

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

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



**DETERMINACIÓN DEL FACTOR FÍSICO EFECTIVO (pef) DE LA
DIETA DE VACAS PRODUCTORAS ALTAS.**

POR:

JUAN EMILIO SANTIAGO ALEJANDRO

TESIS:

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

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México.

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

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



**DETERMINACIÓN DEL FACTOR FÍSICO EFECTIVO (pef) DE LA
DIETA DE VACAS PRODUCTORAS ALTAS.**

POR:

JUAN EMILIO SANTIAGO ALEJANDRO

ASESOR PRINCIPAL:


DR. PEDRO ANTONIO ROBLES TRILLO

COASESOR


DR. RAFAEL RODRÍGUEZ MARTÍNEZ

Torreón, Coahuila, México.

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

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



**DETERMINACIÓN DEL FACTOR FÍSICO EFECTIVO (pef) DE LA
DIETA DE VACAS PRODUCTORAS ALTAS.**

POR:

JUAN EMILIO SANTIAGO ALEJANDRO

APROBADA POR:

**DR. PEDRO ANTONIO ROBLES TRILLO
ASESOR PRINCIPAL**

**DR. RAFAEL RODRÍGUEZ MARTÍNEZ
COASESOR**

**M.V.Z. JOSÉ LUIS FRANCISCO SANDOVAL ELÍAS
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**

Torreón, Coahuila, México.

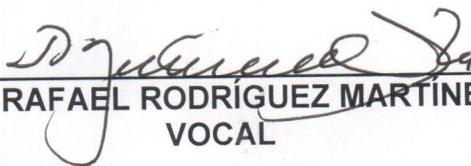
TESIS QUE SE SOMETERÁ A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO
EXAMINADOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TITULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

APROBADA POR:



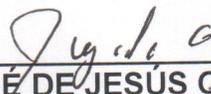
DR. PEDRO ANTONIO ROBLES TRILLO
PRESIDENTE



DR. RAFAEL RODRIGUEZ MARTINEZ
VOCAL



IZ. JORGE HORACIO BORUNDA RAMOS
VOCAL



MC. JOSÉ DE JESÚS QUEZADA AGUIRRE
VOCAL SUPLENTE



M.V.Z. JOSÉ LUIS FRANCISCO SANDOVAL ELÍAS
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

Torreón, Coahuila, México.

Índice

Índice	v
Agradecimientos	vi
Dedicatoria	vii
Resumen	viii
Introducción.....	1
Revisión de literatura.....	4
Tamaño de partícula e ingesta de MS.....	4
Tamaño de partícula y digestión.....	10
Tamaño de partícula y pH ruminal	13
Tamaño de partícula y AGV.....	17
Tamaño de partícula y su efecto en producción de leche	21
Materiales y métodos.....	30
Ubicación del experimento	30
Toma de muestras	30
Determinación de la distribución del tamaño de partícula (DDTP) y del pef.....	30
Calculo del pef en base a materia seca	31
Descripción del carro mezclador	31
Descripción del forraje utilizado	32
Relación forraje concentrado.....	32
Análisis estadístico	33
Resultados.....	34
Discusión	35
Conclusiones.....	39
Literatura citada.....	40

Agradecimientos

A mi “Alma Terra Mater”

Por las facilidades brindadas para prepararme profesionalmente y darme la oportunidad de haber formado parte de esta gran institución durante cinco años en los cuales me proporcionó las herramientas indispensables para afrontar mi vida profesional.

Dr. Pedro Antonio Robles Trillo

Mis más sinceros agradecimientos, por la oportunidad y apoyo brindado en la realización de este trabajo y por compartir sus conocimientos y experiencias.

A mis profesores

Que me brindaron sus conocimientos para mi formación profesional.

A mis compañeros

Con los que compartí los cinco años de la carrera y en especial a mis mejores amigos Félix, Merlín, Jorge, Zaira, Mario, Erik, Javier, Bernardo, Artemio, Karlita y Leo, que me brindaron su amistad y apoyo incondicional.

Dedicatoria

A Dios:

Por darme la oportunidad de estar presente en este mundo, dándome tantas cosas tan bellas como mi familia, bienestar, salud y demás bendiciones que me han ayudado para llegar a este momento muy especial en mi vida “Dios mío mil gracias”.

A mis padres:

Esperanza Alejandro Angeles y a mi padre Maximiliano Santiago Aguilar que ya no se encuentra en esta vida pero que esta en el cielo, a quienes dedico de todo corazón este logro, agradeciéndoles su confianza depositada en mi, al darme su apoyo en el transcurso de la carrera y de mi vida sin pedirme nada a cambio, nunca olvidaré su esfuerzo y sacrificio para que yo tuviera esta oportunidad de estudiar y terminar la carrera, además de guiarme por el buen camino con su ejemplo y amor. “Dios los bendiga siempre”.

A mis hermanos

Elizabet, Lidia y a mi hermanito Wilfrido por el gran apoyo recibido en cada momento, ya que siempre han estado ahí cuando mas los he necesitado, mil gracias hermanos, los quiero mucho y que “Dios los bendiga siempre”.

A mi abuelita

Victoria Alejandro que es una persona tan especial en mi familia Alejandro.

A mi familia

Que también son parte de mi vida, gracias Tías y Tíos, a mis primas y primos, a mi cuñado Jesús Ángel Contreras, a mis sobrinos y sobrinas, a mis padrinos Severino y Gloria que son unas excelentes personas,

Dedicado a todos los que siempre han confiado en mi y que me apoyaron aun estando lejos de la familia trabajando en los Estados Unidos, les dedico con mucho cariño y que me apoyaron durante el transcurso de mi carrera, somos una gran familia y de corazón les digo “muchas gracias”.

Resumen

La alimentación del ganado lechero con una dieta que contenga el adecuado factor físico efectivo bajo o elevado provoca cambios en la ingesta de alimento, digestión y producción de leche. No se han hecho pruebas suficientes en los establos lecheros de la Comarca Lagunera para medir el pef de sus raciones. El presente estudio se realizó para determinar el factor físico efectivo (pef) de la dieta de vacas lecheras productoras altas en diez establos. Se utilizaron las dietas de la ración totalmente mezclada de vacas lecheras productoras altas. La determinación del tamaño de partícula de la ración, consistió en seleccionar a lo largo del comedero 3 puntos de muestreo de alimento recién servido y que no haya sido probado por la vaca. En cada punto de muestreo se seleccionó el alimento de un metro lineal del comedero, tomándose aproximadamente 1 kg de la ración, y posteriormente se realizó el cribado. Se usaron las cribas para separar el tamaño de partícula diseñadas por la Universidad de Pensilvania (PSPS), cuyas medidas de las aberturas esféricas son de: 19.0 mm (criba 1), 8.0 mm (criba 2), 1.18 mm (criba 3) y una charola de recolección. Se observó que la DDTP mas alta de la criba 19.0 mm es de 7.01% y la mas baja en 0.44%, cabe señalar también que el porcentaje mas alto para la charola recolectora se encontró en un 36.8%, y la mas baja en 17.98%. La proporción de partículas retenidas en la DDTP de las cribas y el pef determinado en cada establo de la comarca lagunera y los resultados encontrados nos indican que las raciones proporcionadas a las vacas lecheras se encuentran fuera del rango recomendado por el Separador de Partícula de la Universidad de Pensilvania.

Palabras clave: pef, tamaño de partícula, peFDN, ganado lechero.

Introducción

Los rumiantes requieren fibra de los forrajes en su forma física larga, aumentando el nivel de fibra y tamaño de partícula del forraje ha sido demostrado que efectivamente aumenta la actividad de masticado elevándose el flujo de saliva, el pH ruminal, la relación acetato propionato y los niveles de grasa en leche (Kononoff y Heinrichs, 2003). Aunque puede resultar perjudicada la fermentación ruminal y su función cuando el ganado es alimentado con raciones conteniendo escasa estructura física, cantidades excesivas de partículas largas, además la fibra larga también puede limitar la ingesta y digestibilidad de alimentos con sus nutrientes, afectando el balance de energía del animal (Allen y Grant, 2000).

Clark y Armentano, (2002); Soita et al. (2000) opinan que la fibra efectiva ha sido definida como aquella que puede estimular la masticación, salivación, y rumia, por lo tanto también incluye a los parámetros como: tasa de pasaje de la digesta, la salivación, la producción de acetato en el rumen y consecuentemente el porcentaje de grasa en leche.

El concepto de fibra físicamente efectiva (pe) según Beauchemin y Yang (2003) esta relacionado con las características físicas de los alimentos, a pH ruminal al medir la longitud de la partícula en la actividad de masticado.

Las investigaciones realizadas por Kononoff et al. (2003) evaluaron la alimentación con ensilaje de maíz de diferente tamaño de partícula para observar su efecto en el comportamiento de la comida en vacas lecheras. Sus resultados demostraron que reduciendo el tamaño de partícula del ensilaje de maíz aumenta la ingesta de MS. Se concluyó que la efectividad física del ensilaje de maíz no fue afectado por la reducción del tamaño de partícula.

La digestibilidad de nutrientes es un parámetro importante de calidad del alimento, porque los cambios físicos de los alimentos tal como el tamaño de partícula pueden afectar la digestión del rumen, velocidad de paso y síntesis de proteína microbiana así como la digestión total y post ruminal. (Yang et al., 2002). Una reducción del tamaño de partícula del forraje aumenta la ingesta de MS, disminuye la digestibilidad de MS y disminuye el tiempo de retención de sólidos en el rumen (Clark y Armentano, 2002).

En las investigaciones sobre el tamaño de partícula y la influencia que esta tiene en el pH del rumen, Zebeli et al. (2007) estudiaron el efecto de la variación del tamaño de partícula del heno sobre la fermentación ruminal, en vacas lecheras. Finalmente, concluyeron que alterando el tamaño de partícula en rumen de 6.0 a 30 mm y con una alta cantidad de concentrado, se aumentó la proporción de MS de la dieta, el tiempo de rumia fue mayor, se mejoró la maraña de fibra ruminal. Pero la alimentación con heno cortado grueso y alto concentrado no mejoró las condiciones en el rumen.

Por otra parte, en la administración de tres niveles de peFDN en dietas de vacas lecheras a base de ensilaje de maíz, no afectó la concentración de AGV ruminales (Yang y Beauchemin, 2006c).

Beauchemin et al. (2003) estudiaron el contenido de peFDN en dietas basadas en alfalfa y su efecto en la producción y composición de la leche, de cuatro vacas Holstein lactantes a las que se les administró dietas compuestas de ensilaje de alfalfa y heno de alfalfa con una proporción de 50:50, el heno cortado chico a 4 mm y el heno grande a 10 mm. Sus resultados demostraron que la producción de leche se aumentó y además no se observaron efectos en la composición de leche por el tamaño de partícula del forraje.

El Separador de Partícula de la Universidad de Pensilvania (PSPS, por sus siglas en ingles), es un método rápido y efectivo para estimar el tamaño de partícula del forraje y de la TMR y fue construido como un método alternativo al separador de la Sociedad Americana de Ingenieros en Agricultura (ASAE). El PSPS es operado manualmente, las cribas construidas con poros de la medida de 19.0 mm, 8.0 mm y 1.18 mm con una charola recolectora (Kononoff et al., 2003).

No existen trabajos que midan la DDTP y el factor físico efectivo de los establos lecheros de la comarca lagunera y tomando en cuenta que este puede ser modificado por las características de los forrajes, de los carros revolvedores, del tiempo de mezclado, y la ausencia de herramientas para medir el pef de vacas lecheras productoras altas, se espera encontrar a este fuera del rango recomendado por el sistema de Separación de Partículas propuesto por la Universidad de Pensilvania.

Este estudio se realizó para la determinación de la distribución del tamaño de partícula (DDTP) y el factor físico efectivo (pef) de la dieta de vacas lecheras productoras altas en diez establos.

Revisión de literatura

Tamaño de partícula e ingesta de MS

La forma física de la dieta es una determinante importante de la ración, porque nos afecta en el consumo de los alimentos, por este motivo se han realizado investigaciones.

