

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

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



**DETERMINACIÓN DEL FACTOR FÍSICO EFECTIVO (pef) DE LA
DIETA DE VACAS RECIÉN PARIDAS.**

POR:

JORGE ORTIZ ORTIZ

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 RECIÉN PARIDAS.**

POR:

JORGE ORTIZ ORTIZ

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 RECIÉN PARIDAS.**

POR:

JORGE ORTIZ ORTIZ

APROBADA POR:

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

**DR. RAFAEL RODRÍGUEZ MARTÍNEZ
COASESOR**
**M.V.Z. JOSÉ FRANCISCO SANDOVAL ELÍAS
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**

Torreón, Coahuila, México.

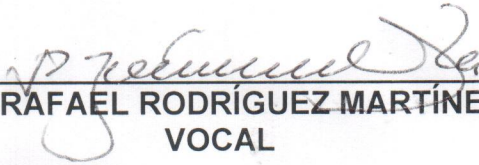
TESIS QUE SE SOMETERÁ A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO
EXAMINADOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

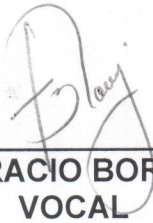
APROBADA POR:



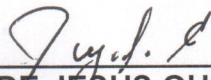
DR. PEDRO ANTONIO ROBLES TRILLO
PRESIDENTE



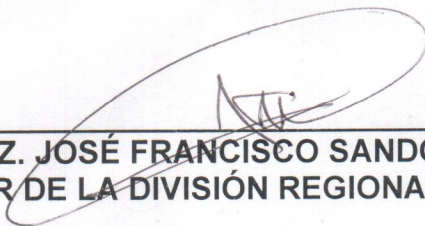
DR. RAFAEL RODRÍGUEZ MARTÍNEZ
VOCAL



IZ. JORGE HORACIO BORUNDA RAMOS
VOCAL



MC. JOSÉ DE JESÚS QUEZADA AGUIRRE
VOCAL SUPLENTE



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

Torreón, Coahuila, México.

Índice

Índice	v
Agradecimientos	vi
Dedicatorias	vii
Resumen	viii
Introducción.....	1
Revisión de literatura.....	4
Concepto de carbohidratos	4
Concepto de eficacia físicamente efectiva de la Fibra Detergente	7
Métodos de determinación de la eficacia físicamente efectiva de la Fibra Detergente	7
Efectos de la Eficacia física de la FDN sobre digestibilidad y la producción de leche	8
Efectos de la Eficacia física de la FDN sobre masticación y fermentación ruminal	11
peFDN y fermentabilidad de carbohidratos.....	12
Materiales y métodos.....	15
Ubicación del experimento.....	15
Toma de muestras.....	15
Método de determinación de la DTPR y del pef	15
Cálculo de la DTPR y del pef en base a materia seca	16
Descripción de los carros mezcladores.....	16
Descripción del forraje utilizado	16
Relación forraje concentrado.....	17
Análisis estadístico	17
Resultados.....	18
Discusión	19
Determinación de la distribución del tamaño de partícula con ensilaje de maíz.....	19
Factor físico efectivo (pef) de la dieta	20
Conclusión.....	24
Literatura citada.....	25

Agradecimientos

A mi “ALMA TERRA MATER” por cobijarme en su seno y darme la oportunidad de culminar una de las metas trazadas en mi vida, convirtiéndome en un profesional, un Médico Veterinario. A la cual le guardaré un profundo amor, respeto y agradecimiento por siempre.

Dr. Pedro Antonio Robles Trillo por brindarme sus conocimientos, experiencias y confianza para el logro de éste trabajo y durante mi estancia en ésta Universidad. Considerándolo más que un profesor, un amigo.

A mis Profesores por compartir sus conocimientos para mi formación profesional.

A Juan Emilio y Mario por caminar junto conmigo a lo largo de la elaboración de ésta tesis, a pesar de todas las dificultades y tropiezos. Al final culminamos exitosamente y orgullosos de ello.

