron que la digestibilidad está en función del tiempo de retención.

Se desconocen los efectos de la disminución del tamaño de partícula y el contenido de fibra sobre el suministro de los nutrientes en el tracto gastrointestinal de las ovejas (Faichney y Brown, 2004).

2.4.6. Tasa de pasaje

La disminución del tamaño de partícula causa que se eleve el consumo de materia seca debido a que el tiempo de retención del forraje en el rumen es menor (Bavaet *al.*, 2001). Para maximizar el CMS los residuos indigestibles deben abandonar el rumen. En vacas y ovejas, la disminución del tamaño de partícula causa un incremento en el CMS y afecta el metabolismo del rumen alterando la producción de AGV, la materia orgánica digestible, el pH del rumen y la tasa de pasaje (AsadiAlamoutiet *al.*, 2009).

El tamaño de partícula de los forrajes peletizados casi es igual al de las partículas que abandonan el rumen y lo hacen rápidamente ocasionando que haya poco

tiempo para la digestión microbiana. Al abandonar el rumen tan rápido, hay un aumento en la tasa de pasaje y por lo tanto, también en el consumo. El tamaño de la partícula en el rumen tiene un rango de .2 a >1.2 mm. Las partículas que dejan el rumen son menores a 1.2 mm. Las ovejas tienen una cantidad menor de partículas mayores de 1.2 mm que las vacas (Martz y Belyea, 1986). Los forrajes tiene un tamaño de partícula crítico, el cual es de 1 mm para las ovejas ya que las partículas mayores de esa medida no logran pasar al abomaso, y se encontró que las partículas que dejan el rumen de las ovejas pasan por una criba de .84 mm (Domingueet *al.*, 1991; Kerleyet *al.*, 1985a; Kinseret *al.*, 1985; Soitaet *al.*, 2000). La cabra tiene una tasa de pasaje mayor que los otros rumiantes. En las cabras, el contenido ruminal es reemplazado con más frecuencia porque tienen menos tiempo de retención y para digerir el alimento (Sanz-Sampelayoet *al.*, 2007).

III. MATERIALES Y METODOS

3. Procedimiento Experimental

3.1. Descripción del sitio experimental

El experimento se realizó en la posta caprina que se encuentra dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, ubicada en el Periférico Raúl López Sánchez y Carretera a Santa Fe en Torreón, Coahuila, en las coordenadas geográficas al norte 29° 53', al sur 24° 32' de latitud norte; al este 99° 51', al oeste 103° 58' de longitud oeste (INEGI 2000).

3.2. Animales

Para este estudio se utilizaron cuatro cabras de la raza Alpino Francesa fistuladas ruminalmente, multíparas al final de la lactancia, de entre 5 y 7 años de edad. Las cabras fueron puestas en corrales individuales.(Kerley *et al.*, 1985a).

3.3. Tratamientos

Las cabras se alimentaron 2 veces al día, a las 9:00 am y a las 2:30 pm, con una TMR a libre acceso. Se les proporciono 2700g de TMR (Ración Totalmente Mesclada por sus siglas en ingles) y en cada servida se suministrará el 50% de la ración. A los animales se les ofreció al azar una de 4 dietas, que consistió en heno de alfalfa corto (Cr) o largo (L), en combinación con una proporción forraje (F): concentrado (C) alta (F60), en el cual el 60% fue forraje y 40% concentrado, mientras que en la baja (F35), del cual 35% fue forraje y 65% de concentrado (Johnson *et al.*, 2003). La composición de la ración se muestra en el cuadro 3.5.1.

3.4. Periodo de estudio

Se alimentaron por periodos y cada periodo consistió de 13 días de adaptación y 1 día para la toma de muestras. Posteriormente, a las cabras se las intercambio la dieta para cumplir con los 4 periodos requeridos. El alimento ofrecido y los rechazos, se pesaron, registraron diariamente y se tomaron muestras de la TMR y el heno de alfalfa por 3 días en los 4 periodos para determinar el tamaño de partícula, la materia seca y su composición química (Johnson *et al.*, 2003).

3.5. Composición Química de la Dieta.

CUADRO 3.5.1. Composición Química de la ración.