Reduciendo el largo de la partícula del forraje (FPL) puede cambiar la ingesta de alimento por aumento de la velocidad de paso de la digesta a través del tracto digestivo. Sin embargo, partículas de forraje pequeño pasan menos tiempo en el rumen, entonces la digestibilidad ruminal particularmente de fibra, puede ser reducida (Yang y Beauchemin, 2006b).

Inicialmente Grant y Weidner (1992) probaron el efecto de la grasa de la semilla de soya entera cruda, por sus siglas en ingles (WRS) en la ingesta de fibra de raciones isocalóricas y con diferente porcentaje de fibra y tamaño de partícula, en vacas lecheras de lactación temprana, alimentándolas con las siguientes dietas: ensilaje de alfalfa cortado fino con un tamaño de 0.64 cm para el corte largo con WRS, ensilaje de alfalfa de 0.64 cm sin semilla de soya, ensilaje de alfalfa de 0.64 cm y heno de alfalfa cortado grueso mas semilla de soya, ensilaje de alfalfa de 0.64 cm y heno de alfalfa grueso sin semilla de soya. Todos los animales alimentados con una TMR y formuladas para ser isocalóricas e isonitrogenadas, con un 52.2 a 52.8% de forraje y 36.3% de maíz. La prueba numero dos se realizó con las siguientes dietas: 1.- fibra baja con el 25% FDN y WRS 11.16%, 2.- 25% de FDN sin WRS, 3.- fibra alta y 29% de FDN con 11.6% de WRS, 4.- 29% de FDN sin WRS. Los datos demuestran que el tamaño de partícula del forraje no afectó la ingesta de MS y fibra, pero la ingesta de materia seca disminuyó con la adición de la semilla de soya en las dietas de ensilaje fino. La diferencia en la ingesta por la adición de grasa entre los 2 estudios puede ser debido a una diferencia en la disponibilidad de lípidos en el rumen (semilla de soya contra sales de Ca de ácidos grasos) o por las diferencias en el perfil de ácidos grasos y nivel de saturación de la grasa en la semilla de soya comparado con las sales de Ca de ácidos grasos. Al parecer, el suplementar con WRS aparentemente baja la ingesta de MS con dietas bajas en fibra (25% de FDN) y con un tamaño de partícula grande. Ellos sugirieron que adicionar un 11.6% de WRS en dietas con fibra baja (25% de

FDN) y tamaño de partícula pequeño de 3.0 mm deprime la ingesta de MS. Así que con una adecuada fibra efectiva (29% de FDN y un tamaño de partícula larga de 3.3 mm) con la adición de WRS se corrige la baja ingesta de MS.

Yang y Beauchemin (2002) investigaron del efecto del tamaño de partícula del forraje y una relación del ensilaje de alfalfa con heno de alfalfa (con un tamaño de 4 mm.) sobre la ingesta de nutrientes, utilizando cuatro vacas Holstein en lactación, las dietas administradas elaboradas a base de 60% de cebada (concentrado) y 40% de forraje, además de gluten de maíz, harina de canola, harina de soya, remolacha, etc. La ingesta de materia orgánica (MO) disminuye en un 13.4% con una reducción de la relación ensilaje de alfalfa: heno de alfalfa 25:75 (AS:AH, por sus siglas en ingles) debido a un mayor contenido de materia seca (MS) del alimento que puede contribuir a la depresión de la ingesta con esta relación AS:AH, el tamaño de partícula del forraje y un contenido diferente de FDN afectan la ingesta de peFDN (fibra detergente neutra físicamente efectiva). La relación AS:AH 50:50 brindó mejores resultados en cuanto a ingesta de alimento, además con un aumento en la proporción de peFDN se mejora la síntesis de proteína microbial, el aumento en el tamaño de partícula del forraje de las dietas no afectan la ingesta del alimento.

Krause y Combs (2003) utilizaron doce vacas Holstein multíparas en lactación media para evaluar el efecto entre el nivel de carbohidratos fermentables ruminalmente (RFC, por sus siglas en ingles), el tamaño de partícula del forraje y el nivel de almidón dietético que pueden afectar la ingesta de MS. Las dietas basadas en ensilaje de alfalfa grueso y fino, ensilaje de maíz grueso y fino, maíz seco y húmedo, con un corte teóricamente largo de estos de 1.9 cm. Según los resultados obtenidos la ingesta de MS y demás nutrientes (MO, FDN, FAD) fueron altos en la dieta de maíz seco y ensilaje de alfalfa grueso. Al aumentar el nivel de RFC con maíz alto en humedad se disminuye la ingesta de MS y MO, además el ensilaje de maíz tiene un alto contenido de almidón y bajo contenido de FAD, por este motivo hubo cambios en la ingesta de MS. Como conclusión una reducción del tamaño de partícula del forraje en una dieta basada en ensilaje de alfalfa y la mezcla de ensilaje de alfalfa y ensilaje de maíz disminuye la ingesta de MS y MO y además la ingesta de

estos disminuye cuando el nivel de RFC es aumentado. El efecto del tamaño de partícula del forraje depende de la fuente de forraje y el nivel de RFC.

En otro experimento realizado para determinar el efecto del contenido de peFDN en dietas basadas en alfalfa en la ingesta de alimento, Beauchemin y Yang (2003) utilizaron cuatro vacas Holstein lactantes a las que se les administró dietas compuestas de ensilaje de alfalfa- heno de alfalfa (AS:AH, por sus siglas en ingles) 50:50, el heno cortado chico a 4 mm y el heno grande a 10 mm, el concentrado con 60% de cebada y 40% de forraje, la otra relación fue AS:AH de 25:75. Los resultados del experimento demostraron que la ingesta de MS no fue diferente en vacas alimentadas con heno de diferentes tamaños de partícula, sin embargo al cambiar la relación AS:AH 25:75 la ingesta de MS fue menor, ocurriendo lo contrario en la relación 50:50 de la dieta por un mayor tiempo de rumia.

Kononoff y Heinrichs (2003) evaluaron el efecto del tamaño de partícula del forraje en ingesta de MS pero usando el henilaje de alfalfa con ocho vacas Holstein multíparas de lactación temprana, las raciones proporcionadas fueron las siguientes: henilaje de alfalfa corto (4.8 mm); henilaje de alfalfa largo (22.3 mm) ; 1/3 parte de henilaje de alfalfa largo y 2/3 partes de henilaje de alfalfa corto; 2/3 partes de henilaje de alfalfa largo y 1/3 parte de henilaje de alfalfa corto. En la dieta de henilaje de alfalfa corto existió mayor ingesta de MS y una mayor digestibilidad de FDN y de todos los nutrientes, excepto para FAD, y para los carbohidratos no fibrosos (NFC, por sus siglas en ingles), probablemente por una mayor área de ataque microbial y por consiguiente una velocidad mas rápida de la fermentación ruminal. En conclusión la reducción del tamaño de partícula del forraje aumenta la Ingesta de MS y de la TMR del ganado lechero de lactación temprana.

Por otra parte Bal et al. (2000) determinaron los efectos del procesamiento de la planta entera del ensilaje de maíz y su corte largo en la ingesta de materia seca de vacas lecheras. Con los siguientes tratamientos: una dieta control compuesta de ensilaje de maíz cosechado con una longitud de 0.95 cm sin procesamiento, la siguiente dieta formulada con ensilaje de maíz procesado fino a un tamaño de 0.95 cm, la tercera ración conformada de ensilaje procesado mediano con un tamaño de 1.45 cm y una ultima de ensilaje procesado largo a 1.90 cm. De acuerdo con este experimento la ingesta de

materia seca fue 0.6 kg mas alta en las dietas procesadas que en la dieta control y que la ingesta de MS fue similar entre los cortes largos del ensilaje procesado, esto también ha sido reportado por otros autores. Entonces se recomienda un corte de 1.90 cm de corte teórico largo para el ensilaje de maíz procesado, porque hay menos selección y rechazo de maíz en el pesebre para la TMR.

De la misma manera Kononoff et al. (2003) tomaron en cuenta una alimentación con ensilaje de maíz de diferente tamaño de partícula para observar su efecto en el comportamiento de la comida en vacas lecheras, ofreciéndoles los siguientes tratamientos: ensilaje de maíz corto (4.8 mm); ensilaje de maíz largo (22.3 mm); otra dieta compuesta de una parte de ensilaje de maíz largo y dos partes de ensilaje de maíz corto; la otra compuesta de dos partes de ensilaje de maíz largo y una parte de ensilaje de maíz corto. Los resultados demostraron que reduciendo el tamaño de partícula del ensilaje de maíz aumenta la ingesta de MS pero disminuye la concentración de FDN en ganado lechero en lactación, se concluyó que la efectividad física del ensilaje de maíz no fue afectado por la reducción del tamaño de partícula.

Kononoff y Heinrichs (2003a) determinaron los efectos de la alimentación con dietas basadas de ensilaje de maíz de diferente tamaño de partícula en vacas de lactación temprana realizando el experimento con dieciséis vacas Holstein multíparas lactantes alimentadas con 4 TMR con diferente tamaño de partícula, la primera dieta compuesta de ensilaje de maíz largo (22.3 mm) sin cáscara de algodón, la segunda con el ensilaje largo pero con cáscara de algodón, la tercera dieta en base a ensilaje corto de 4.8 mm sin cáscara de algodón, la ultima ración con el ensilaje corto pero con la cáscara de algodón. El forraje con la partícula larga no afectó significativamente la ingesta de MS y la inclusión de cáscara de algodón aumentó significativamente la ingesta de MS además de ser muy palatable. Reduciendo el tamaño de partícula del ensilaje de maíz no afecta en forma significativa la ingesta de MS.

Años mas tarde Yang y Beauchemin (2005) evaluaron el efecto que tiene el aumentar la concentración de peFDN de una dieta conteniendo ensilaje de maíz en la ingesta de alimento, en seis vacas lecheras, la dieta compuesta de 58% de concentrado y 48% de ensilaje de maíz, las dietas constituidas de ensilaje largo de 19.1 mm 100% (peFDN alto); ensilaje largo 25% + ensilaje

mediano de 11 mm 75% (peFDN medio); ensilaje fino 100% (peFDN bajo). La ingesta de MS, fibra y N no fue significativamente afectada por el contenido de peFDN de las dietas, la ingesta de MS y nutrientes fue baja para todas las vacas. Las diferencias en la ingesta pueden ser atribuidas a la diferencia fisiológica entre las vacas primíparas y multíparas o por los efectos de la canulación ruminal. El aumento de la partícula larga del ensilaje de maíz en la dieta, aumenta linealmente la ingesta de peFDN, pero generalmente no afecta la ingesta de nutrientes, estos resultados indicaron que el aumento de la ingesta de peFDN puede aumentar la digestión de fibra ruminal por mejoramiento de la función del rumen y digestión intestinal de fibra.

En los experimentos de Rustomo et al. (2006) se estudió el efecto de la concentración del valor acidogénico (VA) y el tamaño de partícula del forraje en ingesta de MS de vacas lecheras, el experimento fue realizado con 4 vacas lecheras Holstein multíparas y conducido con un cuadrado latino 4 x 4 y un arreglo factorial 2 x 2. En los diferentes tratamientos se utilizó ensilaje de maíz y henilaje de alfalfa cosechado con las siguientes medidas de 1.3 y 1.9 cm. Los dos tamaños de partícula fueron combinados con dos niveles de concentrado de valor acidogénico (VA) para preparar cuatro TMR (50:50). Las dietas formuladas de la siguiente manera: concentrado con alto valor acidogénico y ensilaje grueso, concentrado con alto VA y ensilaje fino, concentrado con bajo VA y ensilaje grueso, concentrado con bajo VA y ensilaje fino. Los resultados demuestran que la ingesta de MS no fue afectada por la dieta. Por lo tanto el tamaño de partícula del forraje (FPS) no tiene efecto en la ingesta de materia orgánica y FDN.