A mis Compañeros de la sección “A” por compartir estos cinco maravillosos años, y en especial a mis amigos Juan Emilio, Bernardo, Daniel, Fco. Javier, Eric, Karla, Leo, Alex, Toño, Mariana, por todo éste tiempo juntos y por compartir sus vivencias. Los llevaré siempre en mi corazón.

A la familia Tovar Alva por permitirme formar parte de su bonita familia, siempre les estaré agradecido.

Y a todos aquellos que incondicionalmente me brindaron su cariño y apoyo. “MUCHAS GRACIAS”.

Dedicatorias

A DIOS:

Quien es dador de vida y salud, por haberme dado la oportunidad de vivir en este mundo y por la maravillosa familia en la que me permitió nacer. Por todas las oportunidades que me ha brindado y por su compañía en todos los momentos de mi vida... "GRACIAS, SEÑOR"

A MIS PADRES:

Sra. Rufina Paula Ortiz López y Sr. Inocente Pedro Ortiz Chávez a quienes les dedico éste trabajo con todo mi corazón, agradeciendo toda su confianza, apoyo y el amor incondicional que me han brindado a lo largo de mi vida y desde el inicio de ésta carrera, que culmino hoy con ésta tesis. No tengo con que agradecerles. Gracias por sus consejos los cuales me han hecho un mejor hijo y una mejor persona. "DIOS LOS BENDIGA SIEMPRE", los amo.

A MIS HERMANOS:

Claudia, Héctor, Eduardo y Norberto por sus consejos y apoyo a lo largo de mi vida y de mi carrera profesional, ya que ustedes fueron mi inspiración para seguir éste sueño que hoy veo realizado, porque a pesar de la distancia y el tiempo, la sangre de hermanos siempre nos mantendrá unidos "POR TODO ESTO, MIL GRACIAS", los quiero.

A mis Sobrinos y Cuñadas con mucho amor y cariño también les dedico éste trabajo, en especial a mi cuñada Alma por todos los consejos y el cariño que me ha brindado. A todos ustedes gracias por hacer más bonita y feliz nuestra familia.

A mi novia Zaira Stephany Santana Martínez por todo el amor y cariño que me brindas y por darme fuerzas en aquellos momentos difíciles y no dejarme caer, por eso y por muchas cosas más "GRACIAS".

Resumen

La alimentación del ganado lechero con una dieta que contenga un factor físico efectivo (pef) bajo o elevado provoca cambios en la ingesta de alimento, digestión y producción de leche. No se han realizado pruebas suficientes en los establos lecheros de la Comarca Lagunera para medir el pef de sus raciones. El presente estudio se realizó para determinar la distribución del tamaño de partícula retenida (DTPR) y el pef de la dieta de vacas recién paridas en diez establos. Se utilizaron las dietas de la ración totalmente mezclada de vacas recién paridas. La determinación del tamaño de partícula de la ración, consistió en seleccionar a lo largo del comedero tres 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 para determinar la distribución del tamaño de partícula (DTPR). 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 (base). En ésta investigación se observó que la DTPR más alta de la criba 19.0 mm es de 8.58% y la más baja de 0.86%, cabe señalar también que el porcentaje más alto para la charola recolectora se encuentra en un 30.16%, y el más bajo lo encontramos en 15.92%. La proporción de partículas retenidas durante el cribado realizado en cada establo de la Comarca Lagunera y los resultados encontrados nos indican que en las raciones proporcionadas a las vacas lecheras recién paridas el pef de los establos 7, 8 y 9 se encontró dentro de las recomendaciones, pero en el rango bajo, mientras que en los restantes se encontró fuera del rango recomendado por el Separador de Partículas de la Universidad de Pensilvania.

Palabras clave: pef, tamaño de partícula, eficacia física de la fibra, peFDN, ganado lechero.

Introducción

Es bien reconocido que las vacas lecheras requieren fibra suficiente, de adecuado largo de partícula, para mantener una apropiada función del rumen. Alimentar con forrajes finamente procesados disminuye el tiempo que pasan masticando, disminuye la relación ruminal acetato:propionato (ácido acético:ácido propiónico), baja el pH ruminal y reduce el contenido de grasa en leche (2001).

