

**Efecto del tamaño de partícula de la ración
totalmente mezclada y la relación forraje
concentrado sobre las preferencias de
alimentación en vacas lecheras**

Diego José Saldaña Araúz

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2014

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Efecto del tamaño de partícula de la ración totalmente mezclada y la relación forraje concentrado sobre las preferencias de alimentación en vacas lecheras

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Diego José Saldaña Araúz

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2014

Efecto del tamaño de partícula de la ración totalmente mezclada y la relación forraje concentrado sobre las preferencias de alimentación en vacas lecheras

Presentado por:

Diego José Saldaña Araúz

Aprobado:

Celia O. Trejo, Ph.D.
Asesora Principal

Renán Pineda, Ph.D.
Director
Departamento de Ciencia y Producción
Agropecuaria

Jud Heinrichs, Ph.D.
Asesor

Raúl H. Zelaya, Ph.D.
Decano Académico

Efecto del tamaño de partícula de la ración totalmente mezclada y la relación forraje concentrado sobre las preferencias de alimentación en vacas lecheras

Diego José Saldaña Araúz

Resumen. Al proporcionar dietas altamente fermentables, la producción de ácidos grasos volátiles aumenta rápidamente y es excesiva. Por tal razón, el ambiente ruminal no puede neutralizar o absorber dichos ácidos grasos y ocurre una acidosis ruminal subaguda. El objetivo fue determinar si las vacas lecheras seleccionan, de la ración totalmente mezclada, partículas largas de forraje cuando se alimentan con altas cantidades de concentrado y su efecto sobre acidosis ruminal subaguda. Se utilizaron doce vacas (seis vacas por tratamiento) Holstein multíparas, con 74 ± 27 días en lactancia, peso promedio de 645 ± 70 kg y 2.72 ± 0.65 partos promedio. A cada vaca se le asignó una dieta de partícula larga o corta para estudiar el efecto del tamaño de partícula a diferentes relaciones forraje concentrado, durante dos periodos de veintiséis días cada uno. Cada periodo se dividió en fases: adaptación, referencia, inducción y recuperación. Se tomaron muestras de la dieta ofrecida a 0, 8, 16 y 24 horas después de servida para determinar la distribución del tamaño de partícula. El contenido ruminal fue recolectado del área dorsal, ventral, craneal y media del rumen a 0.0, 3.5, 5.5, 8.5, 11.5, 14.5, 18.0, y 24.5 horas después de alimentarse para determinar el pH ruminal durante cada periodo. Las partículas retenidas en el tamiz de 19.0 mm mostraron patrones similares ($P > 0.05$) en el transcurso del día para cada dieta en las fases de referencia y recuperación con una dieta de partícula larga. Cantidades crecientes de partículas fueron retenidas en el tamiz de 8.0 mm hasta 16 horas después de alimentación en la dieta de partícula corta ($P=0.05$), donde se estableció la selección del alimento durante la fase de inducción. Existió una diferencia significativa en el pH ruminal promedio entre ambos tratamientos durante la etapa de referencia e inducción, lo cual no ocurrió durante la etapa de recuperación. Durante la etapa de inducción, el pH ruminal decreció considerablemente tanto en la dieta corta como en la dieta larga (5.05 y 5.03 respectivamente). Se concluyó que las vacas después de 16 horas de ofrecida la dieta de partícula corta empezaron a seleccionar partículas largas. Adicionalmente la dieta demostró que las vacas fueron inducidas a una acidosis ruminal subaguda ya que el pH ruminal disminuyó drásticamente.

Palabras claves: Acidosis ruminal, selección, tamaño de partícula.

Abstract. By providing highly fermentable diets, the production of volatile fatty acids rapidly increases and it is excessive. For this reason, the rumen environment can't neutralize or absorb these acids and a subacute ruminal acidosis occurs. The objective was to determine if dairy cows selected from the total mixed ration long forage particles when we fed high amounts of concentrate and its effect on subacute ruminal acidosis. Twelve cows (six cows per treatment) multiparous Holstein, with 74 ± 27 days in milk, average weight of 645 ± 70 kg and 2.72 ± 0.65 average births were used. Each cow was given a diet of long or short particle to study the effects of forage particle size at varying forage to concentrate ratios for two periods of twenty days each. Each period is divided into phases: adaptation, reference, induction and recovery. Offered diet samples were taken at 0, 8, 16 and 24 hours after served to determine the particle size distribution. The ruminal contents

were collected from the dorsal, ventral, cranial and middle area of the rumen at 0.0, 3.5, 5.5, 8.5, 11.5, 14.5, 18.0 and 24.5 hours after feeding to determine ruminal pH during each period. Particles retained on the 19.0 mm sieve showed similar patterns ($P > 0.05$) during the day for the reference phase and recovery phase on a diet of long particle. Increasing amounts of particles were retained on the sieve of 8.0 mm up to 16 hours after feeding in the diet of short particle ($P = 0.05$), where the particle selection was established during the induction phase. There was a significant difference in mean ruminal pH between treatments during the reference phase and induction phase, which did not occur during the recovery phase. During the induction phase, ruminal pH decreased considerably both in the short and long diet (5.05 and 5.03 respectively). These result showed that particle selection started after 16 h of offered the short particle diet. Additionally the short particle diet showed that cows were induced subacute ruminal acidosis because the rumen pH dropped drastically.

Key words: Diet selection, particle size, ruminal acidosis.

CONTENIDO

	Portadilla.....	i
	Página de firmas	ii
	Resumen	iii
	Contenido	v
	Índice de cuadros y figuras.....	vi
1	INTRODUCCIÓN.....	1
2	MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	6
4	CONCLUSIONES.....	16
5	RECOMENDACIONES.....	17
6	LITERATURA CITADA.....	18

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadros	Página
1. Composición de las dietas experimentales.....	4
2. Distribución del tamaño de partícula de las dietas experimentales....	6
3. Efecto de alimentar ensilaje de maíz de partícula corta o larga en la ración totalmente mezclada sobre el pH ruminal durante la etapa de referencia, inducción y recuperación	15

Figuras	Página
1. Efecto de alimentar ensilaje de maíz ya sea de partícula corta o larga en una proporción de forraje concentrado 65:35 sobre la distribución del tamaño de partículas del rechazo para tamices de 19.0 (A), 8.0 (B), 4.0 mm (C) y tazón (D) en día 13 de referencia.....	9
2. Efecto de alimentar ensilaje de maíz ya sea de partícula corta o larga en una proporción de forraje concentrado 50:50 sobre la distribución del tamaño de partículas del rechazo para tamices de 19.0 (A), 8.0 (B), 4.0 mm (C) y tazón (D) en día 15 de inducción.....	11
3. Efecto de alimentar ensilaje de maíz ya sea de partícula corta o larga en una proporción de forraje concentrado 65:35 sobre la distribución del tamaño de partículas del rechazo para tamices de 19.0 (A), 8.0 (B), 4.0 mm (C) y tazón (D) en día 20 de recuperación.....	14

1. INTRODUCCIÓN

Alimentando con dietas de alto contenido de granos aumentamos la producción de leche de nuestro hato a corto plazo, sin embargo, estamos arriesgando la salud del hato a largo plazo (Krause y Oetzel 2006). Las dietas con alto contenido de granos proveen energía al animal debido a su alto contenido de almidón pero estas carecen de fibra neutro detergente. La fibra neutro detergente es importante en la dieta ya que maximiza el funcionamiento adecuado del rumen. Al proporcionar dietas altamente fermentables, la producción de ácidos grasos volátiles aumenta rápidamente y es excesiva. Por tal razón, el ambiente ruminal no puede neutralizar o absorber dichos ácidos y ocurre una acidosis ruminal subaguda (Beauchemin 2007).