Dieta en kg de Materia Seca				
Relación Forraje Concentrado (F: C)				
Ingredientes	F 60: Cr	F 60: Lr	F 35: Cr	F 35: Lr
Heno de alfalfa	1.35	1.35	0.79	0.79
Maíz	0.52	0.52	0.69	0.69
Salvado de trigo	0.06	0.06	0.40	0.40
Soya de sobrepaso	0.14	0.14	0.10	0.10
Grano de destilería	0.09	0.09	0.22	0.22
Carbonato de calcio	0.00	0.00	0.05	0.05
Fostatodicalcico	0.01	0.01	0.00	0.00
Megalac	0.10	0.10	0.00	0.00
Composición Química				
DM %	100.0	100.00	100.00	100.00
Forraje %	59.63	59.6	35.19	35.19
CP %	16.98	16.98	16.91	16.91
NEI (mCal/kg)	1.82	1.82	1.84	1.84
ADF (%)	23.89	23.89	18.5	18.5
NDF (%)	31.37	31.37	29.7	29.7
NFC (%)	39.67	39.67	43.96	43.96

¹La dieta consta de dos niveles de tamaño de partícula de forraje, corto y largo, y dos valores nutricionales diferentes.

3.6. pH ruminal y Consumo de Materia Seca

El líquido ruminal se recolecto el último día del período experimental (día 14) a intervalos de 4 h, se filtró en una manta y recolecto 50 ml en un tubo. Inmediatamente después de recolectar el líquido ruminal se midió el pH con un potenciómetro Twin waterproof pH modelo B- 213.(Krause *et al.*, 2002b).

La materia seca se determinó tomando una muestra de aproximadamente 10 g de alimento, la cual se depositó en un recipiente que se pesó antes de colocarle la muestra, después de esto se colocó en la estufa para que se secase a 60°C, a las 24 h se retiró la muestra de la estufa y se pesó la muestra junto con el recipiente, los resultados se obtenían restándole al peso final el peso del recipiente, y luego dividiéndolo entre los g de muestra y se multiplicándolo por cien para expresar los resultados en porcentaje (Sanz Sampelayo et al. 2007).

3.7. Análisis estadístico

El experimento considero a los animales y las dietas en un cuadrado latino 4x4 con un arreglo factorial 2x2, siendo el factor A tamaño de partícula corta (Cr) y larga (Lr) y factor B cantidad de forraje (60 y 35 %) para evaluar el efecto de los 4 tratamientos sobre el pH Ruminal y el Consumo de Materia Seca. El análisis estadístico se realizó con el SAS versión 9 (2004), para cada una de las variables a medir (Statistical Analysis System, 2004).

IV. Resultados

Este trabajo se realizó con la finalidad de determinar el efecto de la relación Forraje Concentrado y la distribución del tamaño de partícula sobre el consumo de Materia Seca y el pH ruminal, los resultados se muestran en el Cuadro 4.1.

CUADRO 4.1. Efectos de la relación forraje concentrado (F: C) y la longitud de las partículas del forraje (FPL) sobre el pH ruminal y el Consumo de Materia Seca (CMS).

RELACIÓN FORRAJE-CONCENTRADO (F: C)					
	F 60:Cr	F60: Lr	F 35: Cr	F 35: Lr	S
CMS	2414.0 ^a	2317.3 ^b	2116.0 ^b	1999.8 ^b	**
pH	6.249 ^a	6.159 ^b	6.104 ^b	5.899 ^b	*

Los datos son reportados como medias de cuadrados.

S ** = Altamente significativo (P = 0.0044).

S * = Significativo (P = 0.0454)

F 60: Cr= Forraje 60 Corto, F 60:Lr= Forraje 60 Largo.

F 35: Cr= Forraje 35 Corto, F 60: Cr=Forraje 35 Largo.

En ese cuadro se observa que el CMS fue diferente entre tratamientos (P < 0.05), de tal forma que la cantidad mayor de forraje y el tamaño corto provocaron más CMS (2414 vs 2317 g, respectivamente). Al reducir la cantidad de forraje, sin importar el tamaño de partícula, no tuvo efecto sobre el CMS (P > 0.05). En todos los tratamientos se observa mayor consumo con los grupos de longitud corta, aunque en el tratamiento F35: Cr (21160) y F35: Lr (1999.8) se denota sólo diferencia numérica.