Los rumiantes requieren fibra en cantidades y en forma física adecuada, ya que muy pequeña ocasiona disminución de la masticación y cantidades excesivas de fibra larga limitan el consumo y digestibilidad que afectan el balance energético de la vaca.

El tamaño de partícula tiene efectos sobre el consumo de materia seca (MS), tasa de pasaje, digestibilidad y producción láctea, aunque los resultados obtenidos en algunas investigaciones son variables.

Con el objetivo de cumplir con los requerimientos de fibra de vacas lecheras se han desarrollado conceptos como factor físico efectivo (pef) y fibra físicamente efectiva (peFDN). El concepto de fibra efectiva fue creado para amalgamar la naturaleza química y física de los forrajes y para cuantificar su valor para el funcionamiento ruminal (Kononoff y Heinrichs, 2003a). El concepto de fibra físicamente efectiva (peFDN) se introdujo en relación a las características físicas de la fibra detergente neutro (FDN) que afectan la actividad de masticación.

El Consejo de Investigación de Estados Unidos (2001) no establece los requerimientos para la peFDN debido a la falta de estandarización de un método válido para la medición de fibra efectiva en los alimentos y para establecer los requerimientos para fibra efectiva (Zebeli et al., 2007).

Basado en las propiedades de la Asociación Americana de Ingenieros en Agricultura (ASAE, por sus siglas en inglés) de la determinación del tamaño de partícula del forraje, el Separador de Partículas de la Universidad de Pensilvania (PSPS, por sus siglas en inglés) es un método rápido y costeable de análisis del tamaño de partícula de la ración totalmente mezclada (RTM). El PSPS operable manualmente tiene tres cribas y una bandeja debajo. Los espacios de las dos cribas tienen diámetros de 19.0 y 8.0 mm y tienen un

espesor de 12.2 y 6.4 mm, respectivamente. Recientemente ha sido agregada una tercera criba metálica de malla cuadrada con un tamaño de apertura nominal de 1.18 mm. La criba adicional separa mucho mejor la fracción de partículas mas pequeñas, las cuales son menores de 8.0 mm. La adición de la criba que mide 1.18 mm ahora permite al usuario del PSPS estimar la porción de la dieta, la cual ha sido descrita a pasar rápidamente por el rumen y se cree ser útil en la estimación del peFDN (Kononoff y Heinrichs, 2003a).

Durante la etapa postparto, el consumo excesivo de fibra larga resulta en un llenado ruminal extraordinario que limita el consumo de materia seca (CMS) por la distensión ruminal, por eso la reducción del tamaño de partícula (TdP) en este período aumenta el CMS ya que se reduce el tiempo de rumia. Tampoco existe mucha información sobre vacas en lactancia temprana.

Parte de la dificultad en asignar los requerimientos de fibra para vacas lecheras altas productoras esta relacionada a la interpretación de las respuestas variables. A pesar del hecho de que el porcentaje de grasa de la leche es un parámetro fácilmente medible, baja fibra en la dieta puede afectar perjudicialmente la salud del animal sin disminuir de manera significativa la grasa de la leche. El pH ruminal puede ser un mejor indicio de la salud ruminal y una función óptima, y es una mejor base para determinar los requerimientos de fibra de las vacas lecheras en lactancia temprana que la manutención de la producción de leche (Zebeli et al., 2007).

La digestibilidad de los nutrientes es un parámetro importante de la calidad del alimento. Los cambios físicos de los alimentos tales como su TdP podría afectar la digestión del rumen, tasa de pasaje, y la síntesis de proteína microbiana, y por consiguiente la digestión postruminal o total. El tamaño de partícula de la dieta, expresada como peFDN, fue un predictor confiable de síntesis de proteína microbiana y digestión de la fibra (Yang et al., 2002).