La acidosis ruminal subaguda se define como una depresión moderada del pH ruminal de 5.5 a 5.0 (Krause y Oetzel 2006). Esta depresión se debe a la acumulación de ácidos grasos volátiles (Oetzel 1999), la cual induce efectos negativos en el rumiante como por ejemplo: disminución en la ingesta de materia seca, disminución en producción de leche y contenido de grasa en la leche, laminitis y una disminución en la eficiencia alimentaria (Nocek 1997). La acidosis ruminal subaguda no es igual en todos los rumiantes ya que va a depender de: consumo de materia seca, frecuencia de alimentación, preferencias de selección del alimento, la tasa de salivación y otros aspectos fisiológicos del rumiante (Beauchemin 2007).

La industria láctea norteamericana gasta entre \$ 500 millones a \$ 1 billón de dólares al año en el cuidado de la acidosis ruminal (Yang y Beauchemin 2009), por tal razón, debemos manejar el término de fibra efectiva. La fibra efectiva es la fracción de la fibra que estimula la masticación y contribuye a la alfombra flotante de partículas largas en el rumen (Mertens 1997). La efectividad de la fibra se ve expresada en la masticación ya que esta es la principal fuente de saliva para mantener el ambiente adecuado del rumen (Mertens 1997). La fibra efectiva se considera uno de los métodos más eficientes para medir la eficiencia de la partícula en la dieta ya que incorpora información del tamaño de partícula y la concentración de fibra neutro detergente (Yang y Beauchemin 2009).

El manejo del tamaño de la partícula empieza desde la cosecha y corte del forraje a una longitud correcta. Anteriormente, medir el tamaño de partícula era muy difícil para los productores ya que solo existían métodos de laboratorio para medir dicho tamaño. Actualmente, el separador de partículas de Penn State es una herramienta para medir el tamaño de partícula en la finca y así poder estimar la fibra efectiva de la ración. El separador de partículas de Penn State cuenta con tres tamices: 19 mm, 8 mm, 4 mm y un tazón. El método de laboratorio de Mertens propone que las partículas retenidas en el tamiz de 1.18 mm son consideradas físicamente efectivas pero el separador de partículas

de Penn State considera que 4 mm es más apropiado para estimar la fibra efectiva de la ración (Heinrichs 2013).

Teniendo el adecuado tamaño de partícula podemos mantener un rumen saludable. Las raciones totalmente mezcladas proveen una dieta uniforme a la vaca pero se ha visto que la vaca selecciona cierto tamaño de partícula. Generalmente, las vacas seleccionan partículas pequeñas dejando así partículas más largas (Maulfair 2010). Según un estudio realizado, las vacas al sentirse enfermas por acidosis ruminal subaguda empiezan a seleccionar partículas medianas a largas para combatir dicho problema (DeVries 2008).

El objetivo del presente estudio es determinar si las vacas lecheras seleccionan de la ración totalmente mezclada partículas largas de forraje cuando se alimentan con altas cantidades de concentrado y su efecto sobre acidosis ruminal subaguda.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño experimental, tratamientos y unidades experimentales. Se utilizó un diseño cruzado con arreglo factorial 2×2 , con dos tratamientos y 6 unidades experimentales por tratamiento en dos periodos (repeticiones) de 26 días cada uno. Los procedimientos experimentales fueron revisados y aprobados por The Pennsylvania State University Institutional Animal Care and Use Committee (PSU IACUC #43767). Se utilizaron 12 vacas Holstein multíparas (4 canuladas), con 74 ± 27 días en lactancia, peso promedio de 645 ± 70 kg y 2.72 ± 0.65 partos promedio. Se alojaron en establos individuales donde se les asignó aleatoriamente los dos tratamientos en dos periodos de 26 días cada uno.

Los tratamientos fueron diseñados para estudiar el efecto del tamaño de partícula del forraje (FPS) a diferentes relaciones forraje concentrado (F:C). Los tratamientos fueron: ensilaje de maíz (CS) de partícula larga y henolaje (LG) con una relación 65:35 forraje concentrado y ensilaje de maíz de partícula corta y henolaje (S) con una relación 65:35 forraje concentrado. Cada periodo fue dividido en cuatro fases (P): adaptación, d 1-12 (P1); referencia, d 13-14 (P2); inducción, d 15-19 (P3), y recuperación, d 20-26 (P4). Durante la fase de inducción, las vacas recibieron una ración LG o S de CS con una relación 50:50 forraje concentrado para inducir una acidosis ruminal subaguda. En las dietas se utilizó ensilaje de maíz y henolaje de alfalfa con fuente de forraje y maíz molido como fuente de energía. Las fuentes de proteína utilizadas fueron cascarilla de algodón, harina de canola y harina de soya. Dichas dietas contenían minerales, vitaminas, sales y aditivos. La composición y distribución del tamaño de partícula de los ingredientes de las dietas se muestran en el cuadro 1.

Cuadro 1. Composición de las dietas experimentales.

Ingredientes (% MS)	Relación F:C			
	65:35		50:50	
	Corta	Larga	Corta	Larga
Ensilaje de maíz	40.8	40.8	34.9	36.1
Henolaje de alfalfa	18.7	18.7	10.3	9.8
Cascarilla de algodón	5.4	5.4	5.1	3.6
Maíz molido	15.3	15.3	28.6	29.5
Harina de canola	9.1	9.1	9.8	10.2
Mezcla vitamina/minerales ¹	2.9	2.9	2.7	2.8
Harina de soya	7.3	7.3	7.9	7.4
Sal	0.2	0.2	0.2	0.2
Optigen ²	0.3	0.3	0.5	0.5

F:C: Forraje concentrado.

MS: Materia Seca.

¹ Contiene 45.8% granos secos de maíz de destilería con solubles; 35.8% caliza (38% Ca); 8.3% oxido de magnesio (54% Mg); 6.4% sal; 1.73% premezcla de vitaminas ADE; 1.09% premezcla de selenio (0.06% selenio); y 0.88% mezcla de minerales traza. Composición (Base seca): 11% PC; 18% FDN; 5.2% grasa; 14.9% Ca; 0.35% P; 4.58% Mg; 0.41% K; 0.31% S; 357 mg/kg de Cu; 1,085 mg/kg de Zn; 181 mg/kg de Fe; 6.67 mg/kg de Se; 125,875 IU/kg de vitamina A (acetato de ritinilo); 31,418 IU/kg de vitamina D (7-dehidrocolesterol activado); y 946 IU/kg de vitamina E (DL- α acetato de tocoferol).

² Alltech, Nicholasville, KY.

Las vacas estaban alojadas en establos individuales, se ordeñaban dos veces al día a las 0500 y 1700 horas, y se alimentaban una vez al día a las 0730 horas para consumo *ad libitum*. La ración fue empujada tres veces al día aproximadamente a 1230, 1730 y 2400 horas. Las raciones fueron balanceadas de acuerdo a las tablas NCR (2001) para vacas produciendo 40.4 kg de leche/día, 3.6% de grasa, 3.0% de proteína verdadera y un consumo de materia seca de 27.2 kg/día. El agua estaba disponible para consumo *ad libitum*.