Debido a que la efectividad física de las partículas de la dieta puede afectar la ingesta de alimento Yang y Beauchemin (2006b) utilizaron seis vacas Holstein lactantes para estudiar el efecto de proporcionar una concentración elevada de peFDN en la ingesta de alimento de dietas que contienen ensilaje de cebada (BS en el inglés) y concentrado rápidamente fermentable, las raciones formuladas con ensilaje de cebada corto 100% (4.8 mm.) (peFDN bajo), 50% de ensilaje corto y 50% de ensilaje largo (9.5 mm.) (peFDN medio), 100% ensilaje largo, 53% concentrado y 47% BS (peFDN alto). La ingesta de MS, MO, almidón y N son altos en vacas alimentadas con peFDN medio. Se pudo observar una baja eficiencia en leche porque las vacas estaban en

lactación tardía y con esta condición desvían más ingesta de MS a ganancia de peso y crecimiento fetal. La cebada con peFDN medio puede ser considerada en la alimentación, en casos de que exista una baja eficiencia en la digestión del alimento, por una mayor ingesta de peFDN.

En el mismo año Yang y Beauchemin (2006a) experimentaron con el mismo alimento pero combinado de diferente manera para determinar el efecto que tiene el tamaño de partícula del ensilaje de cebada en la ingesta de alimento cuando se proporciona en combinación con grano de cebada, para ello se usaron seis vacas Holstein lecheras en lactación usando el PSPS (Separador de Partícula de la Universidad de Pensilvania) con la criba de 19.0 mm, 8.0 mm y la charola recolectora. Las dietas consistían de 53% de concentrado y 47% de ensilaje de cebada pero diferente nivel de peFDN, las dietas hechas de 100% ensilaje de cebada larga de 9.5 mm (peFDN alto); 50% ensilaje de cebada larga + 50% de la corta de 4.8 mm (peFDN medio) y 100% ensilaje de cebada corta (baja peFDN). La ingesta de MS y FDN no fueron afectados por el nivel de peFDN de las dietas, y además puede haber una interacción entre tamaño de partícula de la dieta con la relación forraje concentrado en la ingesta de MS cuando se alimentó a las vacas con una dieta alta en forraje, por otra parte una reducción del tamaño de partícula resulta en una velocidad de paso mas alto en el rumen y que permite una gran ingesta de MS. Basándose en los estudios previos sugirieron que las vacas pueden intencionalmente seleccionar partículas largas de alimento para satisfacer sus necesidades de fibra físicamente efectiva cuando el pH ruminal es bajo, debido a una baja ingesta de peFDN.

Más experimentos de alimentación de vacas lecheras, proporcionando un contenido de peFDN aumentado y su efecto sobre la ingesta de alimento. La investigación se realizó en vacas lactantes, estas recibieron una alimentación de ensilaje de alfalfa corto (7.9 mm.) y largo (19.1 mm.) y una relación baja en F:C (forraje: concentrado) de 35:65, la otra dieta similar, pero con una relación F:C de 60:40. Sus resultados demostraron que al aumentar la relación del F:C se disminuye la ingesta de MS (materia seca) pero se observó una mayor ingesta de FDN, además la partícula larga del ensilaje de alfalfa no tuvo ningún efecto en la ingesta de alimento (Yang y Beauchemin, 2007).

Continuando con sus investigaciones Yang y Beauchemin (2007b) determinaron los efectos entre el nivel de carbohidratos fermentables en el rumen y el contenido de peFDN en la ingesta de alimento de vacas lecheras, para ello realizaron cuatro experimentos, el primero elaborado con ensilaje de alfalfa corto de 7.9 mm con una relación forraje:concentrado de 35:65, la segunda ración a base de ensilaje de alfalfa largo de 19.1 mm con la relación F:C de 35:65, la tercera dieta con ensilaje de alfalfa corto pero con el F:C de 60:40 y la última dieta de ensilaje de alfalfa largo y la relación F:C de 60:40. En los resultados se observó que la ingesta de MS y MO fue reducida en un 10% con un aumento de la relación F:C debido al llenado ruminal por el forraje, esta variación puede ser por la ingesta de almidón, de FDN y de FAD, con cambios en la relación F:C por composición de la dieta consumida, llegando a concluir que la partícula larga del forraje no tiene efecto en la ingesta de MS de las vacas lecheras pero si se aumenta la peFDN se reduce la Ingesta de MS.

Tamaño de partícula y digestión

La digestibilidad de nutrientes es un parámetro importante de calidad del alimento, porque los cambios físicos de los alimentos tal como el tamaño de partícula pueden afectar la digestión del rumen, velocidad de paso y síntesis de proteína microbiana así como la digestión total y post ruminal (Yang et al., 2002). Una reducción del tamaño de partícula del forraje aumenta la ingesta de MS, disminuye la digestibilidad de MS y disminuye el tiempo de retención de sólidos en el rumen (Clark y Armentano, 2002).

Como la alfalfa es un forraje popular para ensilar por su alto contenido en MS y PC. El ensilaje de alfalfa es pequeño en cuanto al tamaño de partícula que el heno de alfalfa largo, es menos quebradizo y más manejable que el heno. Estas atribuciones pueden reducir el contenido de fibra del ensilaje de alfalfa y por lo tanto reducir la actividad de masticado, predisponiendo a las vacas a la acidosis ruminal (Beauchemin et al., 2003), por tal motivo se ha estudiado dicho forraje.

En el estudio del efecto del tamaño de partícula del forraje en la digestión ruminal de vacas lecheras, sometieron a evaluación una relación del ensilaje de alfalfa y heno de alfalfa de 25:75, 50:50; respectivamente (con un tamaño de de partícula de 4 mm.) y con las dietas a base de cebada, con el

60% (concentrado) y 40% de forraje además de gluten de maíz, harina de canola, harina de soya, remolacha, etc. En la ración suplementada con AS:AH al 50:50 las vacas mostraron mayor ingesta de alimento aunado a una mejor digestibilidad de este, también se observó que al momento en que se aumentó la proporción de peFDN y el tamaño de partícula, existió mayor síntesis de proteína microbial mejorando la digestión de la fibra (Yang et al., 2002).

Se han realizado más estudios para determinar el efecto del tamaño de partícula acompañados por carbohidratos fermentables rápidamente en rumen sobre la digestibilidad de la MS. Para ello, Krause et al. (2002a), usaron ocho vacas Holstein multíparas con dietas basadas de dos niveles de tamaño de partícula de forraje (ensilaje de alfalfa, fino y largo de 1.9 cm) combinado con concentrado basado en maíz húmedo (74.2% de MS) y seco (89.9% de MS), con la relación concentrado:forraje de 61:39, sus resultados sugirieron que la digestibilidad fue mejor en el maíz húmedo (la digestibilidad de FAD para dietas de maíz alto en humedad tiende a elevarse con un aumento del tamaño de partícula) esto puede ser relacionado al tiempo de retención en el rumen y probablemente todo esto dependió del nivel de maíz de la dieta. Entonces dietas bajas en fibra efectiva y altas en carbohidratos fermentables ruminalmente pueden ser usadas en la alimentación de las vacas de lactación media sin causar efectos negativos en productividad y digestibilidad.

Estos autores Bal et al. (2000) determinaron los efectos del procesamiento de la planta entera del ensilaje de maíz y su corte largo en la digestión de vacas lecheras, los tratamientos fueron los siguientes: una dieta control compuesta de ensilaje de maíz cosechado con una longitud de 0.95 cm sin procesamiento, la siguiente dieta formulada con ensilaje de maíz procesado fino a un tamaño de 0.95 cm, la tercera ración conformada de ensilaje procesado mediano con un tamaño de 1.45 cm y una última de ensilaje procesado grueso a 1.90 cm. La digestibilidad de MS, MO y PC no fue afectada por los tratamientos, así que el corte de 1.90 cm del ensilaje procesado previno la depresión de la digestibilidad de fibra mejorando la digestibilidad de almidón ruminal debido al procesado. En conclusión el corte de 1.90 cm previno la depresión de digestión de la fibra y puede ser recomendado en la alimentación.

Por otra parte las investigaciones realizadas por Kononoff y Heinrichs (2003a) sobre dietas basadas en ensilaje de maíz de diferente tamaño de partícula (22.3 mm y 4.8 mm) en vacas lecheras alimentadas con raciones totalmente mezcladas, pero con la inclusión de cáscara de algodón. Los resultados demostraron que la digestibilidad de MS tiende a ser alta en dietas con el tamaño de partícula largo, pero no fue afectada por la inclusión de cáscara de algodón. Reduciendo el tamaño de partícula del ensilaje de maíz no afecta, en forma significativa, la digestión aparente del total de carbohidratos no estructurales y fibra.

Yang y Beauchemin (2006b) manipularon la concentración de peFDN y un concentrado rápidamente fermentable en rumen en dietas basadas en ensilaje de cebada (BS, en el inglés) para determinar su efecto en la digestión ruminal, ellos usaron seis vacas Holstein lactantes, y con la dieta ensilaje de cebada corto 100% (4.8 mm.) (peFDN bajo), 50% de ensilaje corto con 50% de ensilaje largo (9.5 mm.) (peFDN medio), la otra ración a base de 100% ensilaje largo, con una relación de 53% concentrado y 47% BS (peFDN alto). Los resultados indicaron que el aumentar el contenido de peFDN en la ración se reduce la digestibilidad de MS y MO. Concluyendo que el grano de cebada es rápidamente digerido en rumen, con buena digestión y aliviando la acidosis ruminal.

Zebeli et al. (2007) evaluaron la variación del tamaño de partícula del heno en la digestión ruminal de cuatro vacas Holstein multíparas de lactación tardía proporcionándole las siguientes dietas: bajo nivel de concentrado (grano de cebada, trigo) 20%, heno fino (6 mm.), bajo nivel de concentrado, heno cortado largo (30 mm), alto nivel de concentrado (60%), heno cortado fino, alto concentrado, heno cortado largo. La degradabilidad de la MS fue alta en las vacas alimentadas con heno y bajas cantidades de concentrado. Concluyeron que la inclusión del heno cortado grueso en la dieta y alto concentrado no mejoró la digestión ruminal, sin afectarse la digestibilidad en el tracto digestivo.

En otros estudios sobre la fibra físicamente efectiva Yang y Beauchemin (2007b) determinaron los efectos entre el nivel de carbohidratos fermentables en el rumen y el contenido de peFDN en el sitio y extensión de la digestión, de vacas lecheras lactantes. Las dietas suministradas fueron elaboradas a base de ensilaje de alfalfa corto de 7.9 mm con relación forraje concentrado de

35:65, la segunda ración a base de ensilaje de alfalfa largo de 19.1 mm con la relación F:C de 35:65, la tercera dieta con ensilaje de alfalfa corto pero con F:C 60:40 y la última dieta de ensilaje de alfalfa largo y la relación F:C de 60:40. Aumentándoles a las vacas la peFDN en su dieta se mejoró la digestión de fibra en rumen y en tracto digestivo total y aumentando el forraje, se aumentó la ingesta de fibra y la digestibilidad. Llegaron a la conclusión que aumentando la ingesta de partículas largas del forraje por un aumento en la proporción de forraje o por aumento del corte largo del forraje se mejora la digestión de fibra ruminal porque se mejora la fermentación en rumen.

Tamaño de partícula y pH ruminal

Un pH ruminal bajo es el resultado de una acumulación de AGV debido a dietas con altas proporciones de concentrado fermentable y forraje con baja fibra físicamente efectiva (peFDN) (Yang y Beauchemin, 2006a). Las partículas del forraje fino, heno o ensilaje tienden a disminuir el tiempo de rumia o pH ruminal, se aumenta la producción de propionato ruminal y puede inducir una depresión de grasa en leche por alteración de niveles de insulina en suero (Grant y Colenbrander, 1990).

Según, Grant y Colenbrander (1990) las diferencias en tamaño de partícula del ensilaje de alfalfa puede cambiar el ambiente ruminal, para ello usaron dieciocho vacas Holstein de tres semanas posparto que fueron alimentadas con dietas de ensilaje de alfalfa de segundo corte: con un tamaño fino, mediano, y grueso, combinado con maíz alto en humedad y una relación forraje concentrado de 55:45. Sus resultados indicaron que el pH ruminal y la relación acetato propionato se disminuye con la reducción del tamaño de partícula del ensilaje de alfalfa.