La reducción en la acidosis del rumen con la ingesta de peFDN aumentada no fue directamente relacionada a un incremento de la actividad de masticado. Aumentar la proporción de forraje incrementó la actividad de masticado y redujo el tamaño del alimento, pero aumentar el largo de partícula del forraje (LPF) solo incrementó la actividad de masticado cuando se ofrecieron dietas altas en forraje. Así, la mejora del estatus del pH del rumen

con una ingesta de peFDN aumentada refleja una mejora en general en el ambiente del rumen (Yang y Beauchemin, 2007c).

El objetivo del presente estudio fue determinar la distribución de tamaño de partícula (DTPR) y el factor físico efectivo (pef) de la ración de vacas recién paridas en diez establos de la Comarca Lagunera. Ya que la industria lechera es muy importante en esta región y que no hay estudios que evalúen el tamaño de partícula en vacas lecheras de lactancia temprana.

Revisión de literatura

Concepto de carbohidratos

Los carbohidratos son un grupo químico muy extenso y difundido en la naturaleza. Pero a continuación se describe su clasificación desde el punto de vista de su fermentación por los microorganismos ruminales y su localización en la naturaleza.

Los azúcares tienden a fermentar muy rápidamente y por lo tanto proveen energía para el crecimiento microbiano poco después de su suministro y complementan la fracción del nitrógeno no proteico (NPN) rápidamente degradado de la dieta. Se han reportado las tasas de hidrólisis de ~1400%/hr y 540%/hr para la conversión de sacarosa a fructosa y glucosa, y de lactosa a glucosa y galactosa por los microbios del rumen; respectivamente (Weisberjerg et al., 1998). Los ácidos orgánicos productos de las fermentaciones de sacarosa y lactosa pueden incluir ácido láctico (Thivend y Ehousinou, 1977; Strobel y Russell, 1986; DeFrain et al., 2006). Se ha reportado que esos azúcares rinden más butirato que otros carbohidratos no fibrosos y cantidades similares o más pequeñas de propionato (Strobel y Russell, 1986; DeFrain et al., 2006). La investigación ha indicado que la producción de proteína microbiana es mayor cuando se suministra almidón que cuando la sacarosa es administrada (Hall y Herejk, 2001; Saanes et al., 2002) y ésta alimentación de lactosa resulta en producciones mayores de proteína microbiana que en la alimentación con sacarosa (Hussain y Miller, 1999). Los suplementos de azúcares pueden deprimir la digestión de la fibra pero no siempre (Hall, 2005). Las fuentes de azúcares comunes incluyen melaza, pulpa de cítricos, pulpa de remolacha azucarera, cáscara de almendra, desperdicio de panadería, harina de soya y forrajes frescos o henos (Hall, 2002). La sustitución de almidón con azúcares ha llevado a resultados mixtos. Sustituyendo algo de maíz con sacarosa ha incrementado el rendimiento de grasa en la leche y disminuido el porcentaje de proteína en la leche (Nombekela y Murphy, 1995), incrementando el contenido de grasa en leche y disminuyendo linealmente la eficiencia del alimento (leche/ingesta de MS y N de leche/ingesta de N) (Broderick et al., 2002), el aumento de la lactosa y las concentraciones de urea N de la leche (MUN por sus siglas en Ingles) (Cherney et al., 2003), y la

disminución de leche con ninguna disminución en los porcentajes de los componentes (Saanes et al., 2002). Otros no han encontrado ningún cambio en la composición de la leche o su producción con administración con sacarosa (McCormick et al., 2001).