Consumo de materia seca y análisis del tamaño de partícula. Se pesó y muestreo la ración ofrecida a cada vaca los días 13, 15, 17, 19, 20, 23 y 26 de cada periodo a 0, 8, 16 y 24 horas después de servida para determinar la distribución del tamaño de partícula y materia seca de la ración restante. Las muestras de la ración totalmente mezclada se tamizaron en el separador de partículas de Penn State el cual cuenta con cuatro tamices (> 19.0, > 8.0, > 4.0, y < 4.0 mm). Todas las muestras fueron puestas en un horno de aire forzado a 65°C por 48 horas para determinar el contenido de materia seca.

pH del rumen. El contenido ruminal fue recolectado del área dorsal, ventral, craneal y media del rumen a 0.0, 3.5, 5.5, 8.5, 11.5, 14.5, 18.0, y 24.5 horas después de alimentarse

(0.0 h; Kononoff *et al.*, 2003). Se realizó el muestro el día (d) 13 para determinar el pH de referencia, el d 15 con el rumen inducido y el d 20 como parte de la recuperación. La muestra recolectada fue mezclada y se filtró con un tamiz de malla de fibra de vidrio. El pH del líquido ruminal fue determinado inmediatamente con un electrodo de mano.

Análisis estadístico. El análisis estadístico se realizó utilizando PROC MIXED de SAS (Versión 9.3, SAS Institute, Cary, NC). Las variables tamaño de partícula y relación forraje concentrado fueron analizadas bajo un diseño cruzado con arreglo factorial 2x2. Los grados de libertad de las pruebas F fueron calculados de acuerdo a Kenward y Rodger (1997). Las muestras del pH ruminal fueron analizadas usando una estructura de covarianza autorregresiva de primer orden (Littell *et al.* 1998). Las muestras de pH ruminal fueron tomadas en puntos de tiempos desiguales, por lo tanto, el promedio ponderado del pH diario se determinó mediante el cálculo del área bajo la curva de respuesta de acuerdo con la regla trapezoidal (Shipley y Clark 1972). Todos los datos se presentan como medias de mínimos cuadrados y los efectos de los tratamientos se consideran significativos cuando P es menor a 0.05 y una tendencia a ser diferentes cuando P es mayor a 0.05 pero menor a 0.1.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición de ingredientes y distribución del tamaño de partículas de las dietas.

En ambos tratamientos, la principal fuente de forraje fue el ensilaje de maíz al igual que el henolaje de alfalfa. Ambos ingredientes representan el 65 o 50% de los ingredientes de las dietas. Además, la fuente principal de energía fue el maíz molido para ambos tratamientos (Cuadro 1). Excepto por la alteración del tamaño de partícula del ensilaje de maíz, los dos tratamientos contienen los mismos ingredientes para cada una de las fases (Cuadro 2). La dieta con una relación 50:50 forraje concentrado, ofrecida durante la fase de inducción, tenía una mayor cantidad de maíz molido y una menor cantidad de ensilaje de maíz y heno. Además, posee más harina de canola y Optigen, aditivo de nitrógeno no proteico para el rumen, que la dieta 65:35 forraje concentrado para mantener niveles similares de proteína degradable en el rumen entre las raciones. Existió una diferencia en la distribución del tamaño de partícula entre LG y S. Las dietas 65:35 forraje concentrado y la ración totalmente mezclada LG poseen una mayor proporción de partículas en el tamiz de 19 mm. Una proporción mucho mayor ($P < 0.05$) de partículas fueron retenidas en el tamiz de 8.0 mm para las dietas con un relación 65:35 forraje concentrado. Las dietas con una relación 50:50 forraje concentrado poseen una proporción mayor ($P < 0.05$) de partículas retenidas en el tazón.

Cuadro 2. Distribución del tamaño de partícula de las dietas experimentales.

Tamiz (mm)	Corta §	Larga §	Corta δ	Larga δ	ESM	R	L	R × L
19	0.90	13.60	0.20	8.60	0.69	0.02	< 0.01	0.04
8	42.90	37.70	29.00	29.20	4.09	0.04	0.51	0.48
4	22.50	18.70	30.80	20.30	3.75	0.26	0.13	0.43
< 4	33.80	30.00	40.00	41.90	3.06	0.04	0.75	0.37

§: Porcentaje de partículas retenidas con una relación forraje concentrado de 65:35.

δ: Porcentaje de partículas retenidas con una relación forraje concentrado de 50:50.

SEM: Error estándar de la media.

R: Proporción forraje concentrado.

L: Longitud del ensilaje de maíz.

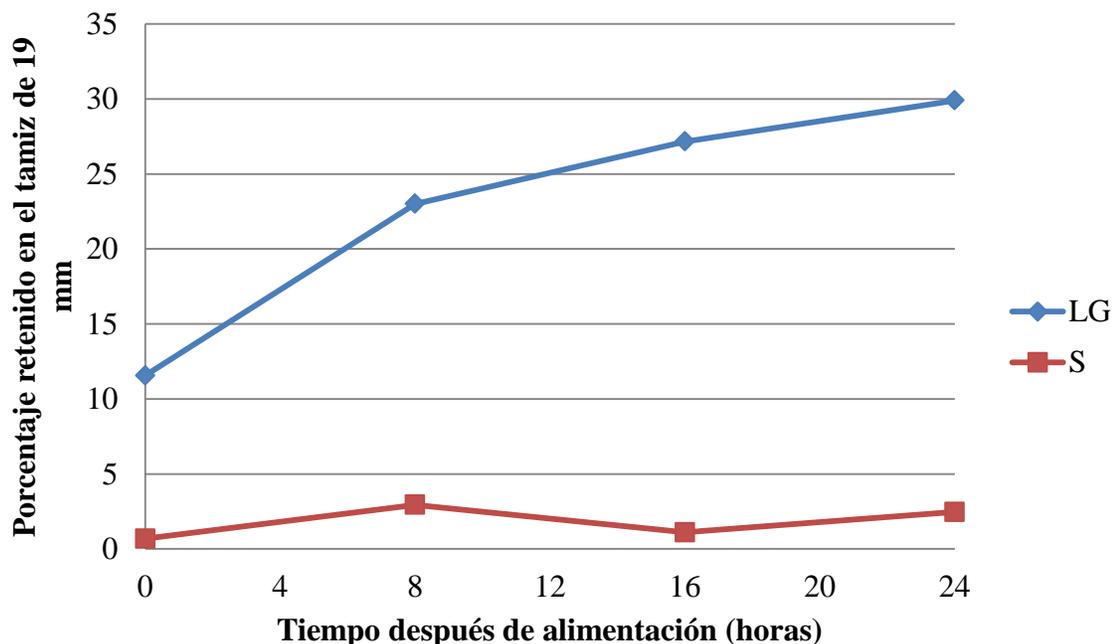
R × L: interacción entre la proporción forraje concentrado y longitud del ensilaje de maíz.