Con respecto al efecto de los tratamientos sobre el pH ruminal, se aprecia diferencia significativa (P < 0.05) entre tratamientos, de tal forma que el grupo F60: Cr (6.249) tuvo un pH mayor que el F60: Lr (6.159), aunque en ambos casos el valor del pH fue superior a 6.0. Sin importar el tamaño de partícula, no se observó efecto de tratamientos al disminuir la cantidad de forraje sobre el pH del rumen.

V. Discusión

Los resultados de este trabajo confirman la hipótesis planteada en este trabajo, ya que ni la relación forraje concentrado ni el tamaño de partícula afectaron negativamente el consumo ni disminuyeron el pH ruminal.

Sin importar la cantidad de forraje en los tratamientos de este experimento al reducir el tamaño de partícula se incrementó el consumo de MS, lo cual puede explicarse debido al menor tiempo de retención de las partículas en el rumen (Bava et al. 2001), aunque lo anterior disminuye la digestibilidad de la MS por un menor tiempo disponible para su degradación.

En este experimento, en el tratamiento con más cantidad de forraje se observó diferencia significativa ($P < 0.05$) en el CMS (2414 vs 2317 g) de las cabras alimentadas con el tamaño de partícula corto, lo cual coincide con lo reportado por Lu (1987) quién encontró que el consumo de forraje, concentrado y CMS total fue significativamente más alto en cabras lactantes alimentadas con una longitud media de partícula más pequeña, ese investigador también señala que la reducción del tamaño de partícula por la molienda o por el picado incrementa tanto el CMS y la tasa de pasaje de la MS en el rumen.

La reducción del tamaño de partícula ha demostrado incrementar el CMS y alterar el metabolismo del rumen por los cambios en la producción de AGV, digestibilidad de la materia orgánica y el pH ruminal (AsadiAlamuti et al. 2009), en esta prueba, lo anterior se confirma con los resultados obtenidos en los tratamientos con más forraje y sin importar el tamaño de partícula donde se obtuvieron diferencias significativas ($P < 0.05$).

AsadiAlamouti (2009) señalan que una reducción en el tamaño de partícula ha demostrado incrementar el consumo y alterar el pH ruminal en ovejas y el ganado. Con respecto al tratamiento F60: Cr el pH fue mayor ($P < 0.05$) que el F60: Lr aunque en ambos casos fue superior a 6, lo que no puede afectar la población microbiana ruminal que degrada la fibra (Bava et al. 2001). Estos investigadores compararon una dieta con fibra forrajera contra una que sólo incluyó fibra de subproductos no forrajeros y sus resultados mostraron que en las dietas sin forraje nunca disminuyeron el pH por debajo de 6.2 valor que puede ser considerado suficiente alto para mantener la fermentación ruminal normalmente y demuestran que las cabras pueden ser alimentadas sin forraje en las dietas, lo cual no provoca daños ruminales a los caprinos.

En los tratamientos F35 (Cr y Lr) no se observaron efectos de tratamiento sobre el Ph del rumen aunque el F35:Cr fue numéricamente superior que el F35:C, lo anterior podría deberse al hecho de que la cantidad de almidón en esas dietas haya provocado una mayor acumulación de ácido láctico y una disminución en el pH (Cantalapiedra-Hijar 2009), además de que en dietas mezcladas donde el forraje es acompañado de cantidades apreciables de carbohidratos rápidamente degradables, el pH ruminal puede caer tan rápidamente que cualquier ventaja de reducir el tamaño de partícula de forraje en la promoción de un mayor consumo y la productividad es desfavorable negado desfavorablemente (Asadi-Alamouti et al. 2009) y porque podría ser que las dietas de tamaño de partícula corto no requirieron demasiada rumia para alcanzar el promedio < 1.00 mm requeridos para abandonar el rumen, en cambio con el tamaño de partícula largo se pudo haber requerido más tiempo de retención para lograr ese porcentaje,

acumulándose con ello ácido láctico y AGV en mayor cantidad (Domingue et al. 1991).