El almidón está compuesto de cadenas de glucosa ligadas por enlaces alfa y es almacenada en gránulos cristalinos en las plantas. El almidón puede ser digerido tanto por los microbios y las vacas. Los almidones típicamente contienen tasas bajas de digestión ruminal y son menos digeribles que los azúcares. La fermentación del almidón puede también producir ácido láctico; sin embargo, no como en los azúcares, hay una gran variación en la tasa de fermentación (de 4 a 40%/hr.) (Hall, 2002). Los factores que afectan las tasas de digestión del almidón incluyen el tipo de grano (avena > trigo > cebada > maíz > sorgo; (Herrera-Saldana et al., 1990), el procesamiento del grano (hojuelas cocidas y con humedad alta > grano seco y molido fino > grano seco y molido grueso), y el método de almacenaje. Otras fuentes de la variación en la digestibilidad del maíz del almidón son el tipo de endosperma del maíz seco; madurez, contenido de humedad, largo de almacenaje, tamaño de la partícula del grano, y tipo de endosperma para el ensilaje de maíz. Las fuentes comunes de almidón incluyen granos, ensilajes y subproductos, desperdicios de panadería y papas. Alimentando con varias fuentes de este almidón permite una fermentación rápida y continua después de que el azúcar es digerido. Incrementando la disponibilidad de almidón de las plantas en el rumen o el procesamiento de los granos, tratamiento de calor, o contenido de humedad pueden todos aumentar la fermentación ruminal, la síntesis de proteína microbiana, y la eficiencia del uso del almidón. Muchos estudios han reportado esos beneficios (Hutjens y Dann, 2000; Hutjens, 2007).

La fibra soluble de los carbohidratos (fructanas, sustancias pépticas, β -glucanos y galactános) parece ser fermentada al menos tan rápido como el almidón (del 20 al 40%/hr, excepto cáscara de soya al 4%/hr). Esos carbohidratos no son parte de la FDN ya que son solubles en solución detergente neutro. Distintos a los almidones y azúcares, esos carbohidratos no pueden ser digeridos por enzimas de mamíferos. Con excepción de las fructanas, la fermentación de la fibra soluble rinde poco o casi nada de ácido láctico, y esa fermentación se reduce con un pH bajo. La fibra soluble de los

carbohidratos ha recibido considerable atención porque parecen tener una tasa de degradación rápida, pero los productos finales de la fermentación son similares a los de la FDN. Ya que ellos no producen la acidez del rumen como la fermentación de azúcares y almidones, la fibra soluble parece ser benéfica en el control de la acidosis cuando se administran forrajes de alta calidad. Las fuentes comunes de fibra soluble incluyen forrajes de leguminosas (15 al 20%), pulpa de cítricos (25 a 45%), pulpa de remolacha (15 al 30%), cáscaras de soya (15 a 20%) y harina de soya (15 al 20%).

La fibra detergente neutro, proporcionada por los subproductos de alimentos, generalmente tiene una tasa más baja de digestión que los almidones o la fibra soluble de los carbohidratos y usualmente no es tan digestible. Por ejemplo, se reportan los valores de digestibilidad de FDN de 69, 52, 52, 45, 42, 14, y 9% para la pulpa de remolacha, avena ordinaria, cáscaras de soya, maíz molido, alimento de gluten de maíz, cáscaras de cacahuete y cáscaras de semillas de algodón. El rango en las tasas de digestión de la FDN en algunos subproductos de alimentos coincide con las tasas de digestión en algunos alimentos y de la FDN de algunos forrajes. Esto es porque los subproductos seleccionados cuidadosamente pueden ser usados como sustitutos parciales para ambos granos y forrajes.

La fibra detergente neutro como la provista por forrajes generalmente tiene la tasa de digestión más baja y es generalmente la menos digerible. Aunque la digestibilidad baja (usualmente el 30 al 50%), la FDN del forraje es importante como una fuente de fibra efectiva. Una cantidad mínima de FDN del forraje se necesita en la dieta para mantener una buena función del rumen. Los requerimientos de ganado bovino productor de leche recomiendan concentraciones dietéticas mínimas de FDN del forraje de 19, 18, 17, 16, y 15% cuando las concentraciones mínimas dietéticas FDN no forrajeras son de 6, 9, 12, 15, y 18%, respectivamente. Las concentraciones mínimas totales de FDN en la dieta resultante son de 25, 27, 29, 31, y 33%, respectivamente (National, 2001). Esos valores mínimos de forraje y FDN en la dieta no son valores fijos y dependen de factores tales como el tamaño de partícula de los forrajes, digestibilidad de la FDN del forraje, y la digestibilidad de la FDN de los no forrajes.