Tamaño de partícula de la dieta y selección. La distribución del tamaño de partícula se analizó utilizando el rechazo de la ración totalmente mezclada (RTM) a 0, 8, 16, y 24 horas después de ofrecida la ración durante cada una de las fases (figuras 1-3). Las partículas retenidas en el tamiz de 19.0 mm mostraron patrones similares ($P > 0.05$) en el transcurso del día para cada dieta en los días 13 y 20; estas partículas fueron incrementaron en la dieta que contiene LG después de ofrecida dicha ración y no hubo un

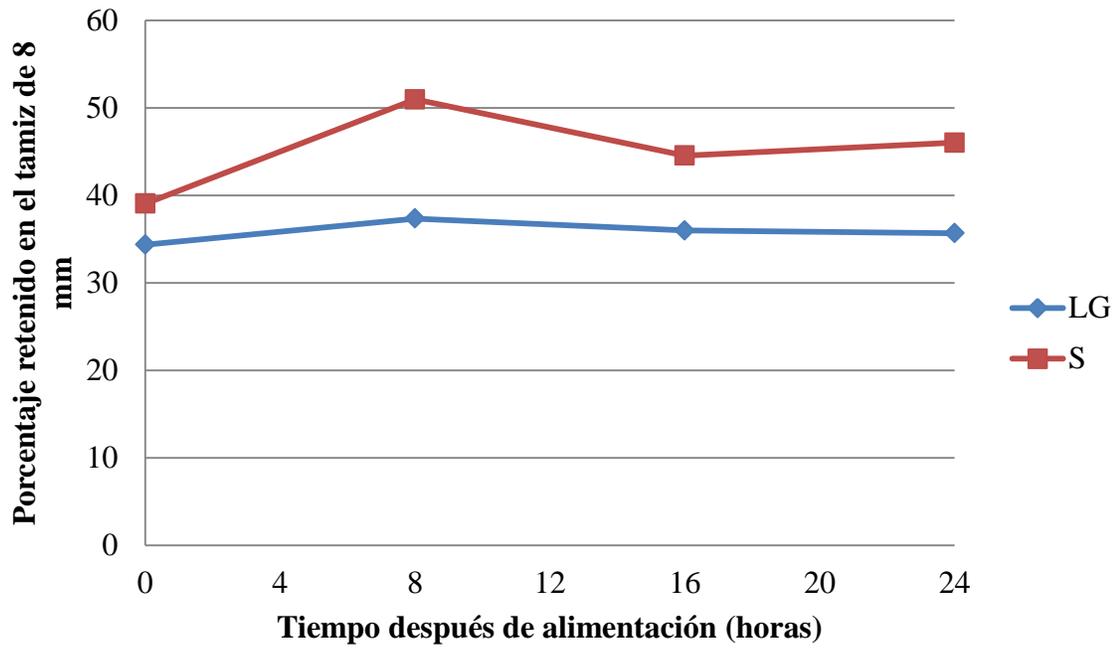
cambio en las dietas que contiene S durante el transcurso del día. Durante el día de referencia (día 13), 18% más partículas fueron retenidas ($P < 0.01$) en el tamiz de 19.0 mm después de 24 horas para la dieta LG. No hubo diferencia significativa en partículas retenidas en el tamiz de 19.0 mm después de 24 horas en la dieta S. La dieta S, sin embargo, presentó una diferencia ($P = 0.01$) en retención de partículas en el tamiz de 8.0 mm después de 24 horas. Hubo un 7% más de partículas retenidas en el tamiz de 8.0 mm después de 24 horas, mientras que la dieta LG no mostró una diferencia en partículas retenidas durante el día. En el tamiz de 4 mm, ambas dietas no mostraron diferencia significativa en el porcentaje retenido, sin embargo, la dieta LG mostró una tendencia ($P = 0.057$) a ser diferente después de 24 horas. Adicionalmente, las partículas retenidas en el tazón decrecieron después de 24 horas para ambas dietas. En general, durante la fase de referencia, las vacas expuestas a la dieta LG consumieron más partículas entre 8.0 mm y 4.0 mm que partículas de 19.0 mm. Por otra parte, las vacas expuestas a la dieta S consumieron más partículas menor a 4.0 mm.

Esta disminución en el consumo de partículas mayores a 8 mm y un aumento en el consumo de partículas menores a 4 mm se debe a que la vaca prefiere consumir granos y dejar los alimentos fibrosos. Los granos son más palatables y altamente fermentables. (Heinrichs y Kononoff 2002). Por tal razón, se debe manejar una adecuada proporción de partículas retenidas en el tamiz de 19 mm de 2 a 8 %, 8 mm de 30 a 50%, 4 mm de 30 a 50% y tazón de 30 a 40% (Heinrichs 2013).

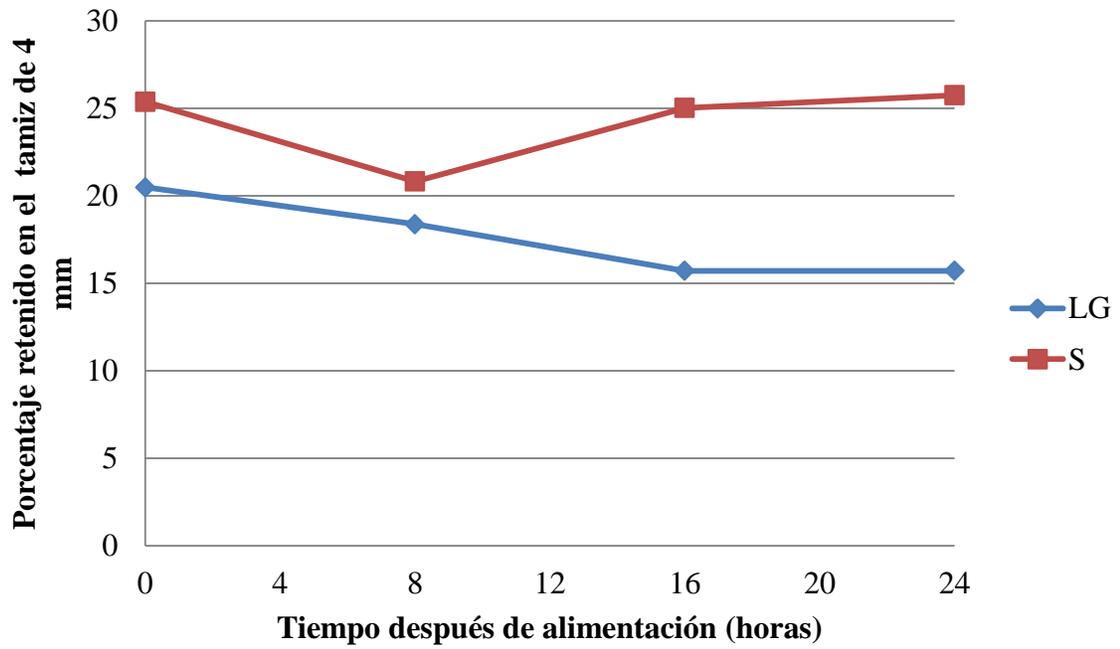
A.



B.



C.



D.