Allen y Grant (2000) evaluaron el efecto de alterar el tamaño de partícula del forraje en pH ruminal, y determinar el contenido de FDN físicamente efectiva del gluten de maíz húmedo con una dieta control alta en fibra. En el procedimiento experimental utilizaron 12 vacas lecheras Holstein, los tratamientos proporcionados fueron una dieta basal de ensilaje de alfalfa bajo en fibra conteniendo 23.3% de FDN, ensilaje de alfalfa alto en fibra con 31.9% de FDN, otra de gluten de maíz húmedo con 31.6% de FDN y ensilaje de alfalfa bajo en fibra, la última ración de gluten de maíz húmedo y heno de alfalfa

cortado grueso con 32% de FDN. Los resultados demostraron que la peFDN fue más alta en el heno de alfalfa. El pH ruminal fue mas alto en la dieta alta en fibra, porque la rumia estimuló la secreción salival de bicarbonato y fosfato como amortiguadores, el pH ruminal fue mucho más alto en la dieta de gluten de maíz húmedo con heno de alfalfa. En conclusión, al Incorporar gluten de maíz húmedo en la dieta da como resultado poco efecto en pH ruminal y AGV.

En el experimento realizado por Krause et al. (2002b) evaluaron el efecto del nivel de carbohidratos fermentables ruminalmente y el tamaño de partícula del forraje en el pH ruminal, usando un nivel constante de FDN dietética, con tratamientos de ensilaje de alfalfa grueso de 1.9 cm y maíz alto en humedad, ensilaje de alfalfa fino con maíz alto en humedad (74.2% de MS), ensilaje de alfalfa fino con maíz seco (89.9% de MS) y ensilaje de alfalfa grueso con maíz seco, con una relación F:C de 61:39. Concluyeron que en vacas Holstein multíparas, la relación forraje concentrado de 61:39 con ambos niveles de carbohidratos fermentables ruminalmente y disminuyendo el tamaño partícula, incluido un maíz alto en humedad afectan el pH ruminal.

En términos de evaluar el efecto entre el nivel de carbohidratos fermentables ruminalmente (RFC, por sus siglas en ingles), el tamaño de partícula del forraje y el nivel de almidón dietético sobre el pH ruminal, Krause y Combs (2003) utilizaron doce vacas Holstein multíparas de lactación media, con dietas basadas de ensilaje de alfalfa grueso y fino, ensilaje de maíz grueso y fino, maíz seco y húmedo, con un corte teóricamente largo de estos de 1.9 cm. Los resultados indicaron que el pH ruminal no fue afectado por el tamaño de partícula, pero este disminuye cuando los niveles de RFC se aumentan.

Beauchemin et al. (2003) evaluaron el contenido de peFDN en dietas a base de alfalfa y su efecto en fermentación ruminal, para ello utilizaron cuatro vacas Holstein lactantes, a las que se les administró dietas de ensilaje de alfalfa y heno de alfalfa (AS:AH, por sus siglas en ingles) las primera dietas con una relación 50:50 y con heno cortado chico a 4 mm y el heno grande a 10 mm, el concentrado compuesto de 60% de cebada y 40% de forraje; las otras dietas con una relación AS:AH de 25:75 y con las mismas medidas de tamaño de partícula de heno de alfalfa. Las vacas alimentadas con una relación baja de AS:AH que incluían el heno cortado chico tenían valores de pH ruminal alto, demostrando que el pH es principalmente afectado por el tamaño de partícula

del heno, todo esto por un mayor tiempo de rumia. En conclusión el aumento del contenido de peFDN mejoró el pH ruminal.

De la misma manera Kononoff y Heinrichs (2003) realizaron la investigación con henilaje de alfalfa para evaluar el efecto del tamaño de partícula de este alimento en la fermentación ruminal de ocho vacas Holstein. Las raciones proporcionadas fueron las siguientes: henilaje de alfalfa corto (4.8 mm); henilaje de alfalfa largo (22.3 mm); 1/3 parte de henilaje de alfalfa largo y 2/3 partes de henilaje de alfalfa corto; 2/3 partes de henilaje de alfalfa largo y 1/3 parte de henilaje de alfalfa corto. Se observaron valores de pH ruminal altos en las dietas de henilaje de alfalfa combinadas en sus diferentes proporciones, pero se observó que el tamaño de partícula corto causó un pH ruminal bajo, por menos tiempo de masticado y menos secreción de saliva y que la excesiva alimentación con un tamaño de partícula largo disminuyó el pH ruminal. Aunque la actividad de masticado fue estrechamente relacionado por el tamaño de partícula del forraje, los efectos en pH ruminal fueron mínimos.

Continuando con las investigaciones de diferentes alimentos, Kononoff et al. (2003) analizaron si el ensilaje de maíz con diferente tamaño de partícula afecta en la fermentación ruminal de vacas lecheras lactantes, proporcionándoles los siguientes tratamientos: ensilaje de maíz corto (4.8 mm); ensilaje de maíz largo (22.3 mm); otra dieta compuesta de una parte de ensilaje de maíz largo y dos partes de ensilaje de maíz corto; la otra compuesta de dos partes de ensilaje de maíz largo y una parte de ensilaje de maíz corto. Sus resultados demostraron que no existen efectos en el pH ruminal por los tratamientos (el pH tiende a tener un efecto lineal con la reducción del tamaño de partícula).

De la misma manera Yang y Beauchemin (2006c) sometieron a evaluación el contenido de peFDN aumentado en las dietas conteniendo ensilaje de maíz sobre su efecto en pH ruminal de vacas lecheras, para ello utilizaron seis vacas Holstein multíparas en lactación, las dietas que se proporcionaron fueron compuestas de ensilaje largo de 28.6 mm (peFDN alto); ensilaje mediano de 15.9 mm (peFDN medio); ensilaje corto de 4.8 mm (peFDN bajo), con una relación en la TMR de 54% concentrado y 46% de ensilaje de maíz. Los resultados obtenidos demostraron que el pH ruminal no fue afectado al aumentar el contenido de peFDN dietética.

En el mismo año Yang y Beauchemin (2006a) evaluaron el efecto del tamaño de partícula del ensilaje de cebada en el pH ruminal de vacas lecheras cuando se alimentó en una combinación con grano de cebada, usando el PSPS (Separador de partícula de la Universidad de Pensilvania) con las cribas de 19.0 mm, 8.0 mm y una charola de recolección. Las dietas consistían de 53% de concentrado y 47% de ensilaje de cebada pero diferente peFDN, las dietas hechas de 100% ensilaje de cebada larga de 9.5 mm (peFDN alto); 50% ensilaje de cebada larga con 50% de la corta de 4.8 mm (peFDN medio) y 100% ensilaje de cebada corta (peFDN bajo). No se observaron diferencias en pH ruminal de ambos tratamientos. Basados en los estudios previos sugirieron que las vacas pueden intencionalmente seleccionar partículas largas de alimento para satisfacer sus necesidades de fibra físicamente efectiva cuando el pH ruminal es bajo, debido a una baja ingesta de peFDN. La alta fermentabilidad del grano de cebada, comparado con el maíz puede ser otro factor para que exista un pH ruminal bajo en este experimento. Un bajo contenido de fibra físicamente efectiva en dietas que contienen una alta fuente de carbohidratos fermentables, semejante al grano de cebada, causa un pH ruminal bajo y este no se elevó por un aumento en el tamaño de partícula del forraje.

En las investigaciones sobre el tamaño de partícula y la influencia que esta tiene en el pH del rumen, Zebeli et al. (2007) estudiaron el efecto de la variación del tamaño de partícula del heno sobre la fermentación ruminal, mediante el uso de cuatro vacas Holstein multíparas de lactación tardía, suministrando las siguientes dietas: LF= bajo nivel de concentrado (grano de cebada, trigo) 20%, heno fino (6 mm.), LL= bajo nivel de concentrado, heno cortado largo (30 mm), HF= alto nivel de concentrado (60%), heno cortado fino, HL= alto concentrado, heno cortado largo. Finalmente, concluyeron que la ingesta de MS permaneció constante; en cuanto a la actividad amilolítica esta no fue afectada con la dieta alta en concentrado y heno cortado grueso, solo existiendo una depresión de la actividad fibrolítica. Alterando el tamaño de partícula en rumen de 6.0 a 30 mm y con una alta cantidad de concentrado, se aumentó la proporción de MS de la dieta, el tiempo de rumia fue mayor, se mejoró la maraña de fibra ruminal. Pero la alimentación con heno cortado grueso y alto concentrado no mejoró las condiciones en el rumen.

En mas estudios sobre dietas de vacas lecheras, Yang y Beauchemin (2007) evaluaron diferentes raciones con un contenido de peFDN aumentado, utilizando ensilaje de alfalfa corto (7.9 mm.) y largo (19.1 mm.) y una relación baja en F:C (forraje, concentrado) de 35:65, la otra dieta similar pero con una relación F:C de 60:40, al termino de sus investigaciones, determinaron que la partícula larga del forraje (FPL) aumentó solamente el pH ruminal, observando también que una relación creciente de F:C cuando el tamaño de partícula del forraje fue corto brindó buenos resultados, mejorando el pH ruminal por un aumento en la ingesta de peFDN.

Fischer et al. (1994) investigaron los efectos del ensilaje de alfalfa en pH ruminal, proporcionándola en forma corta y larga con o sin heno suplementado. Alimentaron a las vacas con raciones de ensilaje de alfalfa con el tamaño de partícula largo de 0.95 cm, mas heno de alfalfa de la misma medida, la otra dieta pero sin heno de alfalfa, la tercera dieta con ensilaje de alfalfa pero con un tamaño de partícula corto de 0.46 cm mas heno, la ultima dieta con ensilaje de alfalfa corto pero sin el heno, todas contenían ensilaje de maíz con un tamaño de 5.59 mm. La partícula larga del ensilaje de alfalfa no tuvo efecto en pH ruminal. En conclusión la suplementación de una TMR basada en ensilaje de alfalfa y ensilaje de maíz y heno largo mezclado no fue benéfico y no es recomendable utilizarlo.

Tamaño de partícula y AGV

Aparentemente con la reducción del tamaño de partícula se aumenta la producción de AGV en el rumen debido a una mayor ingesta de materia seca y por consiguiente una mayor disponibilidad de almidón en rumen.

Los resultados obtenidos por Grant y Colenbrander (1990) en términos de evaluar la producción de AGV con diferentes tamaños de partícula del ensilaje de alfalfa en dieciocho vacas Holstein de tres semanas posparto y que producen baja grasa en leche. A las que les ofrecieron dietas de ensilaje de alfalfa de segundo corte: con un tamaño fino, mediano, y grueso, combinado con maíz alto en humedad y una relación forraje concentrado de 55:45, sus resultados indicaron que relación acetato propionato disminuye con la reducción del tamaño de partícula.

Continuando con sus estudios Krause et al. (2002b) determinaron los efectos entre el nivel de carbohidratos fermentables ruminalmente y el tamaño de partícula del forraje sobre la producción de AGV, usando un nivel constante de FDN dietética y 8 vacas Holstein multíparas, con tratamientos de ensilaje de alfalfa grueso de 1.9 cm y maíz alto en humedad, ensilaje de alfalfa fino con maíz alto en humedad (74.2% de MS), ensilaje de alfalfa fino con maíz seco (89.9% de MS) y ensilaje de alfalfa grueso con maíz seco, con una relación forraje concentrado de 61:39. La concentración de AGV ruminal fue elevada en dietas de maíz alto en humedad (principalmente el propionato, disminuyendo con un aumento del tamaño de partícula del forraje) pero el acetato ruminal fue alto en dieta de maíz seco, de esta manera dietas que aumentan la actividad de masticado y flujo de saliva, provocarán mas movimiento del liquido ruminal y por consiguiente baja la concentración de AGV.

Con respeto a la producción de ácidos grasos volátiles, Krause y Combs (2003) estimaron el efecto entre el nivel de carbohidratos fermentables ruminalmente, el tamaño de partícula del forraje y el nivel de almidón dietético que pueden afectar la producción microbiana. Se utilizaron doce vacas Holstein multíparas de lactación media. Las dietas estuvieron basadas de ensilaje de alfalfa grueso y fino, ensilaje de maíz grueso y fino, maíz seco y húmedo, con un corte teóricamente largo de estos de 1.9 cm. La concentración ruminal de AGV no fue afectada por los tratamientos, pero sí se disminuye el tamaño de partícula la concentración de propionato aumenta, el hecho de remplazar el ensilaje de alfalfa con el ensilaje de maíz eleva el propionato ruminal, probablemente por un aumento del almidón ruminal.