Concepto de eficacia físicamente efectiva de la Fibra Detergente

El concepto de fibra efectiva fue creado para amalgamar la naturaleza química y física de los forrajes y para cuantificar su valor para el funcionamiento ruminal (Kononoff y Heinrichs, 2003a). El concepto de fibra físicamente efectiva (peFDN) fue introducido en relación a las características físicas de la FDN (principalmente tamaño de partícula) que afecta la actividad de masticación (secreción de saliva). Este concepto está basado en la hipótesis de que la fibra con longitud de partícula larga (> 1 cm) promueve la masticación y secreción de saliva, que a su vez ayuda a neutralizar a los ácidos producidos durante la digestión ruminal de los alimentos. La fibra que promueve la masticación es considerada físicamente efectiva.

El contenido de peFDN de la dieta puede determinarse por la multiplicación del contenido de FDN en la dieta por su factor físico efectivo (pef, por sus siglas en inglés) (Beauchemin y Yang, 2005). La proporción de MS retenida en las cribas de 19 y 8 mm del PSPS multiplicada por el contenido dietético de FDN es peFDNps-2_s. Si se agrega una tercera criba de 1.18 mm al PSPS, por lo que con ella se determina la proporción de MS retenida por las cribas de 19.0, 8.0, y 1.18 mm del PSPS que multiplicado por la FDN de la dieta constituye el peFDNps-3_s (Yang y Beauchemin, 2006b).

Métodos de determinación de la eficacia físicamente efectiva de la Fibra Detergente

La producción elevada de leche demanda energía en cantidades altas que se proporcionan a través del concentrado; sin embargo, esto ocasiona la disminución de la fibra, que aparte de suministrarse en cantidades suficientes debe incluirse con una longitud de partícula adecuada. El proporcionar el forraje con tamaño de partícula inadecuado ocasiona trastornos en el CMS, en el funcionamiento ruminal y afecta la cantidad y calidad de la leche. Es importante considerar no sólo la media del TdP, sino también su distribución para poder realizar un buen manejo nutricional, por lo cual Lammers *et al* (1996) se propusieron desarrollar un método de análisis del TdP y de caracterización de la distribución del TdP de los forrajes y de las raciones completamente mezcladas. El método desarrollado sí permite medir

adecuadamente los parámetros señalados en una forma más práctica que otros existentes.

Efectos de la Eficacia física de la FDN sobre digestibilidad y la producción de leche

El tamaño de partícula tiene efectos sobre el consumo de MS, tasa de pasaje, digestibilidad y producción láctea, aunque los resultados obtenidos en algunas investigaciones son variables. Es importante tener conciencia del efecto de las concentraciones de la eficiencia física de la fibra detergente neutro (efFDN) en las dietas de las vacas productoras de leche sobre la digestibilidad y producción de leche para un rango amplio de forrajes y concentrado. Aunque existen varios métodos para evaluar la eficacia física de las dietas para vacas, el PSPS se ha utilizado para determinar la peFDN de dietas basadas en ensilaje de maíz sin resultados concluyentes.

Ensilaje de maíz

Yang y Beauchemin (2005) investigaron el efecto del incremento de la concentración de peFDN de una ración conteniendo ensilaje de maíz sobre el consumo de alimento, sitio y grado de digestión y rendimiento y composición de la leche de vacas. La concentración de peFDN de la dieta se incrementó mediante el uso de ensilaje de maíz de diferente longitud y fue medida con el Separador de Partículas de la Universidad de Pensilvania, a las vacas se les ofreció tres niveles de peFDN (alto, mediano y bajo) para alterar la longitud del tamaño de partícula. El promedio de producción de leche fue de 1.6kg/d (4.3%) más bajos para las vacas alimentadas con la dieta baja en peFDN, que el promedio de producción de leche para vacas alimentadas con las otras dos dietas. La proporción de partículas largas (por ejemplo, esas dejadas sobre la criba de 19mm) dejadas en el rechazo de las dietas con diferentes peFDN (6.3, 1.7 y 0.2% para las dietas altas, medias y bajas, respectivamente) fueron más grandes que la proporción en las dietas originales (8.9, 7.9 y 7.0%) lo cual indica la selección de partículas largas de forraje sobre partículas pequeñas (figura 1). Aunque los pef de las dietas fueron mayores que los pef de los rechazos, la diferencia entre los pef de las dietas y rechazos fueron mayores para las dietas con peFDN más bajo (34, 39 y 45% de reducción para alta,