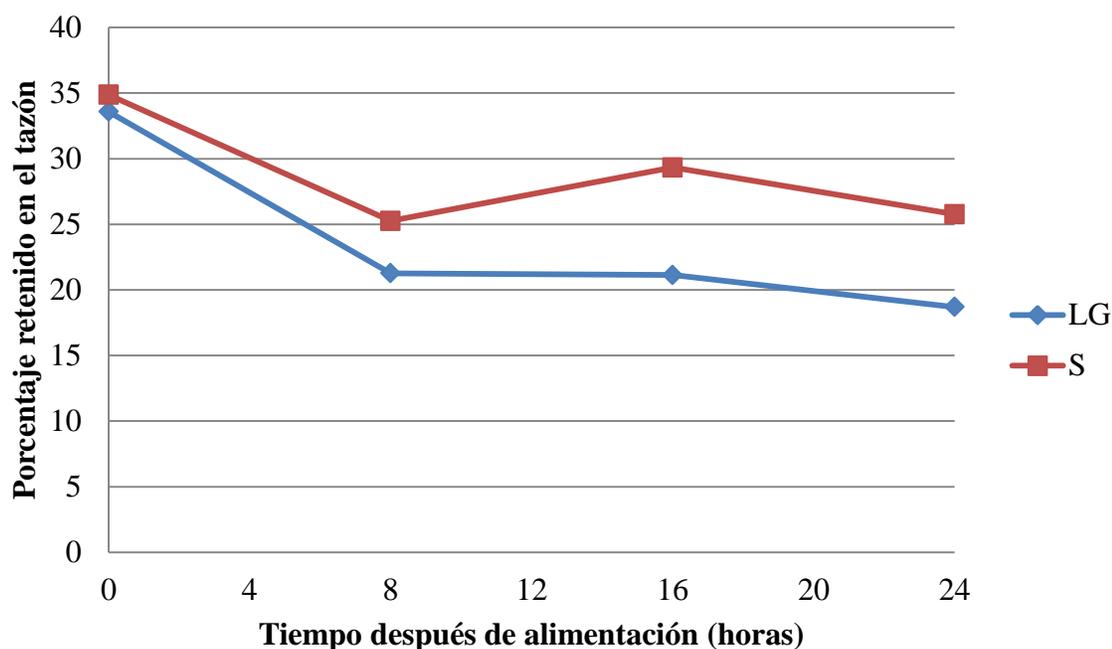


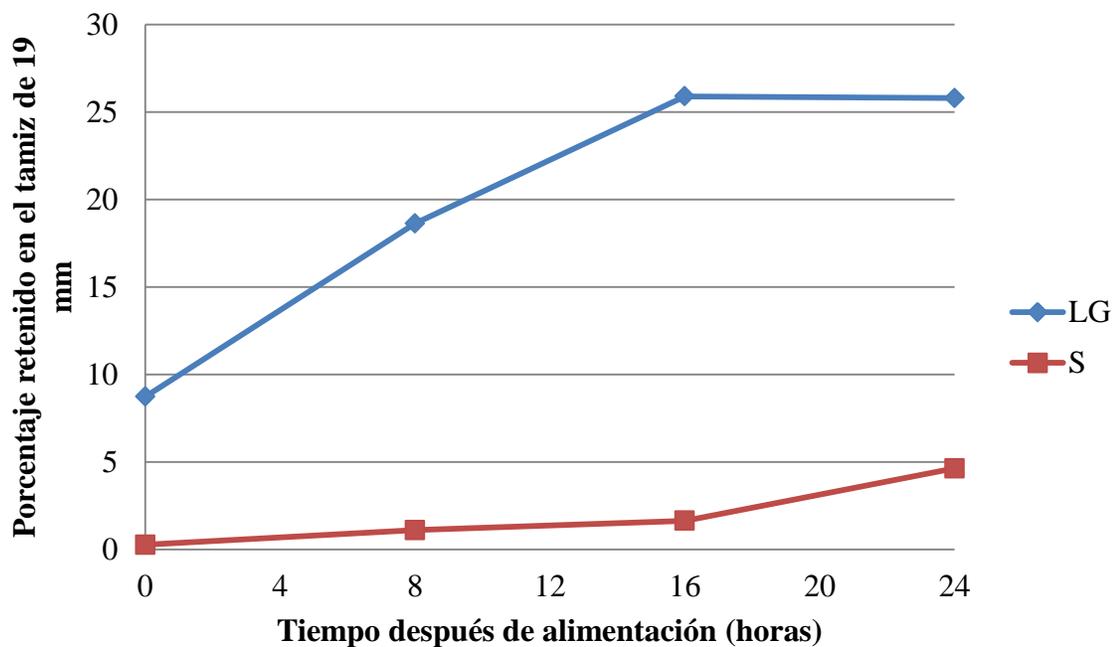
Figura 1. Efecto de alimentar ensilaje de maíz ya sea de partícula corta o larga en una proporción de forraje concentrado 65:35 sobre la distribución del tamaño de partículas del rechazo para tamices de 19.0 (A), 8.0 (B), 4.0 mm (C) y tazón (D) en día 13 de referencia.

Similar al día de referencia (d13), 17% de las partículas de la dieta LG fueron retenidas en el tamiz de 19.0 mm después de 24 horas durante el día de inducción (d 15). Cantidades crecientes de partículas fueron retenidas en el tamiz de 8.0 mm hasta 16 horas después de alimentación en la dieta S ($P=0.05$), donde se estableció la selección del alimento. Estos resultados indicaron que las vacas prefirieron partículas de forraje largo 16 horas después de ser inducidas a una acidosis ruminal subaguda y fueron similares a estudios previamente realizados (DeVries *et al.* 2008). Sin embargo, en dicho estudio las vacas alimentadas con la dieta de partícula larga y la dieta de partícula corta establecieron una selección de partículas una vez inducida la acidosis ruminal. En nuestro estudio, solo las vacas alimentadas con una dieta de partícula corta establecieron una selección de partículas debido a la distribución de partículas de las dietas experimentales.

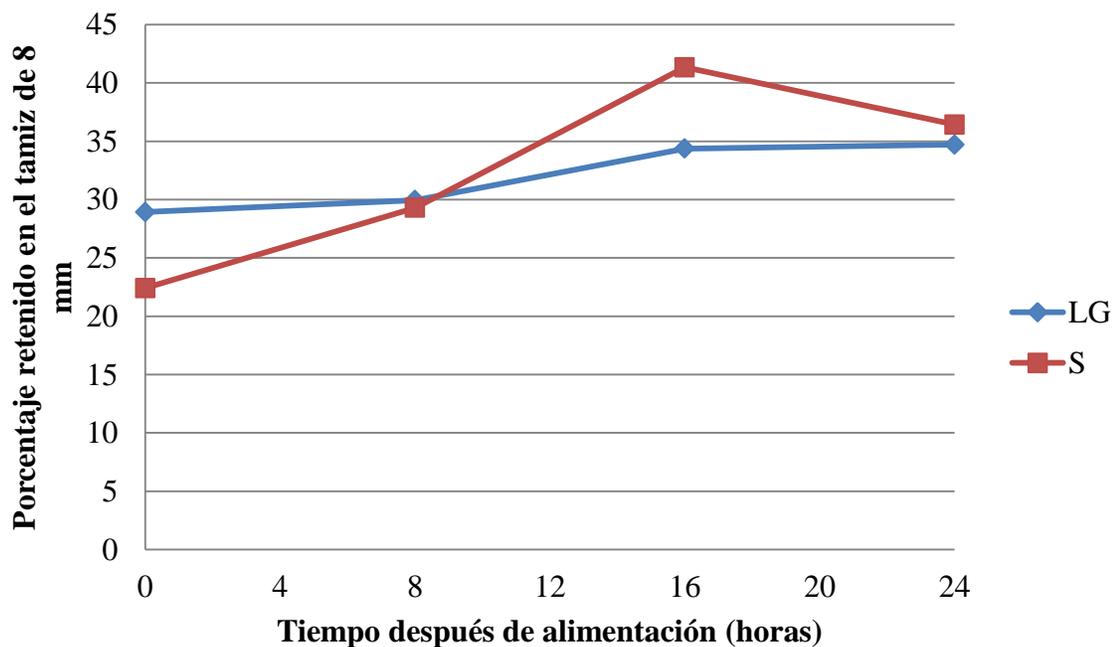
Diferente al periodo de referencia, la dieta LG mostro una diferencia de partículas retenidas en el tamiz de 8.0 mm ($P= 0.0369$) y 4.0 mm ($P<.0001$) Lo que nos demuestra que las vacas no estuvieron comiendo partículas largas y está relacionado con la distribución de partícula de la dieta experimental. También la dieta S mostro una diferencia de partículas retenidas en el tamiz de 8.0 mm ($P= 0.0404$) y 4.0 mm ($P=0.0599$) durante dicho periodo. Además, la dieta S mostro una tendencia a ser diferente después de 24 horas en la etapa de inducción.