Beauchemin et al. (2003) investigaron los efectos del contenido de peFDN en las raciones en la producción de ácidos grasos volátiles, para esto utilizaron cuatro vacas Holstein lactantes administrándose dietas compuestas de ensilaje de alfalfa- heno de alfalfa (AS:AH, por sus siglas en ingles) relación 50:50, el heno cortado chico a 4 mm y el heno grande a 10 mm, el concentrado con 60% de cebada y 40% de forraje, la otra relación proporcionada AS:AH de 25:75. Los resultados demostraron que los AGV no se vieron afectados, ellos atribuyen la falta de efecto al corto tiempo del experimento, ya que otros estudios indican lo contrario.

El efecto del tamaño de partícula del ensilaje de maíz en la lactación de la vaca no es claro. Cambios en la dieta llevan a una disminución en la producción de acetato y butirato que son los principales precursores de la síntesis de grasa en la glándula mamaria, induciendo una disminución en el contenido de grasa en leche.

Bal et al. (2000) analizaron los efectos del procesamiento de la planta entera del ensilaje de maíz y su corte largo en la digestión de vacas lecheras. Con los siguientes tratamientos: una dieta control compuesta de ensilaje de maíz cosechado con una longitud de 0.95 cm sin procesamiento, la siguiente dieta formulada con ensilaje de maíz procesado fino a un tamaño de 0.95 cm, la tercera ración conformada de ensilaje procesado mediano con un tamaño de 1.45 cm y una última de ensilaje procesado grueso a 1.90 cm. No hubo efectos del ensilaje procesado o por el corte largo en pH ruminal y la concentración total de AGV no fue afectada por los tratamientos.

Kononoff et al. (2003) utilizaron el ensilaje de maíz con diferente tamaño de partícula para determinar su efecto en la fermentación ruminal de cuatro vacas lecheras en lactación, a las cuales se les ofreció los siguientes tratamientos: ensilaje de maíz corto (4.8 mm); ensilaje de maíz largo (22.3 mm); otra dieta compuesta de una parte de ensilaje de maíz largo con dos partes de ensilaje de maíz corto; y una última dieta compuesta de dos partes de ensilaje de maíz largo y una parte de ensilaje de maíz corto. Los resultados demostraron que la concentración de AGV ruminales aumentan con un descenso del tamaño de partícula (en el caso del propionato se eleva pero el acetato se reduce) por un aumento del consumo de MS, aumento en la digestibilidad del almidón lo que se reflejará en la elevación de la concentración de AGV.

Se han realizado más estudios sobre el ensilaje de maíz con diferente tamaño de partícula, pero adicionando en la ración la cáscara de algodón, para determinar su efecto en la fermentación ruminal de las vacas lecheras, alimentadas con 4 TMR con diferente tamaño de partícula, la primera dieta compuesta de ensilaje de maíz largo (22.3 mm) sin cáscara de algodón, la segunda con el ensilaje largo pero con cáscara de algodón, la tercera dieta en base a ensilaje corto de 4.8 mm sin cáscara de algodón, la última ración con el ensilaje corto pero con la cáscara de algodón. La concentración de AGV no fue

afectada por la partícula larga del forraje o por la inclusión de la cáscara de algodón. Pero al incluir la cáscara de algodón aumenta significativamente la concentración de propionato e isobutirato ruminal, todo esto probablemente por la alta ingesta de MS y actividad microbial, además este efecto se le atribuye a que las dietas contienen mas harina de soya, menos harina de trigo y granos de destilería y estas diferencias darían lugar a dietas que contienen cáscara de algodón conteniendo FDN de fuentes de fibra no forrajera originando que sea mas extensa la degradación ruminal (Kononoff y Heinrichs, 2003a).

Kononoff y Heinrichs (2003) analizaron el efecto del tamaño de partícula del forraje en la fermentación ruminal de ocho vacas Holstein multíparas de lactación temprana, las raciones proporcionadas fueron las siguientes: henilaje de alfalfa corto (4.8 mm); henilaje de alfalfa largo (22.3 mm); 1/3 parte de henilaje de alfalfa largo y 2/3 partes de henilaje de alfalfa corto; 2/3 partes de henilaje de alfalfa largo y 1/3 parte de henilaje de alfalfa corto. Sus resultados demuestran valores altos de AGV ruminales en la dieta de henilaje de alfalfa corto, concluyendo que la alimentación con dietas basadas en henilaje de alfalfa con partículas del tamaño ≥ 19.0 mm con un porcentaje mayor al 30% en la dieta, se aumenta la digestibilidad de MS en un 3.4% aumentando la concentración total de AGV a 13.3 mM/L.

Calberry et al. (2003) determinaron los efectos del aumento de peFDN al remplazar el heno de alfalfa cortado con ensilaje de alfalfa en la producción de AGV ruminales de vacas lecheras, alimentadas con raciones totalmente mezcladas que incluían grano de cebada y ensilaje de maíz, la primera dieta formulada con heno de alfalfa cortado, la segunda con heno de alfalfa cortado y ensilaje de alfalfa, la tercera ración de ensilaje de alfalfa. Como resultados, al remplazar el heno de alfalfa cortado con ensilaje de alfalfa aumenta el contenido de peFDN de 20.1 a 20.3% de MS elevando el pH ruminal de 6.27 a 6.47 pero disminuyendo la concentración de AGV ruminales de 97.1 a 79.8mM de acetato, propionato y butirato. La proporción de partículas retenidas en la criba de 8.0 y 19.0 mm del PSPS fue mayor para el alimento rechazado que para la RTM, demostrando que las vacas seleccionan las partículas finas de la dieta. Los resultados de pH no sugieren inducir acidosis ruminal.

Yang y Beauchemin (2006c) evaluaron tres niveles de peFDN en la dieta de ensilaje de maíz sobre la fermentación ruminal, para ello utilizaron 6 vacas

Holstein, las dietas que se proporcionaron fueron compuestas de ensilaje largo de 28.6 mm (peFDN alto); ensilaje mediano de 15.9 mm (peFDN medio); ensilaje corto de 4.8 mm (peFDN bajo), con una relación forraje: concentrado de 46:54%, las dietas se administraron en una TMR. Finalmente, la reducción del tamaño de corte teórico largo disminuye el contenido de FAD y FDN, sin afectarse el contenido de almidón ruminal, por consiguiente la concentración de AGV no fue afectada por el peFDN dietética.

En esta investigación se proporcionó un bajo contenido de Nitrógeno microbial en la dieta de peFDN alto, que en la dieta de peFDN medio y que puede ser debido a una baja digestión de almidón en el rumen resultado de un cambio en la digestión intestinal del peFDN alto.

Yang y Beauchemin (2006a) investigaron el tamaño de partícula del ensilaje de cebada combinado con grano de cebada y su efecto en la fermentación ruminal de seis vacas lecheras lactantes usando el PSPS (Separador de Partículas de la Universidad de Pensilvania) con la criba de 19.0 mm, 8.0 mm y su charola de recolección, las dietas suministradas a las vacas consistían de 53% de concentrado y 47% de ensilaje de cebada pero con diferente contenido de peFDN, las dietas formuladas de 100% ensilaje de cebada larga de 9.5 mm (peFDN alto); 50% ensilaje de cebada larga y 50% de la corta de 4.8 mm (peFDN medio) y 100% ensilaje de cebada corta (bajo peFDN). Los resultados demostraron que la concentración total de AGV ruminales aumentaron con una reducción en el contenido de peFDN de las dietas, observando solo un aumentó en la proporción molar de butirato pero sin diferencias en las proporciones de acetato y propionato.

Tamaño de partícula y su efecto en producción de leche

Los forrajes proporcionan fibra y energía para mantener la función ruminal así como la concentración de grasa en leche. Para asegurar la adecuada fibra, el NRC recomienda un mínimo de 25 a 28% de FDN dietética, el 75% que puede ser aportado por forrajes. Esta recomendación no es de acuerdo al contenido de fibra de concentrados en la dieta o la influencia del tamaño de partícula en la efectividad de la fibra del forraje (Clark y Armentano, 1999).

Grant y Colenbrander (1990) tomando en cuenta las diferencias en tamaño de partícula del ensilaje de alfalfa nos puede cambiar la producción y

composición en leche en vacas que producen baja grasa en leche, se alimentaron con dietas de ensilaje de alfalfa de segundo corte: con un tamaño chico, mediano, y grueso, combinado con maíz alto en humedad y una relación forraje concentrado de 55:45. El porcentaje de grasa en leche disminuye con la ración fina, aun así la producción de leche no fue afectada porque el consumo de MS y fibra no fue diferente entre los tratamientos, además el nivel de FDN fue de 21.7% para todas las TMR.

Los estudios de Colenbrander et al. (1991) en la alimentación con ensilaje de alfalfa proporcionando un diferente contenido de FDN (baja y normal) y su efecto en el porcentaje de grasa en leche de 16 vacas lecheras, las dietas formuladas fueron: 1.- ensilaje de alfalfa con contenido normal de FDN (0.95%) y concentrado; 2.- ensilaje de alfalfa bajo en FDN y concentrado con la relación forraje:concentrado 1:1 llevado a cabo en 2 periodos. Como resultados durante el periodo 1 las dietas alimentadas con 21.5% de FDN no afectaron el porcentaje de grasa en leche. Durante el periodo 2 las raciones con baja FDN y las dietas con ensilaje recortado, no influenciaron el porcentaje de grasa en leche. La porción de ensilaje que no fue recortado proporciona bastante fibra larga o volumen para prevenir el síndrome de depresión de grasa en leche (MFD, en ingles). Con una pequeña cantidad de fibra no se alteró el contenido de glucosa en plasma que pudiera afectar la síntesis de grasa en leche. Llegando a la conclusión que por medio de una alimentación con ensilaje de alfalfa muy bajo en FDN (cerca del 21.5% menor a lo recomendado por el NRC para mantener un nivel de grasa normal en leche proporcionado para causar MFD, no ocurre la disminución de esta, porque la fibra física presente en la dieta previno estos eventos, entonces al aportar bastante fibra física previene la MFD en vacas alimentadas con dietas bajas en FDN y con ensilaje de alfalfa reducido en tamaño de partícula, no afecta en MFD.

Clark y Armentano (1999) en estudios del tamaño de partícula del ensilaje de maíz y su efecto en la producción y composición de la leche, utilizaron quince vacas Holstein multíparas de lactación media. Alimentadas con las siguientes dietas: 1.-dieta baja en forraje de alfalfa; 2.- dieta alta en forraje; 3.- dieta alta en forraje con ensilaje de maíz grueso; 4.- alta en forraje con ensilaje de maíz mediano; 5.- alta en forraje con ensilaje de maíz fino. Como resultado existió una alta producción de leche y proteína en la dieta baja

en forraje pudiendo atribuirse a una gran energía y concentración de almidón en rumen, con la reducción del tamaño de partícula del ensilaje de maíz existió un aumento de la producción de leche y proteína por una mayor disponibilidad de almidón, sin disminuir la concentración de grasa en leche, en cuanto a la dieta baja en forraje de alfalfa disminuyó la grasa en leche. Como conclusión el remplazar una porción de fibra de alfalfa con FDN de ensilaje de maíz resultó en producciones similares de los componentes de la leche, además la efectividad física del ensilaje de maíz no fue reducido por el picado dentro del rango de tamaño de partícula evaluado en este estudio.

Soita et al. (2000) realizaron investigaciones considerando las directrices de la ASAE (Sociedad Americana de Ingenieros en Agricultura) sobre el tamaño de partícula y la efectividad de la fibra del ensilaje para la producción de leche y su composición, utilizaron ocho vacas Holstein multíparas de lactación media, las dietas fueron las siguientes: ensilaje largo (18.75 mm) con bajo concentrado (45%); ensilaje largo, alto concentrado (55%); ensilaje corto (4.68 mm), bajo concentrado; ensilaje corto, alto concentrado. La producción de leche no fue afectada significativamente por la reducción del tamaño de partícula, en cuanto a la grasa, esta aumenta con la dieta con ensilaje largo y alto concentrado, la eficiencia en producción fue baja para dietas de ensilaje corto. Niveles altos de concentrado aumentan la producción de leche pero la grasa se reduce al disminuir el tamaño de partícula del ensilaje.