mediana y baja, respectivamente) (figura 2), lo que indica que relativamente más partículas > 19.0 y > 8.0 mm fueron consumidas por vacas alimentadas con el menor peFDN dietético. Incrementando el tamaño de partícula del ensilaje de maíz aumentó el consumo de materia seca, mejoró la digestibilidad de la materia orgánica (MO), sin embargo, no afectó la producción de leche, aunque las vacas de este experimento se encontraban a mitad de su lactancia. Se requieren estudios para determinar la concentración óptima de peFDN en las dietas de vacas para mantener saludable la función ruminal.

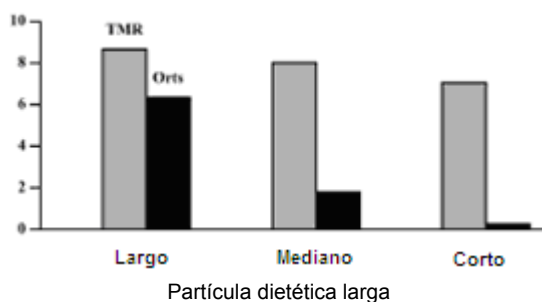


Figura 1.- Proporción de partículas > 19 mm para dietas y rechazos usando el PPS (TMR, ración totalmente mezclada; Orts, rechazos)

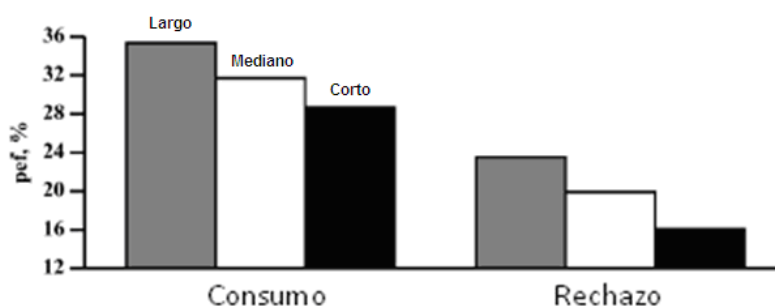


Figura 2.- Factores físicamente efectivos de las raciones y rechazos

Los ruminantes requieren fibra en cantidades y en forma física adecuada, ya que muy pequeña ocasiona disminución de la masticación y cantidades excesivas de fibra larga limitan el consumo y digestibilidad que afectan el balance energético de la vaca. Durante la etapa postparto, el consumo excesivo de fibra larga resulta en un llenado ruminal extraordinario que limita el CMS por la distensión ruminal, por eso la reducción del TdP en este período aumenta el CMS ya que se reduce el tiempo de rumia, aunque no se entienden los efectos del tamaño de corte del henilaje de alfalfa, así como el efecto negativo potencial asociado con la fermentación ruminal, tampoco existe mucha información al respecto en vacas recién paridas. Por éstas razones,

Kononoff y Heinrichs (2003b) determinaron el efecto del tamaño de partícula sobre el CMS, actividad de masticación y fermentación ruminal en vacas en lactancia inicial. La eficacia física de la FDN fue determinada por la medición de la cantidad de FDN retenida sobre la criba > 1.18 mm, siendo similar entre las dietas (25.7, 26.2, 26.4 y 26.7 kg), pero la cantidad de partícula > 19.0 mm disminuyó significativamente con la disminución del tamaño de partícula. La reducción del tamaño de partícula del henilaje incrementó linealmente el CMS (23.3, 22.0, 20.9 y 20.8 kg).