Tanto la dieta S como la dieta LG mostraron una menor cantidad de partículas retenidas en el tazón después de 24 horas. Las partículas retenidas en el tazón son en su mayoría granos y poca fibra es retenida. Este resultado es similar a estudios previos, donde se muestra que las vacas incrementan su consumo cuando hay una mayor cantidad de granos en la dieta (Yang *et al.* 2001).

A.



B.



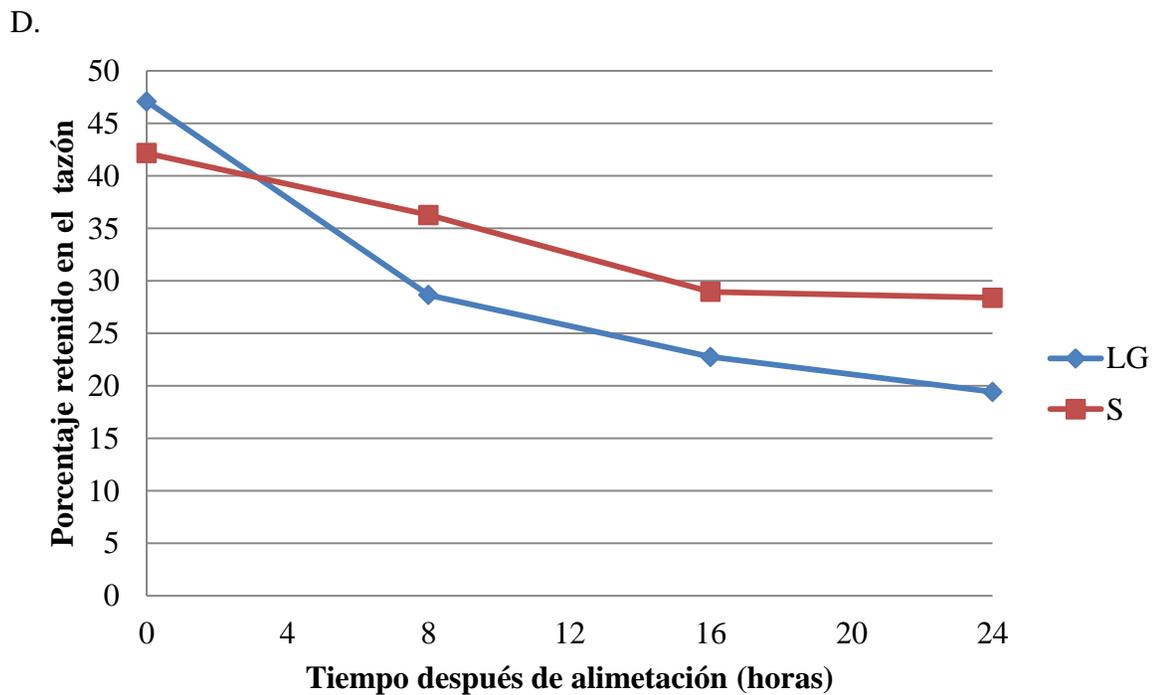
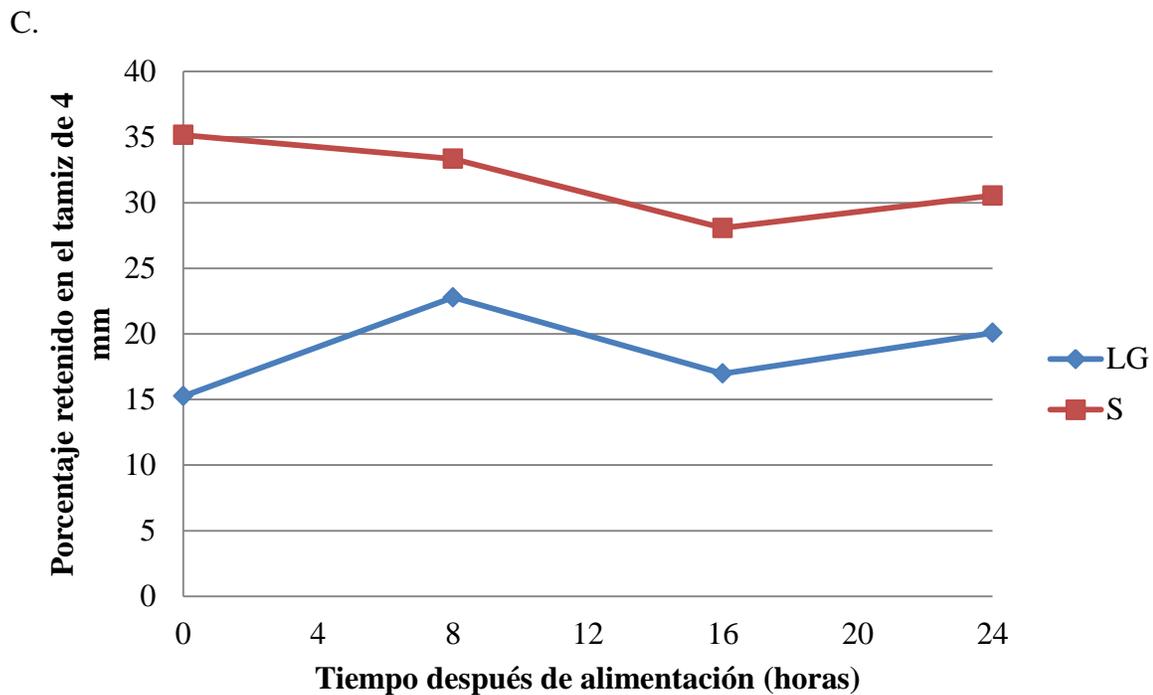
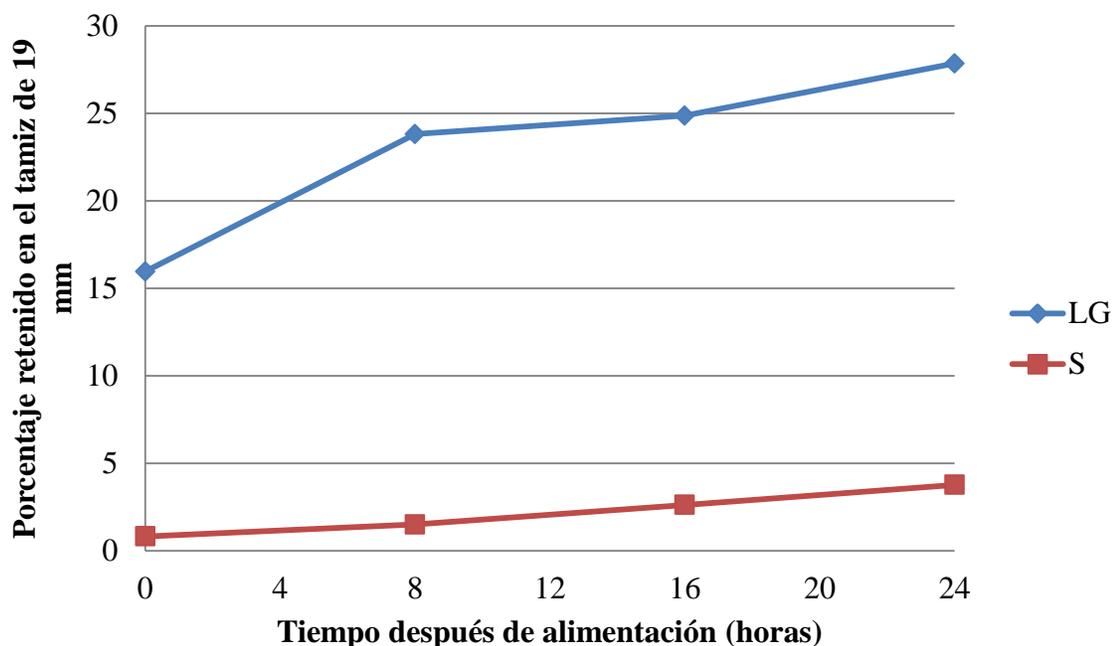


Figura 2. Efecto de alimentar ensilaje de maíz ya sea de partícula corta o larga en una proporción de forraje concentrado 50:50 sobre la distribución del tamaño de partículas del rechazo para tamices de 19.0 (A), 8.0 (B), 4.0 mm (C) y tazón (D) en día 15 de inducción.