En las investigaciones realizadas por Krause et al. (2002a) evaluaron los efectos del nivel de carbohidratos fermentables ruminalmente de la dieta y el tamaño de partícula en la producción de leche, con niveles constantes de fibra detergente neutra dietética, para ello usaron ocho vacas Holstein multíparas con tratamientos de ensilaje de alfalfa grueso de 1.9 cm y maíz alto en humedad, ensilaje de alfalfa fino con maíz alto en humedad (74.2% de MS), ensilaje de alfalfa fino con maíz seco (89.9% de MS) y ensilaje de alfalfa grueso con maíz seco, la relación F:C de 61:39. Las vacas alimentadas con maíz alto en humedad y con un aumento del tamaño de partícula aumentan la producción de leche, esto debido a una baja fibra y una alta ingesta de almidón, el tamaño de partícula del forraje así como la disminución del tamaño, no afectó la producción de leche ni su composición. Entonces según estos investigadores, dietas bajas en fibra efectiva y altas en carbohidratos

fermentables ruminalmente pueden ser usadas en la alimentación de las vacas de lactación media, sin causar efectos negativos en productividad.

En mas experimentos sobre el tamaño de partícula del ensilaje de alfalfa Clark y Armentano (2002) estudiaron efecto en la producción y composición de la leche en 16 vacas Holstein múltiparas de lactación media alimentadas con una TMR, preparado el ensilaje de alfalfa con un corte largo de 9.4 mm y la alfalfa cortada fina en la criba de 3.3 mm. Las dietas que se proporcionaron a las vacas lecheras fueron: 1.- dieta control baja en forraje; 2.-dieta alta en forraje con ensilaje de alfalfa grueso; 3.- alta en forraje y ensilaje de alfalfa mediano; 4.-alta en forraje y ensilaje de alfalfa fino. Los resultados demostraron que la producción de leche fue baja en las vacas alimentadas con ensilaje de alfalfa, aumentándose los niveles de grasa probablemente por altos niveles de FDN en esta dieta, la proteína en leche fue alta en vacas alimentadas con la dieta baja en forraje. Como conclusión la partícula larga del ensilaje de alfalfa tuvo poco efecto en la producción de leche y en su composición.

En otra investigación Calberry et al. (2003) determinaron los efectos de la peFDN aumentada, en la producción de leche de vacas lecheras, al remplazar el heno de alfalfa cortado con ensilaje de alfalfa, las raciones que recibieron conformadas por una TMR de grano de cebada y ensilaje de maíz. Se observaron buenos resultados al remplazar el heno de alfalfa cortado con ensilaje de alfalfa, determinando que no se afecta la producción de leche, como también el porcentaje de proteína, pero tiende a elevar el porcentaje de grasa en leche.

Se determinó el efecto del heno de alfalfa con diferente contenido de FAD, en el metabolismo de vacas lecheras. Los tratamientos a base de heno de alfalfa (tamaño de 3 cm), la primera dieta a base de heno California con 26% de FAD, las dietas restantes con heno de alfalfa Arizona con 26, 28, 32, 38% de FAD, cada uno de los tratamientos combinados con el 50% de concentrado y las otras dietas con un 65% de concentrado. La ingesta de MS, producción de leche y digestibilidad no fueron afectados por la FAD del heno de alfalfa o por la relación del concentrado, las vacas que se alimentaron con el 32 y 38% de FAD produjeron en promedio 3 kg por día menos que las alimentadas con el 26 a 28% de FAD, la grasa en leche disminuyó cuando se aumentó la FAD y el concentrado, pero no fueron diferencias significantes, una

razón por la baja grasa puede ser por el tamaño chico de la partícula del forraje en la TMR y por las altas proporciones de concentrado (Alhadhramiz y Huber, 1992).

Lo importante de proporcionar la suficiente fibra físicamente efectiva (peFDN) en dietas de vacas lecheras para una alta producción de leche, es necesaria para prevenir la acidosis ruminal subclínica, y de esta manera evitar la disminución de la grasa en leche, la baja ingesta de MS y digestión de fibra y reducir los casos de cojeras de las vacas lecheras (Yang y Beauchemin, 2006c).

Los forrajes tienen un tamaño de partícula que debe ser analizado para así ser considerado en la alimentación, por tal motivo Bal et al. (2000) determinaron los efectos del procesamiento de la planta entera del ensilaje de maíz y su corte largo en la producción de leche de vacas lecheras. Con los siguientes tratamientos: una dieta control compuesta de ensilaje de maíz cosechado con una longitud de 0.95 cm sin procesamiento, la siguiente dieta formulada con ensilaje de maíz procesado fino a un tamaño de 0.95 cm, la tercera ración conformada de ensilaje procesado mediano con un tamaño de 1.45 cm y una última de ensilaje procesado grueso a 1.90 cm. Este experimento demostró que el ensilaje de maíz procesado aumentó la producción de leche 1.2 kg/día, al igual que se observaron aumentos en los niveles de grasa en leche, siendo esto una respuesta muy favorable.

Beauchemin et al. (2003) estudiaron el contenido de peFDN en dietas basadas en alfalfa y su efecto en la producción y composición de la leche. Para ello utilizaron cuatro vacas Holstein lactantes a las que se les administró dietas compuestas de ensilaje de alfalfa- heno de alfalfa (AS:AH, por sus siglas en inglés) 50:50 el heno cortado chico a 4 mm y el heno grande a 10 mm, el concentrado con 60% de cebada y 40% de forraje, la otra relación AS:AH fue de 25:75. Como resultado la producción de leche se aumenta elevando la relación AS:AH, la composición de ésta no es afectada por esta relación y por el tamaño de partícula del forraje, no hubo diferencias en producción con la alimentación de heno corto o grande.

Kononoff y Heinrichs (2003a) estudiaron el efecto de diferentes tamaños de partícula del ensilaje de (22.3 mm y 4.8 mm) con la inclusión de la cáscara de algodón sobre la producción de leche de vacas lecheras alimentadas con

raciones totalmente mezcladas. Los resultados indicaron que la producción de leche fue similar entre las dietas, pero además se observó que producción de leche fue mas alta en vacas que consumieron el tamaño de partícula corto resultado de un aumento de la digestibilidad de almidón, la disminución de la grasa en leche fue debida al pH ruminal bajo en vacas que consumieron forraje corto pero el efecto en pH del rumen fue mínimo indicando que las dietas tenían la adecuada fibra efectiva.

Yang y Beauchemin (2005) determinaron el efecto que tiene el aumento de la concentración de peFDN de una dieta conteniendo ensilaje de maíz en la producción de leche de seis vacas lecheras, con las siguientes dietas: una compuesta de 58% de concentrado y 42% de ensilaje de maíz, las dietas constituidas de ensilaje largo de 19.1 mm 100% (peFDN alto); ensilaje largo 25% mas ensilaje mediano de 11 mm 75% (peFDN medio); ensilaje fino 100% (peFDN bajo). La producción de leche fue similar entre los tratamientos sin ser afectada por el contenido de peFDN. Las diferencias en producción de leche pueden ser atribuidas a la diferencia fisiológica entre vacas primíparas y multíparas o por los efectos de la canulación ruminal.

Estos autores Soita et al. (2005) evaluaron los efectos de la partícula larga de 19.05 mm y corta de 9.52 mm, del ensilaje de maíz y la relación forraje concentrado (55:45,45:55) en la producción de leche de vacas lecheras suplementadas con linaza. Al término de sus investigaciones la producción de leche y composición no fue afectada por la partícula larga del ensilaje de maíz y por los niveles de concentrado. Sin embargo las vacas que recibieron la dieta de ensilaje corto tienen alta producción de proteína en leche. Así que alimentado con ensilaje corto y una relación alta de F:C aumenta las proporciones de ácidos grasos en leche. En conclusión demostraron que la partícula larga del ensilaje de maíz y la relación F:C Influencian en los perfiles de ácidos grasos en leche de vacas lecheras suplementadas con linaza como fuente de ácidos grasos poliinsaturados.

En esta investigación Yang y Beauchemin (2006b) evaluaron si la concentración de peFDN de una dieta conteniendo ensilaje de cebada (BS en el ingles) y concentrado rápidamente fermentable, afecta la producción y composición de leche, por lo tanto se emplearon seis vacas Holstein lactantes, con una dieta ensilaje de cebada corto 100% (4.8 mm.) (peFDN bajo), 50% de

ensilaje corto + 50% de ensilaje largo (9.5 mm.) (peFDN medio), 100% ensilaje largo, 53% concentrado y 47% BS (peFDN alto). La producción de leche es similar entre los tratamientos, solamente que con un peFDN alto, la proteína en leche tiende a disminuirse, en cuanto a los niveles de grasa en leche un peFDN de 13.7% es el indicado para mantener el porcentaje de grasa en leche en 3.5%, en vacas de lactación temprana y media. Se puede observar una baja eficiencia en leche porque las vacas son de lactación tardía y con esta condición desvían más ingesta de MS a ganancia de peso, crecimiento fetal.

Yang y Beauchemin (2006c) en mas estudios realizados al aumentar el contenido de peFDN en la dieta conteniendo ensilaje de maíz puede afectar la producción de leche en vacas lecheras lactantes, utilizaron seis vacas Holstein multíparas en lactación, las dietas que se proporcionaron fueron compuestas de ensilaje largo de 28.6 mm (peFDN alto); ensilaje mediano de 15.9 mm (peFDN medio); ensilaje corto de 4.8 mm (peFDN bajo), con una relación en la TMR de 54% concentrado y 46% de ensilaje de maíz. Los resultados indicaron una producción de leche baja ($P < 0.08$) en la dieta baja en peFDN.

En los estudios de Rustomo et al. (2006) analizaron el efecto que tiene la concentración del valor acidogénico (VA) y el tamaño de partícula del forraje en la producción de leche de vacas lecheras. En los diferentes tratamientos se utilizó ensilaje de maíz y henilaje de alfalfa cosechado con 1.3 y 1.9 cm de corte teóricamente largo siendo esta la fracción gruesa de la dieta (CS). El ensilaje y ensilaje cortado fino fue obtenido por recortar CS. Los 2 niveles de tamaño de partícula fueron combinados con 2 niveles de concentrado de valor acidogénico (VA) para preparar cuatro TMR (50:50). Las dietas formuladas de la siguiente manera: concentrado con alto valor acidogénico (VA) y ensilaje grueso, concentrado con alto VA y ensilaje fino, concentrado con bajo VA y ensilaje grueso, concentrado con bajo VA y ensilaje fino. Finalmente concluyeron que la producción y composición de la leche no fue afectada por los tratamientos, todas las dietas fueron elaboradas por encima del valor crítico de peFDN de 20% de MS necesaria para mantener la grasa en leche en 3.4% y por lo tanto sostener su contenido de leche.

La evaluación del efecto de aumentar el contenido de peFDN para disminuir el riesgo de acidosis Yang y Beauchemin (2007) el experimento se llevó acabo en ocho vacas lactantes que recibieron una alimentación de

ensilaje de alfalfa corto de 7.9 mm y largo de 19.1 mm y una relación baja en F:C de 35:65, la otra dieta similar pero con una relación F:C de 60:40. Elevando la relación F:C provoca que el llenado del rumen sea mucho mayor, la producción de leche disminuye, por menos disponibilidad de almidón ruminal. Mientras que la producción de leche y composición no fue afectada por la partícula larga del forraje.

En otro experimento de Yang y Beauchemin (2007b) se evaluaron los efectos que existen entre el nivel de carbohidratos fermentables en el rumen y el contenido de peFDN en la producción y composición de leche de vacas lecheras. En el experimento los tratamientos proporcionados fueron: la primera ración elaborada a base de ensilaje de alfalfa (con un tamaño de partícula corto de 7.9 mm) con relación forraje concentrado de 35:65, la segunda ración a base de ensilaje de alfalfa largo de 19.1 mm con la relación F:C de 35:65, la tercera dieta con ensilaje de alfalfa corto pero con el F:C de 60:40 y la última dieta de ensilaje de alfalfa largo y la relación F:C de 60:40. La producción de leche bajó aumentando la relación F:C; pero al aumentarse la relación F:C se eleva el contenido de grasa en leche. Comprobaron que la producción de leche así como su composición no fue afectada por la partícula larga del forraje. La escasez de efectos en grasa por la partícula larga sugiere que las dietas contienen adecuada fibra para mantener el porcentaje de grasa en leche.