Se requiere más información sobre los efectos de la cantidad de forraje y concentrado y el tamaño de partícula sobre la producción de AGV, producción y composición de la leche, así como el efecto de esas variables sobre la eficiencia lechera en cabras.

VI. Conclusiones

Los resultados de este experimento permiten concluir que sin importar la cantidad de forraje en la dieta, al disminuir el tamaño de partícula se incrementa el consumo de materia seca. Así mismo, se confirma que las cabras son menos susceptibles a los efectos del aumento de concentrado y el tamaño de partícula sobre la disminución del pH ruminal, sin importar el nivel de forraje en la ración.

VII. Literatura citada

- AsadiAlamouti, A., G. R. Ghorbani, M. Alikhani, H. R. Rahmani, A. TeimouriYansari, y K. H. Südekum. 2009. Effects of lucerne particle size and source of dietary carbohydrates on in situ degradation and ruminal variables in sheep. *Czech J. Anim. Sci.* 6: 277-285.
- Bae, Don Ho, Welch, J.G., Smith, A.M. (1979). Forage Intake and Rumination by Sheep. *J AnimSci.* 49:1292-1299. Kinser, A.R., Kerley, M.S., Fahey, G.C., Berger, L.L. (1985). Effect of Roughage Particle Size on Ruminal, Digestive and Metabolic Characteristics of Early-Weaned Lambs Fed Pelleted Corn-cob-Concentrate Diets. *J Anim Sci.* 61:514-524.
- Bal, M.A., Shaver, R.D., Jirovec, A.G., Shinnars, K.J., Coors, J.G.. (2000). Crop Processing and Chop Length of Corn Silage: Effects on Intake, Digestion, and Milk Production by Dairy Cows. *J Dairy Sci* 83:1264–1273.
- Bava, L., L. Rapetti, G. M. Crovetto, A. Tamburini, A. Sandrucci, G. Galassi, y G. Succi. 2001. Effects of a nonforage diet on milk production, energy, and nitrogen metabolism in dairy goats throughout lactation. *J Dairy Sci* 84: 2450-2459.
- Beauchemin, K. A., W. Z. Yang, y L. M. Rode. 2003. Effects of particle size of alfalfa-based dairy cow diets on chewing activity, ruminal fermentation, and milk production. *J Dairy Sci* 86: 630-643.
- Beauchemin, K. A., y W. Z. Yang. 2005. Effects of physically effective fiber on intake, chewing activity, and ruminal acidosis for dairy cows fed diets based on corn silage. *J Dairy Sci* 88: 2117-2129.

- Bhandari, S. K., K. H. Ominski, K. M. Wittenberg, y J. C. Plaizier. 2007. Effects of chop length of alfalfa and corn silage on milk production and rumen fermentation of dairy cows. *J Dairy Sci* 90: 2355-2366.
- Bhandari, S. K., S. Li, K. H. Ominski, K. M. Wittenberg, y J. C. Plaizier. 2008. Effects of the chop lengths of alfalfa silage and oat silage on feed intake, milk production, feeding behavior, and rumen fermentation of dairy cows. *J Dairy Sci* 91: 1942-1958.
- Bhatti, S. A., J. G. Bowman, J. L. Firkins, A. V. Grove, y C. W. Hunt. 2008. Effect of intake level and alfalfa substitution for grass hay on ruminal kinetics of fiber digestion and particle passage in beef cattle. *J AnimSci* 86: 134-145.
- Calberry, J. M., J. C. Plaizier, M. S. Einarson, y B. W. McBride. 2003. Effects of replacing chopped alfalfa hay with alfalfa silage in a total mixed ration on production and rumen conditions of lactating dairy cows. *J DairySci* 86: 3611-3619.
- Cantalapiedra-Hijar, G., Yáñez-Ruiz, D.R., Martín-García, A.I., Molina-Alcaide, M. (2009). Effects of forage:concentrate ratio and forage type on apparent digestibility, ruminal fermentation, and microbial growth in goats. *JAnimSci*. 87:622-631.
- Clark, P. W., y L. E. Armentano. 2002. Influence of particle size on the effectiveness of the fiber in alfalfa silage. *J Dairy Sci* 85: 3000-3007.
- DeVries, T.J., Beauchemin, K.A., Keyserlingk, M.A.G. (2007). Dietary Forage Concentration Affects the Feed Sorting Behavior of Lactating Dairy Cows. *J Dairy Sci*. 90:5572–5579.