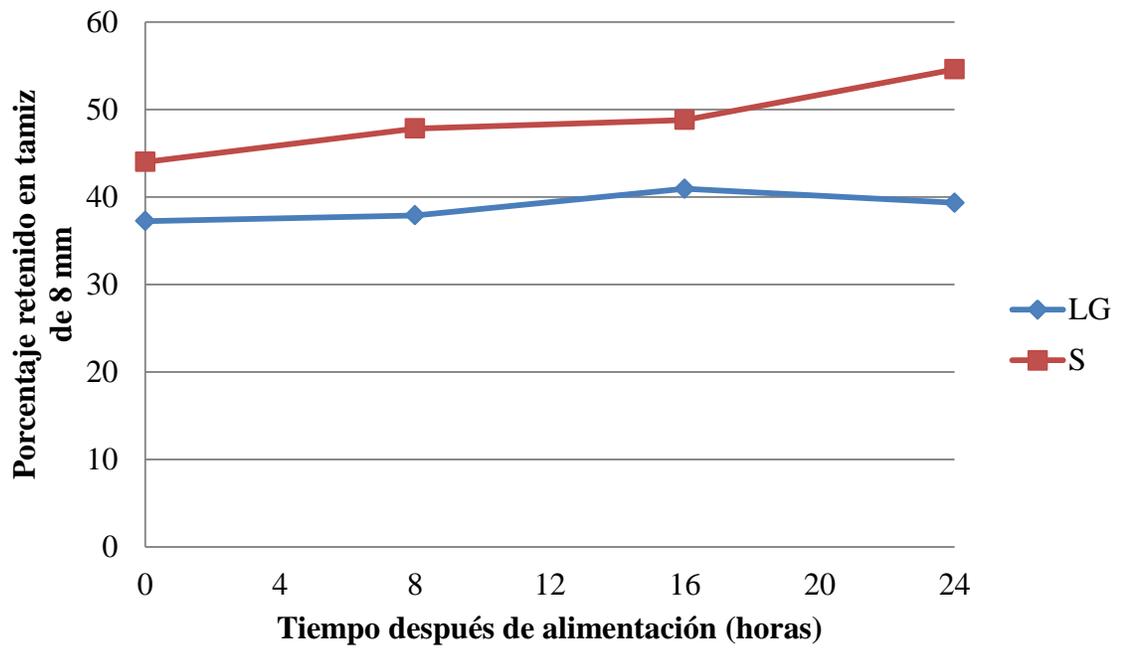
Durante el día de recuperación (día 20), ambas dietas retuvieron más partículas en el tamiz de 19.0 mm después de 24 horas. Esto nos indica que no hubo selección de partículas. La dieta LG no mostró una diferencia significativa ($P=0.449$) en el tamiz de 8.0 mm mientras que en la dieta S hubo diferencia ($P\leq 0.0001$).

Durante la fase de recuperación, la vaca vuelve a su comportamiento habitual de selección de partículas en la dieta ofrecida. Estos resultados son similares a estudios previos donde se demuestra que el consumo de materia seca aumenta al reducir el tamaño de partícula de la dieta ofrecida (Kononoff *et al.* 2003).

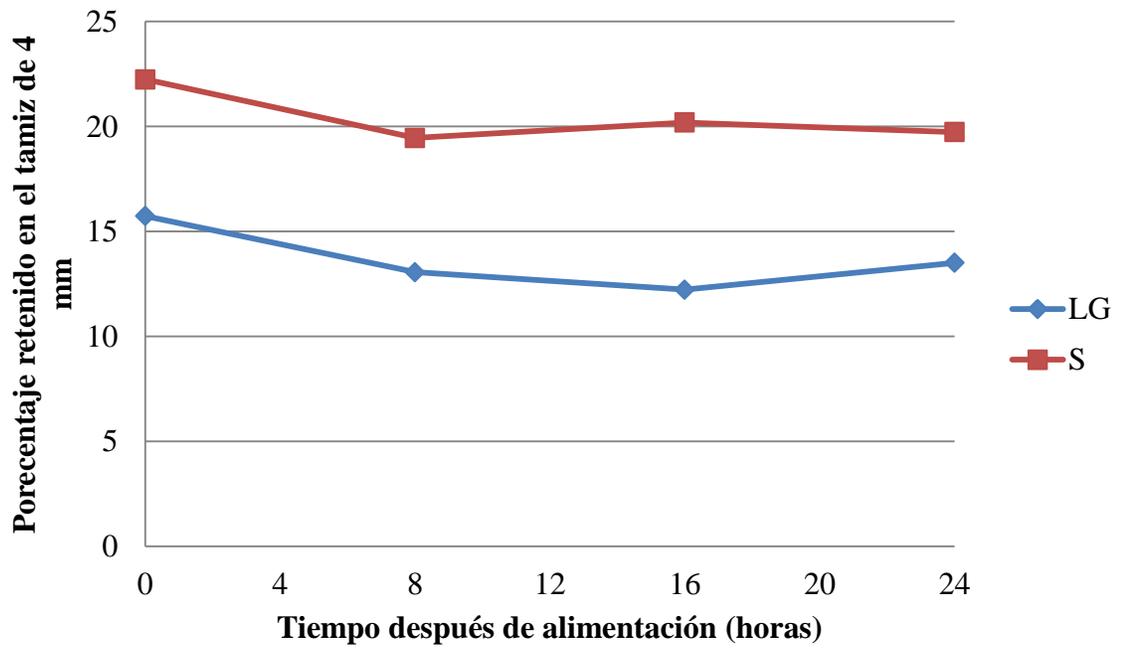
A.



B.



C.



D.