Soita et al. (2005) evaluaron los efectos de la partícula larga de 19.05 mm y corta de 9.52 mm, del ensilaje de maíz y la relación forraje concentrado (55:45,45:55) en la producción de leche de vacas lecheras suplementadas con linaza. La producción de leche y composición no fue afectada por la partícula larga del ensilaje de maíz y por los niveles de concentrado. Sin embargo las vacas que recibieron la dieta de ensilaje corto tuvieron producción de proteína en leche elevada, asumieron que probablemente fue porque la producción de leche fue numéricamente baja en vacas alimentadas con dieta de ensilaje corto y 45% de concentrado. Así que alimentado con ensilaje corto y una relación alta de F:C aumenta las proporciones de ácidos grasos en leche. En conclusión demostraron que la partícula larga del ensilaje de maíz y la relación F:C influyen en los perfiles de ácidos grasos en leche de vacas lecheras suplementadas con linaza como fuente de ácidos grasos poliinsaturados.

Fischer et al. (1994) investigaron los efectos del ensilaje de alfalfa en la producción de leche, proporcionándola en forma corta y larga con o sin heno suplementado. Alimentándolas con las raciones de ensilaje de alfalfa con el tamaño de partícula largo de 0.95 cm, mas heno de alfalfa de la misma medida, la otra dieta similar pero sin heno de alfalfa, la tercera dieta con ensilaje de alfalfa pero con un tamaño de partícula corto de 0.46 cm mas heno, la ultima dieta con ensilaje de alfalfa corto pero sin el heno, todas contenían ensilaje de maíz con un tamaño de 5.59 mm. La producción de leche no fue afectada por los tratamientos. En conclusión, la suplementación de una TMR basada en ensilaje de alfalfa y ensilaje de maíz como fuentes de forraje con heno largo mezclado no fue benéfico y no puede ser recomendado.

West et al. (1997) determinaron los efectos de la fuente de forraje y cantidades de forraje agregados en la ingesta de MS, producción de leche, digestibilidad de nutrientes y velocidad de paso de la digesta en vacas lecheras Holstein y Jersey, alimentándolas con las raciones tomando como base una dieta control sin heno pero con ensilaje de maíz, otra con bajo heno bermudagrass, una tercera ración con alto heno bermudagrass, una cuarta dieta baja en heno de alfalfa con el 15%, la siguiente compuesta de alto heno de alfalfa con el 30%, todas con una misma relación en forraje: concentrado y con ensilaje de maíz. Los resultados en la ingesta de MS fueron altos en las vacas alimentadas con la dieta de heno de alfalfa. Muchas de las diferencias en ingesta de MS puede ser atribuida a la respuesta de las vacas Jersey a los tratamientos, ya que estas consumieron menos y que puede estar también relacionada con el contenido de FDN y al alto contenido de FDN del heno bermudagrass. La producción de leche fue alta en las vacas alimentadas con la dieta de heno de alfalfa y en vacas alimentadas con bajo heno bermudagrass y alto heno de alfalfa. La producción de leche disminuye con el aumento de FDN. Los resultados indican que la alta calidad hibrida del heno bermudagrass es un forraje viable para vacas lecheras lactantes.

Materiales y métodos

Ubicación del experimento

El experimento se realizó en 10 establos lecheros de la Comarca Lagunera ubicada en la parte norte de México; se encuentra limitada por los meridianos 102° 00" y 104° 47" W, y por los paralelos 24° 22" y 26° 23" N, a una altura que va de 1129 a 1400 msnm.

Toma de muestras

La determinación del tamaño de partícula de la ración, se realizó mediante la toma de muestra según las indicaciones de Kononoff y Heinrichs, (2003), que consiste en seleccionar a lo largo del comedero 3 puntos de muestreo de alimento recién servido y que no haya sido probado por la vaca. En cada punto de muestreo se selecciona el alimento de un metro lineal del comedero, tomándose aproximadamente 1 kg de la ración, y posteriormente se realizó el cribado como se describe a continuación:

Determinación de la distribución del tamaño de partícula (DDTP) y del pef

Se utilizaron las cribas para separar el tamaño de partícula diseñadas por la Universidad de Pensilvania (PSPS), cuyas medidas de las aberturas esféricas son de: 19.0 mm (criba 1), 8.0 mm (criba 2), 1.18 mm (criba 3) y una charola de recolección (Kononoff y Heinrichs, 2003^a).

Para determinar las proporciones del tamaño de partícula de las cribas de la ración se determinó cribando la muestra del alimento.

El cribado se realizó con sacudidas horizontales de ocho movimientos en una misma dirección, este procedimiento se repitió para cada lado de la criba.

Una sacudida es considerada como un movimiento excesivo hacia delante y hacia atrás a una distancia de 50 cm (Kononoff y Heinrichs, 2003), con estos procedimientos se conoce la distribución del tamaño de las partículas. Posteriormente se tomaron 50 gramos de alimento para determinación de la MS.

Una vez terminado el cribado se colectó cada muestra retenida en cada criba para posteriormente realizar el pesado de cada una de estas y así obtener los porcentajes retenidos en cada criba.

Se utilizó una báscula marca Salter 500g para pesar las muestras obtenidas en cada criba durante los días de estudio.

Calculo del pef en base a materia seca

El factor físico efectivo (pef) se determinó como la proporción de partículas retenidas en las tres cribas (19.0 mm, 8.0 mm y 1.8 mm), usando el Separador de Partícula de la Universidad de Pensilvania (Yang y Beauchemin, 2006c).

Descripción del carro mezclador

A las vacas se les alimentó con carros mezcladores que a continuación se mencionan en el cuadro 1.

Cuadro 1.

ESTABLO	CARRO	DESCRIPCION	CAPACIDAD(Kg.)
La Paz	Tormex 1200	1 rotor, 4 gusanos	12,900
Los Tres Romero	Kirby	4 gusanos, sin brazos	12,900
Campo Sagrado	Triolet 5610	2 gusanos verticales	9,000
El Campanario	Tormex 1200	1 rotor, 4 gusanos	12,900
El Edén	Kirby	2 gusanos verticales	12,000
Mápulas	Kirby 800	2 gusanos verticales	12,727
Monegro	Tormex 3250	2 gusanos verticales	12,727
Fénix	Kirby 800	2 gusanos verticales	12,727
San Gabriel	Roto Mix BSG150	4 gusanos horizontales	12,000
La Victoria	Tormex 1200	1 rotor, 4 gusanos	12,900

Descripción del forraje utilizado

La descripción del forraje se realizó de acuerdo al tipo de alimento proporcionado en cada establo que a continuación se describe en cuadro 2.

Cuadro 2.- Forrajes suministrados en las diferentes dietas.

FORRAJES								
ESTABLO	Ensilaje de maíz	Ensilaje de sorgo	Heno de alfalfa	Alfalfa verde	Paca de sorgo soja	Ensilaje de avena	Ensilaje de alfalfa	Ensilaje de trigo
La Paz*		X	X					X
Tres Romero**	X		X					
Campo Sagrado*	X	X	X					
Campanario*		X	X	X				
El Edén*		X	X	X				
Mápuas*		X	X				X	
Monegro*		X	X		X			
Fénix**	X		X					
San Gabriel**	X		X					
La Victoria**	X		X			X	X	

*dietas con ensilaje de sorgo y alfalfa, **dietas con ensilaje de maíz y heno de alfalfa.

Relación forraje concentrado

En cada explotación donde se realizó el muestreo del alimento, las dietas contenían diferentes proporciones en la relación forraje concentrado. La relación forraje concentrado usado en cada establo se describe en el siguiente cuadro 3.

Cuadro 3.- Relación Forraje Concentrado para vacas lecheras altas productoras.

ESTABLO	RELACION F : C
La Paz	60 : 40
Los Tres Romero	50 : 50
Campo Sagrado	50 : 50
Campanario	33 : 67
El Edén	47 : 53
Mápuas	50 : 50
Monegro	59 : 41
Fénix	50 : 50
San Gabriel	60 : 40
La Victoria	60 : 40

Análisis estadístico

Los datos de la distribución del tamaño de partícula, fibra físicamente efectiva de las dietas fueron promediados por cada criba.

Resultados

Debido a que los forrajes tienen diferentes características como el tamaño de partícula al momento de cosecharlos, de ensilarlos o de prepararlos con la TMR en los carros revolvedores para ser proporcionados al ganado, y que cada establo maneja de diferente manera su programa de alimentación del ganado lechero. El presente trabajo se realizó para determinar el factor físico efectivo (pef) de la dieta de vacas lecheras altas productoras en diez establos. Los resultados se muestran en el cuadro 4. En el siguiente cuadro podemos apreciar que la DDTP mas alta en la criba 19.0 mm es de 7.01% y la mas baja en 0.44%, cabe señalar también que el porcentaje mas alto para la charola recolectora se encuentra en un 36.8%, y la mas baja la encontramos en 17.98%. Como otra observación tenemos el pef₂ mas bajo en 0.20, el pef₃ mas bajo se encontró en 0.63.

Cuadro 4.- Distribución del tamaño de partícula, factor físico efectivo (pef), de las diferentes unidades productivas.

VACAS ALTAS PRODUCTORAS						
	19.0 mm	8.0 mm	1.18 mm	<1.18 mm	pef 2	pef 3
La Paz	6.34	35.46	37.65	20.53	0.41	0.79
Los Tres Romero	7.01	31.34	43.64	17.98	0.38	0.82
Campo Sagrado	0.84	20.14	42.11	36.89	0.20	0.63
Campanario	2.48	29.26	49.61	18.63	0.31	0.81
El Edén	4.63	33.98	39.08	22.29	0.38	0.77
Mápulas	2.36	39.94	36.93	20.75	0.42	0.79
Monegro	0.44	27.53	52.18	19.83	0.27	0.80
Fénix	0.47	39.91	40.54	19.06	0.40	0.80
San Gabriel	4.34	37.61	38.40	19.62	0.41	0.80
La Victoria	4.38	38.71	37.20	19.69	0.43	0.80
Media	2.30	32.76	41.45	21.06	0.35	0.78
Desviación estándar	2.37	6.39	5.32	5.53	0.07	0.05

El pef₂ y el pef₃ = factor físico efectivo determinado como la proporción de partículas retenidas en 2 Cribas y en 3 cribas (Kononoff et al., 2003)

Discusión

La DDTP de la ración y el factor físico efectivo (pef) puede ser modificado por las diferentes características de los forrajes, de los carros revoladores y del tiempo de mezclado del alimento. Por los factores antes mencionados se encontró a la DDTP y al pef fuera del rango recomendado por el sistema de Separación de Partículas propuesto por la Universidad de Pensilvania como anteriormente lo habíamos planteado.

En los establos 2, 8, 9 y 10, usaron en su TMR como forraje principal al ensilaje de maíz, los resultados de la determinación de la distribución del tamaño de partícula (DDTP) usando la criba con la abertura de 19.0 mm la media fue de 2.30%; con la criba de 8.0 mm esta se encontró de 32.76%; con la abertura de la criba 1.8 mm fue de 41.45% y para la charola recolectora la media de las partículas retenidas fue de 21.06%. Los resultados de la DDTP para la criba de 19.0 mm se encontró por debajo del rango indicado por Kononoff et al. (2003); quienes en su experimento usando el ensilaje de maíz reportaron un rango de DDTP de 2.9 a 11.1%. Al igual que Soita et al. (2005) usando el ensilaje de maíz reportaron porcentajes en la DDTP de la criba 19.0 mm de 2.35 a 17.7%. La DDTP en la segunda criba (8.0 mm) reportada por Kononoff et al. (2003) y Soita et al. (2005) estuvo en un rango de 53.2-57.5% siendo estos mayores a los de nuestro experimento (32.76%), en la criba 1.18 encontraron la DDTP en 31.9-35.3%, en tanto que la media de nuestro trabajo fue de 41.45% esto muestra que se encuentra por encima de lo indicado por Kononoff et al. (2003), y en la charola recolectora las proporciones de partículas fueron de 3.9-4.2%, estas son proporciones bajas en comparación con la DDTP de nuestra evaluación (21.06%).