- Domingue, B. M., D. W. Dellow, et al. (1991). "The efficiency of chewing during eating and ruminating in goats and sheep." *Br J Nutr* 65(3): 355-363.
- Eastridge, M. L. 2006. Major advances in applied dairy cattle nutrition. *J Dairy Sci* 89: 1311-1323.
- Einarson, M.S., Plaizier, J.C., Wittenberg, K.M. (2004). Effects of Barley Silage Chop Length on Productivity and Rumen Conditions of Lactating Dairy Cows Fed a Total Mixed Ration. *J. Dairy Sci.* 87:2987–2996.
- Ellis, W.C., Mahlooji, M., Lascano, C.E., Matis J.H. (2005) Effects of size of ingestively masticated fragments of plant tissues on kinetics of digestion of NDF. *J Anim Sci.* 83:1602-1615.
- Faichney, G.J., Teleki, E., Brown, G.H. (2004). Effect of physical form of a lucerne hay on digestion and rate of passage in sheep. *Australian Journal of Agricultural Research.* 55: 1253-1262.
- Faichney, G.J., Brown, G.H. (2004). Effect of physical form of a lucerne on rumination and the passage of particles from the rumen sheep. *Australian Journal of Agricultural Research.* 55: 1263-1270.
- Heinrichs, A. J., D. R. Buckmaster, y B. P. Lammers. 1999. Processing, mixing, and particle size reduction of forages for dairy cattle. *J Anim Sci* 77: 180-186.
- INEGI. Coahuila de Zaragoza. XII Censo General de Población y Vivienda 2000.
- Johnson, L.M., Harrison, J.H., Davidson, D., Mahanna, W.C., Shinnars, K. (2003). Corn Silage Management: Effects of Hybrid, Chop Length, and Mechanical Processing on Digestion and Energy Content. *J. Dairy Sci.* 86:208–231.

- K. M. Cooke, K.M., Bernard, J.K. (2005). Effect of Length of Cut and Kernel Processing on Use of Corn Silage by Lactating Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 88:310–316.
- Kerley, M.S., Firkins, J.L., Fahey, G.C., Berger, L.L. (1985). Roughage Content and Particle Size: Their Effects on Size Reduction and Fiber Composition of Particles Passing Through the Gastrointestinal Tract of Sheep fed Corn-cob-Concentrate Diets. *J DairySci* 68:1363-1375.
- Kerley, M.S., Kinser, A.R., Firkins, J.L., Fahey, G.C., Berger, L.L. (1985). Effects of Roughage Particle Size on Site of Nutrient Digestion and Digesta Flow Through the Gastrointestinal Tract of Sheep Fed Corn-cob-Concentrate Diets. *J Anim Sci.* 61:504-513.
- Kingston-Smith, A. H., T. E. Davies, J. E. Edwards, y M. K. Theodorou. 2008. From plants to animals; the role of plant cell death in ruminant herbivores. *Journal of Experimental Botany* 59: 521-532.
- Kononoff, P. J., A. J. Heinrichs, y D. R. Buckmaster. 2003. Modification of the penn state forage and total mixed ration particle separator and the effects of moisture content on its measurements. *J Dairy Sci* 86: 1858-1863.
- Kononoff, P. J., y A. J. Heinrichs. 2003. The effect of corn silage particle size and cottonseed hulls on cows in early lactation. *J Dairy Sci* 86: 2438-2451.
- Kononoff, P. J., y A. J. Heinrichs. 2003. The effect of reducing alfalfa haylage particle size on cows in early lactation. *J Dairy Sci* 86: 1445-1457.
- Kowsar, R., G. R. Ghorbani, M. Alikhani, M. Khorvash, y A. Nikkhah. 2008. Corn silage partially replacing short alfalfa hay to optimize forage use in total mixed rations for lactating cows. *J Dairy Sci* 91: 4755-4764.