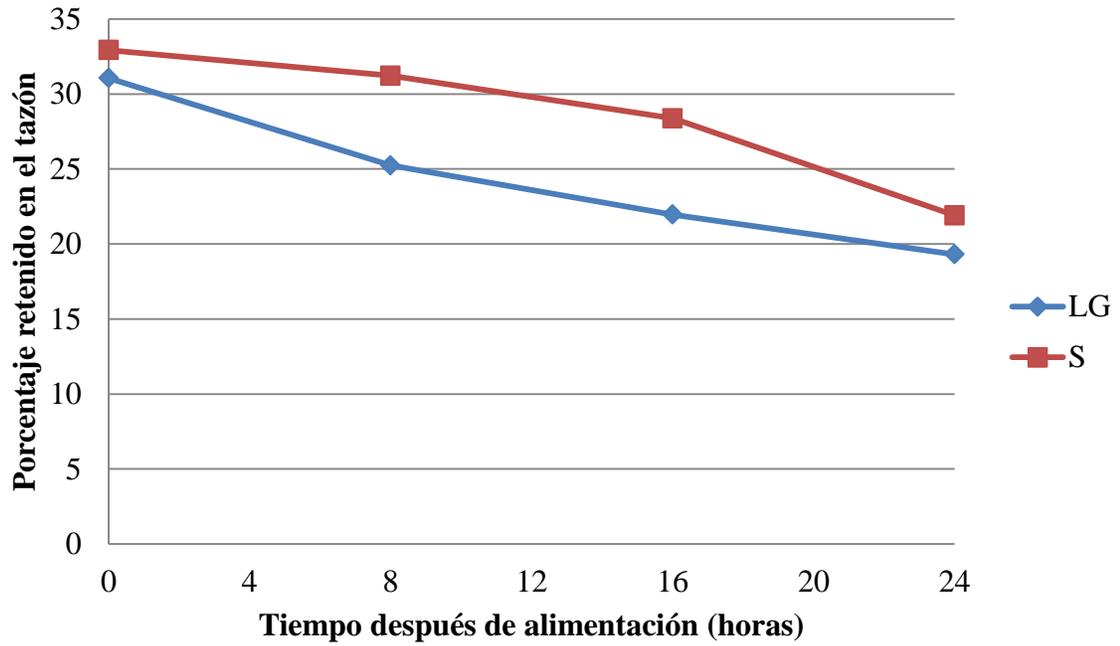


Figura 3. Efecto de alimentar ensilaje de maíz ya sea de partícula corta o larga en una proporción de forraje concentrado 65:35 sobre la distribución del tamaño de partículas del rechazo para tamices de 19.0 (A), 8.0 (B), 4.0 mm (C) y tazón (D) en día 20 de recuperación.

pH ruminal. El efecto de alimentar ensilaje de maíz de partícula larga o corta sobre el pH ruminal durante la etapa de referencia, inducción y recuperación se muestran en el cuadro 3. Existió una diferencia significativa en el pH ruminal promedio entre ambos tratamientos durante la etapa de referencia e inducción, lo cual no ocurrió durante la etapa de recuperación. Durante la etapa de inducción, el pH ruminal decreció considerablemente tanto en la dieta S como en la dieta LG (5.05 y 5.03 respectivamente). Lo que demuestra que durante la etapa de inducción las vacas presentaron una acidosis ruminal subaguda y está asociado a su comportamiento de seleccionar partículas largas durante dicha etapa.

Estos resultados son similares a un estudio previo donde el pH fue menor a 5.5 durante la fase de inducción a una acidosis ruminal subaguda (Keunen *et al.* 2002). La diferencia que existió se debió a la relación forraje concentrado de las dietas experimentales.

El comportamiento de selección de partículas largas se apreció en la dieta S por tal razón, existió una diferencia significativa ($P=0.03$) entre pH promedio de la etapa de inducción para ambas dietas. Además, el pH ruminal promedio durante la etapa de inducción fue el más bajo en comparación con las otras etapas en la dieta S y en la dieta LG (5.49 y 5.62 respectivamente).

Cuadro 3. Efecto de alimentar ensilaje de maíz de partícula corta o larga en la ración totalmente mezclada sobre el pH ruminal durante la etapa de referencia, inducción y recuperación.

pH ruminal	Tratamiento		ESM	Valor <i>P</i>
	Corto	Largo		
Promedio ponderado ¹				
Referencia	5.69b	5.86a	0.03	0.02
Inducción	5.49b	5.62a	0.04	0.03
Recuperación	5.66	5.89	0.07	0.08
Mínimo				
Referencia	5.34	5.21	0.09	0.18
Inducción	5.05	5.03	0.05	0.84
Recuperación	5.03	5.15	0.09	0.43
Máximo				
Referencia	6.55	6.87	0.16	0.26
Inducción	6.55b	6.87a	0.09	0.01
Recuperación	6.7	6.92	0.13	0.21

ESM: Error estándar de la media.

^{a-b} Promedios en la misma fila con diferente letras son significativamente diferente $P \leq 0.05$.

¹ Los promedios ponderados se determinaron calculando el área bajo la curva de respuesta de acuerdo con la regla trapezoidal (Shipley y Clark 1972).

4. CONCLUSIONES

Se concluye que después de 16 horas de ofrecida la dieta S con una relación forraje concentrado 50:50 las vacas empezaron a seleccionar partículas largas. Adicionalmente la dieta demostró que las vacas fueron inducidas a una acidosis ruminal subaguda, ya que el pH ruminal disminuyó drásticamente.

5. RECOMENDACIONES

- Realizar un experimento utilizando infusiones en el rumen para causar una acidosis ruminal subaguda y compararlo con este sistema.
- Realizar un estudio similar bajo las condiciones de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.

6. LITERATURA CITADA

Beauchemin, K. 2007. Ruminal Acidosis in Dairy Cows: Balancing Physically Effective Fiber with Starch Availability. Lethbridge Research Centre, Agriculture and Agri-Food Canada.

DeVries, T. J., F. Dohme and K. A. Beauchemin. 2008. Repeated ruminal acidosis challenges in lactating dairy cows at high and low risk for developing acidosis: Feed sorting. *Journal of Dairy Science* 91:3958–3967.

Heinrichs, A. J. 2013. The Penn State Particle Separator. Department of Animal Science, Pennsylvania State University, Pennsylvania 16802.

Heinrichs, A. J. y Kononoff, P. J. 2002. Evaluando el tamaño de partícula de forrajes y RTM usando el Nuevo separador de partículas de forraje de Penn State. Departamento de Ciencias Animales, Universidad Estatal de Pennsylvania, Pennsylvania 16802.

Kenward, M. G. and J. H. Roger. 1997. Small sample inference for fixed effects from restricted maximum likelihood. *Biometrics*. 53:983–997.

Keunen J.E., Plaizier, J.C., Kyriazakis, L. and Duffield, T. F. 2002. Effects of a subacute ruminal acidosis model on the diet selection of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 85:3304-3313.

Kononoff, P. J. and A. J. Heinrichs. 2003. The effect of reducing alfalfa haylage particle size on cows in early lactation. *Journal of Dairy Science* 86:1445–1457.

Kononoff, P.J., A. J. Heinrichs and H. A. Lehman. 2003. The effect of corn silage particle on eating behavior, chewing activities, and rumen fermentation in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 86:3343-3353.

Krause, K. M. and G. R. Oetzel. 2006. Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review. *Animal Feed Science and Technology* 126:215–236.

Littell, R. C., P. R. Henry and C. B. Ammerman. 1998. Statistical analysis of repeated measures data using SAS procedures. *Journal of Animal Science* 76:1216–1231.

Maulfair, D. D., G. I. Zanton, M. Fustini and A. J. Heinrichs. 2010. Effect of feed sorting on chewing behavior, production, and rumen fermentation in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 93:4791–4803.

Mertens, D. R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 80:1463–1481.

National Research Council. 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, D.C.

Nocek, J. E. 1997. Bovine acidosis: Implications on laminitis. *Journal of Dairy Science* 80:1005–102.

Oetzel, G. R., K. V. Nordlund and E. F. Garrett. 1999. Effect of ruminal pH and stage of lactation on ruminal lactate concentration in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 82(Supplement 1):38.

Shipley, R. A. and R. E. Clark. 1972. *Tracer Methods for In Vivo Kinetics*. Academic Press, New York, NY.

Yang W. Z., Beauchemin K .A. and Rode L. M. 2001. Effects of grain processing, forage to concentrate ratio, and forage particle size on rumen pH and digestion by dairy cows. *Journal of Dairy Science* 84:2203-2216.

Yang W. Z. and Beauchemin K .A. 2009. Increasing physically effective fiber content of dairy cow diets through forage proportion versus forage chop length: Chewing and ruminal pH. *Journal of Dairy Science* 92:1603–1615.