En el mismo año Kononoff et al. (2003) incluyeron en su experimento a la cascarilla de algodón argumentando de que la inclusión de ésta da como resultado menos material retenido en la criba de 19.0 mm del PSPS y manifestándose con una baja actividad de masticado, con una disminución en la ingesta de FDN. Ellos sugieren que aumentando la proporción de partículas en la criba de 19.0 mm es un factor primario que afecta la actividad de masticado. Estos resultados nos sugieren que en el caso de los establos 2, 8, 9 y 10 se puede afectar la masticación de las vacas lecheras porque algunos establos presentan rangos muy bajos de DDTP en la criba de 19 mm.

Los resultados de la dieta del establos (1, 3, 4, 5, 6 y 7) donde se utilizó en su ración como forraje principal al heno de alfalfa, tomando en cuenta la media general, en la DDTP de la criba de 19 mm fue de 2.30% y en la DDTP de la criba 8.0 mm el porcentaje fue de 32.76%, la proporción de partículas retenidas sobre la criba de 1.18 mm fue de 41.45% y en la charola recolectora fue de 21.06%. En los estudios realizados por Beauchemin et al. (2003) utilizando el PSPS con 2 cribas y una charola de colección (base), sus proporciones en la DDTP en la criba 19 mm fue de 9.4%; la retención de partículas en la criba de 8.0 mm fue de 32.1% y en la charola recolectora con 58.6%. Como se puede observar los porcentajes encontrados solo son similares con nuestra investigación en la DDTP de la criba de 8.0 mm, las demás proporciones están fuera del rango reportado por Beauchemin et al. (2003).

Los resultados del factor físico efectivo (pef_2 y pef_3) de los establos (2, 8, 9 y 10) que tenían como fuente principal de forraje el ensilaje de maíz, tomando en cuenta la media general, se encontraron en 0.35 y 0.78; respectivamente.

Yang y Beauchemin (2006) determinaron el factor físico efectivo (pef) del ensilaje de maíz con dos y tres cribas. El pef_2 es el factor físico efectivo determinado como la proporción de partículas retenidas sobre 2 cribas (19.0 y 8.0 mm) y/o sobre las 3 cribas (19.0, 8.0 y 1.18 mm). Los resultados del pef_2 y pef_3 determinados en su estudio fueron de 0.68 y 0.96 para la dieta mediana y de 0.41 y 0.93 para la dieta con el tamaño de partícula corto. Al realizar la comparación de los dos pef encontrados por Yang y Beauchemin (2006) se puede decir que se encuentran por arriba de nuestros resultados.

En los establos (1, 3, 4, 5, 6 y 7) donde se proporcionó una dieta teniendo como forraje principalmente el heno de alfalfa, la media del pef_2 se encontró en 0.35, el pef_3 en 0.78, estos son porcentajes bajos en comparación al 0.54 y 0.93 publicados por Yang y Beauchemin (2007b). Con estos resultados podemos decir que sus resultados son superiores a los obtenidos en este estudio. Las investigaciones de Yang y Beauchemin (2002) sobre el ensilaje de alfalfa con heno de alfalfa sus resultados usando solamente dos cribas (19 mm y 8 mm), el pef_2 para la ración con heno recortado fue de 0.41 y para la ración con heno largo fue de 0.30. Como se puede observar estos datos son elevados a los publicados por estos investigadores.

Kononoff et al. (2003) sugieren que aumentado la proporción de partículas >19.0 mm puede ser un factor primario en afectar la masticación del ganado lechero, observaron un alto rechazo de alimento en la TMR con el tamaño de partículas largo teniendo más consumo las partículas pequeñas de las cribas 8.0 mm, 1.18 mm y charola recolectora, reduciendo el tamaño de partícula del ensilaje de maíz aumenta la ingesta de alimento aumentándose la proporción de AGV ruminales, el ensilaje reduce su efectividad disminuyendo la actividad de masticado, pero este no es afectado si el animal ingiere la suficiente fibra en su dieta Kononoff et al. (2003). El forraje cortado fino del ensilaje de maíz aumenta la superficie disponible para el ataque microbiano a nivel ruminal de esta manera se acelera la digestión y con frecuencia tienen una velocidad de paso rápido en el rumen, de modo que la digestibilidad es reducida, Yang y Beauchemin (2007b), además indicaron que la digestión de fibra en el rumen fue perjudicada cuando se alimentó a vacas lecheras productoras altas con ensilaje fino. Como conclusión todos los establos pueden tener estos problemas por sus porcentajes bajos en la DDTP sobre la criba de 19.0 mm, indicando que su dieta contenía partículas muy pequeñas elevándose los porcentajes en la charola de recolección.

Independientemente del forraje utilizado, así como del tamaño de la partícula, también es importante la relación forraje concentrado. El mejoramiento de la digestión de fibra ruminal con un aumento de la partícula larga del forraje y/o aumento de la relación F:C resultado de un aumento del contenido de fibra físicamente efectiva de la dieta, mejoró la función ruminal de las vacas. Importante mencionar que dietas con partícula larga del forraje el pH ruminal fue de 6.36 y para la partícula de tamaño corto fue de 6.16, en el caso de la relación F:C alto el pH ruminal alcanzó el 6.51, en la relación con bajo F:C se encontró en 6.02. Según estos resultados es importante mencionar que en todos los establos en donde se realizaron las pruebas la fibra físicamente efectiva era muy baja por efecto podrían tener problemas en la función ruminal de sus vacas lecheras por menos disponibilidad de fibra efectiva Yang y Beauchemin (2007b).

Es importante mencionar que los diferentes tamaños de la partícula de forrajes nos modificarán la proporción de partículas retenidas en la criba, por este motivo es importante en la elaboración de raciones. Analizando las

revisiones de Grant y Colenbrander (1990) donde combinaron el ensilaje de alfalfa con maíz alto en humedad, observaron que el porcentaje de grasa en leche disminuye alimentando a las vacas con un tamaño de partícula chico, aun así la producción de leche no fue afectada porque el consumo de MS y fibra no fue diferente. Estudios similares de Krause et al. (2002a) demostraron resultados semejantes, de igual manera en los experimentos de Clark y Armentano (2002), Calberry et al. (2003) la partícula larga del ensilaje de alfalfa tuvo poco efecto en la producción de leche y en su composición. En nuestro caso la producción se puede ver afectada porque los datos de pef₂, pef₃, se encuentran bajos como anteriormente ya fue mencionado.

Yang y Beauchemin (2002) realizando la combinación de ensilaje de alfalfa con heno de alfalfa (con un tamaño de 4 mm.) se observó que con un aumento en la proporción de peFDN se mejoró la síntesis de proteína microbial, y que el aumento en el tamaño de partícula del forraje de las dietas no afectan la ingesta del alimento. Estos resultados nos demuestran los efectos en las vacas lecheras productoras altas al combinar estos forrajes pero si nuestra ración no cumple con estos parámetros existirán muchos desordenes afectando la productividad de la vaca lechera.

El presente trabajo puede tener diferentes limitaciones por las diferentes dietas proporcionadas en cada establo, por las características de los carros revolvedores del alimento, incluyendo además la diferente relación forraje concentrado y por el número de establos donde se colectó la muestra.

Conclusiones

La proporción de partículas retenidas en la DDTP de las cribas y el pef determinado en cada establo de la comarca lagunera y los resultados encontrados nos indican que las raciones proporcionadas a las vacas lecheras se encuentran fuera del rango recomendado por el Separador de Partícula de la Universidad de Pensilvania.

Literatura citada

- Alhadhramiz, y J. T. Huber. 1992. Effects of alfalfa hay of varying fiber fed at 35 or 50% of diet on lactation and nutrient utilization by dairy cows¹. *J Dairy Sci.* 75: 3091-3099.
- Allen, D. M., y R. J. Grant. 2000. Interactions between forage and wet corn gluten feed as sources of fiber in diets for lactating dairy cows. *J Dairy Sci.* 83: 322-331.
- Bal, M. A., R. D. Shaver, A. G. S. Jirovec, K.J., y J. G. Coors. 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.
- Beauchemin, K. A., W. Z. Yang, y L. M. Rode. 2003. Effects of particle size of alfalfa-based dairy cows diets on chewing activity, ruminal fermentation, and milk production¹. *J Dairy Sci.* 86: 630-643.
- 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 Dairy Sci.* 86: 3611-3619.
- Clark, P. W., y L. E. Armentano. 1999. Influence of particle size on the effectiveness of the fiber in corn silage. *J Dairy Sci.* 82: 581-588.
- 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.
- Colenbrander, V. F., C. H. Noller, y R. J. Grant. 1991. Effect of fiber content and particle size of alfalfa silage on performance and chewing behavior'. *J Dairy Sci.* 74: 2681-2690.
- Fischer, J. M., J. G. Buchanan-Smith, C. G. Campbell, D.O. , y B. Allen. 1994. Effects of forage particle size and long hay for cows fed total mixed rations based on alfalfa and corn. *J Dairy Sci.* 77: 217-229.
- Grant, R. J., y V. F. Colenbrander. 1990. Milk fat depression in dairy cows: Role of silage particle size. *J Dairy Sci.* 73: 1834-1842.
- Grant, R. J., y S. J. Weidner. 1992. Effect of fat from whole soybeans on performance of dairy cows fed rations differing in fiber level and particle size. *J Dairy Sci.* 75: 2742-2751.
- Kononoff, P. J., y A. J. Heinrichs. 2003. The effect of reducing alfalfa haylage particle size on cows in early lactation. *J Dairy Sci.* 86: 1445-1457.

- Kononoff, P. J., y A. J. Heinrichs. 2003a. The effect of corn silage particle size and cottonseed hulls on cows in early lactation. *J Dairy Sci.* 86: 2438-2451.
- Kononoff, P. J., A. J. Heinrichs, y H. A. Lehman. 2003. The effect of corn silage particle size on eating behavior, chewing activities, and rumen fermentation in lactating dairy cows. *J Dairy Sci.* 86: 3343-3353.
- 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.
- Krause, K. M., D. K. Combs, y K. A. Beauchemin. 2002a. Effects of forage particle size and grain fermentability in midlactation cows. I. Milk production and diet digestibility. *J Dairy Sci.* 85: 1936-1946.
- Krause, K. M., D. K. Combs, y K. A. Beauchemin. 2002b. Effects of forage particle size and grain fermentability in midlactation cows. II. Ruminal pH and chewing activity. *J Dairy Sci.* 85: 1947-1957.
- 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.
- 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.
- Triola, F. Mario. Estadística. 9ª Edición 2006. Editorial Pearson educación, México. D.F. Pág. 872
- West, J. W., G. M. Hill, R. N. Gates, y B. G. Mullinix. 1997. Effects of dietary forage source and amount of forage addition on intake, milk yield, and digestion for lactating dairy cows. *J Dairy Sci.* 80: 1656-1665.
- 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. 2006a. Effects of physically effective fiber on chewing activity and ruminal ph of dairy cows fed diets based on barley silage¹. *J Dairy Sci.* 89: 217-228.
- Yang, W. Z., y K. A. Beauchemin. 2006b. Increasing the physically effective fiber content of dairy cow diets may lower efficiency of feed use¹. *J Dairy Sci.* 89: 2694-2704.
- Yang, W. Z., y K. A. Beauchemin. 2006c. Physically effective fiber: Method of determination and effects on chewing, ruminal acidosis, and digestion by dairy cows. *J Dairy Sci.* 89: 2618-2633.
- Yang, W. Z., y K. A. Beauchemin. 2007. Altering physically effective fiber intake through forage proportion and particle length: Chewing and ruminal ph¹. *J Dairy Sci* 90: 2826-2838.
- Yang, W. Z., y K. A. Beauchemin. 2007b. Altering physically effective fiber intake through forage proportion and particle length: Digestion and milk production¹. *J Dairy Sci.* 90: 3410–3421
- 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 digestion¹. *J Dairy Sci.* 85: 1958-1968.
- 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 cows¹. *J Dairy Sci.* 90: 1929-1942.