- Krause, K. M., D. K. Combs, y K. A. Beauchemin. 2002. Effects of forage particle size and grain fermentability in midlactation cows. li. Ruminant ph and chewing activity. J Dairy Sci 85: 1947-1957.
- Krause, K. M., D. K. Combs, y K. A. Beauchemin. 2002. Effects of forage particle size and grain fermentability in midlactation cows. li. Ruminant ph and chewing activity. J Dairy Sci 85: 1947-1957.
- Krause, K. M., y D. K. Combs. 2003. Effects of forage particle size, forage source, and grain fermentability on performance and ruminal ph in midlactation cows. J Dairy Sci 86: 1382-1397.
- Lammers, B. P., D. R. Buckmaster, y A. J. Heinrichs. 1996. A simple method for the analysis of particle sizes of forage and total mixed rations. J Dairy Sci 79: 922-928.
- Leonardi, C., Armentano, L.A. (2003). Effect of Quantity, Quality, and Length of Alfalfa Hay on Selective Consumption by Dairy Cows. J. Dairy Sci. 86:557–564.
- Lu, C. D. (1987). Implication of forage particle length on chewing activities and milk production in dairy goats. J Dairy Sci 70: 1411-1416.
- Lu, C. D., J.R. Kawas, y O. G. Mahgou. 2005. Fibre digestion and utilization in goats. Small Ruminant Research 60: 45-52.
- Martz, F.A., Belyea, R.L. (1986). Role of Particle Size and Forage Quality in Digestion and Passage by Cattle and Sheep. J Dairy Sci 69:1996-2008.
- Mertens, D. R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. J Dairy Sci 80: 1463-1481.

- Onetti, S. G., R. D. Shaver, S. J. Bertics, y R. R. Grummer. 2003. Influence of corn silage particle length on the performance of lactating dairy cows fed supplemental tallow. *J Dairy Sci* 86: 2949-2957.
- Onetti, S. G., S. M. Reynal, y R. R. Grummer. 2004. Effect of alfalfa forage preservation method and particle length on performance of dairy cows fed corn silage-based diets and tallow. *J Dairy Sci* 87: 652-664.
- Plaizier, J. C., D. O. Krause, G. N. Gozho, y B. W. McBride. 2009. Subacute ruminal acidosis in dairy cows: The physiological causes, incidence and consequences. *The Veterinary Journal* 176: 21-31.
- Q. Zebeli, Q., Mansmann, D., Steingass, H., Ametaj, B.N.(2010). Balancing diets for physically effective fibre and ruminally degradable starch: A key to lower the risk of sub-acute rumen acidosis and improve productivity of dairy cattle. *Livestock Science* 127 :1–10.
- Rodríguez - Prado,M., Calsamiglia, S., Ferret, A. (2004). Effects of Fiber Content and Particle Size of Forage on the Flow of Microbial Amino Acids from Continuous Culture Fermenters. *J. Dairy Sci.* 87:1413–1424.
- Rustomo, B., O. AlZahal, N. E. Odongo, T. F. Duffield, y B. W. McBride. 2006. Effects of rumen acid load from feed and forage particle size on ruminal pH and dry matter intake in the lactating dairy cow. *J Dairy Sci* 89: 4758-4768.
- Santini, F. J., Lu, C.D., Potchoiba, M.J., Fernandez, J.M., Cole Man, S. W. (1992). Dietay Fiber and Milk Yield, Mastication, Digestion and Rate of Passage in Goats Fed Alfalfa.Hay. 1992 *J DairySci* 75:209-219.

- Sanz Sampelayo, M. R., L. Perez, J. Boza, y L. Amigo. 1998. Forage of different physical forms in the diets of lactating granadina goats: Nutrient digestibility and milk production and composition. *J Dairy Sci* 81: 492-498.
- SanzSampelayo, M. R., Y. Chilliard, P. Schmidely, y J. Boza. 2007. Influence of type of diet on the fat constituents of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research* 68: 42-63.
- SAS. 2004. Statistical Analysis System. SAS Institute Inc. Cary, North Carolina. USA.
- Schmidely, P., M. Lloret-Pujol, P. Bas, A. Rouzeau, y D. Sauvant. 1999. Influence of feed intake and source of dietary carbohydrate on milk yield and composition, nitrogen balance, and plasma constituents of lactating goats. *J Dairy Sci* 82: 747-755.
- 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.
- Soita, H. W., M. Fehr, D. A. Christensen, y T. Mutsvangwa. 2005. Effects of corn silage particle length and forage:Concentrate ratio on milk fatty acid composition in dairy cows fed supplemental flaxseed. *J Dairy Sci* 88: 2813-2819.
- T. J. DeVries, T.J., Keyserlingk, M. A. G. Von., Beauchemin, K. A. (2005). Frequency of Feed Delivery Affects the Behavior of Lactating Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 88:3553–3562.
- Tafaj, M., A. Maulbetsch, Q. Zebeli, H. Steingass, y W. Drochner. 2005. Effects of physically effective fibre concentration of diets consisting of hay and slowly

- degradable concentrate on chewing activity in mid lactation dairy cows under constant intake level. *Arch Anim Nutr* 59: 313-324.
- Tafaj, M., Q. Zebeli, B. Junck, H. Steingass, y W. Drochner. 2005. Effects of particle size of a total mixed ration on in vivo ruminal fermentation patterns and inocula characteristics used for in vitro gas production. *Animal Feed Science and Technology* 123-124: 139-154.
- Tafaj, M., Q. Zebeli, C. Baes, H. Steingass, y W. Drochner. 2007. A meta-analysis examining effects of particle size of total mixed rations on intake, rumen digestion and milk production in high-yielding dairy cows in early lactation. *Animal Feed Science and Technology* 138: 137-161.
- Tafaj, M., Steingass, H. and Drochner, W. (2001). Influence of hay particle size at different concentrate and feeding levels on digestive processes and feed intake in ruminants. 2. passage, digestibility and feed intake', *Archives of Animal Nutrition*. 54:3,243-259.
- Tafaj, M., V. Kolaneci, B. Junck, A. Maulbetsch, H. Steingass, y W. Drochner. 2005. Influence of fiber content and concentrate level on chewing activity, ruminal digestion, digesta passage rate and nutrient digestibility in dairy cows in late lactation. *Asian-Aust. J. Anim. Sci* 18: 1116-1124.
- TeimouriYansari, A., R. Valizadeh, A. Naserian, D. A. Christensen, P. Yu, y F. EftekhariShahroodi. 2004. Effects of alfalfa particle size and specific gravity on chewing activity, digestibility, and performance of holstein dairy cows. *J DairySci* 87: 3912-3924.

- Tufarelli, V., M. Dario, y V. Laudadio. 2009. Forage to concentrate ratio in jonica breed goats: Influence on lactation curve and milk composition. *Journal of Dairy Research* 76: 124-128.
- VandeHaar, M.J., St-Pierre†, N. (2006). Major Advances in Nutrition: Relevance to the Sustainability of the Dairy Industry *J. Dairy Sci.* 89:1280–1291.
- Yang, W. Z., K. A. Beauchemin, y L. M. Rode. 2002. Effects of particle size of alfalfa-based dairy cow diets on site and extent of digestion. *J Dairy Sci* 85: 1958-1968.
- Yang, W. Z., y K. A. Beauchemin. 2005. Effects of physically effective fiber on digestion and milk production by dairy cows fed diets based on corn silage. *J Dairy Sci* 88: 1090-1098.
- Yang, W. Z., y K. A. Beauchemin. 2006. Physically effective fiber: Method of determination and effects on chewing, ruminal acidosis, and digestion by dairy cows. *J Dairy Sci* 89: 2618-2633.
- Zebeli, Q., M. Tafaj, I. Weber, H. Steingass, y W. Drochner. 2008. Effects of dietary forage particle size and concentrate level on fermentation profile, in vitro degradation characteristics and concentration of liquid- or solid-associated bacterial mass in the rumen of dairy cows. *Animal Feed Science and Technology* 140: 307-325.
- Zebeli, Q., M. Tafaj, I. Weber, J. Dijkstra, H. Steingass, y W. Drochner. 2007. Effects of varying dietary forage particle size in two concentrate levels on chewing activity, ruminal mat characteristics, and passage in dairy cows. *J Dairy Sci* 90: 1929-1942.

Zebeli,Q., Ametaj, B.N., Junck, B., Drochner, W. (2009). Maize silage particle length modulates feeding patterns and milk composition in loose-housed lactating Holstein cows. *Livestock Science*.