Ensilaje de cebada

Yang y Beauchemin (2006a) usaron ensilaje de cebada (EC) con tamaño teórico de partícula (TTP) variable para evaluar los efectos del contenido efFDN en las dietas de vacas productoras de leche sobre consumo de nutrimento, sitio y extensión de la digestión, síntesis de proteína microbiana y producción de leche. El experimento implicó un cuadrado latino 3 x 3 replicado que uso 6 vacas canuladas en rumen y duodeno. Se tuvieron 3 períodos, en los cuales las vacas consumieron 1 de 3 dietas (efFDN baja, mediana y alta) obtenidas usando ensilaje de cebada con variantes en la longitud de partícula: fina (TTP, 4.8 mm), medio (TTP proporciones iguales de longitud fina y larga) y larga (TTP 9.5 mm). La efFDN se determinó por la multiplicación de la proporción (base a materia seca) del alimento retenido sobre las dos cribas (8 y 19 mm) del Separador de Partículas de la Universidad de Pensilvania por el contenido de FDN de la dieta y fueron 10.5, 11.8 y 13.8% de las dietas baja, media y alta, respectivamente. Al aumentar el LPF del EC incrementa la ingesta de efFDN pero los consumos de MS, MO, almidón y N fueron más altos para vacas alimentadas con dietas de efFDN medio, de igual manera al aumentar el contenido de efFDN disminuye la digestibilidad de MO, FDN y FAN pero esto no reduce la producción y composición de la leche porque las vacas fueron de lactancia media y tardía. Bajo las condiciones de éste trabajo, una dieta con efFDN del 10% es adecuada para mantener 3.5% de grasa en leche para vacas lecheras de lactación media y tardía alimentadas con dietas a base de cebada.

Efectos de la Eficacia física de la FDN sobre masticación y fermentación ruminal

Ensilaje de maíz

Beauchemin y Yang (2005) determinaron el efecto de incrementar la concentración de peFDN de una dieta conteniendo ensilaje de maíz sobre el consumo de alimento, actividad de masticación y fermentación y pH ruminal. El incremento de longitud del forraje incrementó el consumo de peFDN pero no afectó el consumo de MS o de FDN. Éste estudio demostró que el incremento del contenido de peFDN de las dietas incrementó el tiempo de masticación, pero esto no necesariamente reduce la acidosis ruminal. Los modelos que predicen el pH ruminal deberían incluir el consumo de peFDN y el consumo de materia orgánica fermentable. Asimismo, el tamaño de partícula expresado como peFDN fue un indicador confiable de la actividad de masticación. El PSPS es una herramienta útil que puede ser usada en la granja para medir el tamaño de partícula del forraje y de la ración totalmente mezclada (RTM). Los valores obtenidos usando ésta herramienta pueden ser usados para determinar la efectividad física de la fibra, que es un buen indicador del potencial de rumia de las vacas.

Yang y Beauchemin (2006b) condujeron una investigación para determinar los efectos del contenido de la eficacia física de la FDN en dietas de ganado bovino productor de leche basado en ensilaje de maíz sobre el consumo, masticación, pH ruminal, síntesis de proteína microbiana, digestibilidad y producción de leche. Además compararon varios métodos para medir la peFDN para determinar la herramienta más deseable para usar esa información para formular raciones. El incremento de la longitud de tamaño de partícula del forraje incrementó el consumo de la peFDN, lo cual se asoció positivamente con la digestión de la fibra y el tiempo de masticación. El Separador de Partículas de la Universidad de Pensilvania con dos cribas proporcionó la mejor evidencia de la variación de la eficacia física de la dieta y del potencial de la ración para promover la masticación y prevenir la acidosis ruminal.

peFDN y fermentabilidad de carbohidratos

La acidosis ruminal puede contrarrestarse con la regulación de la peFDN, sin embargo, se tiene que considerar la fermentabilidad de los carbohidratos, proporción de forraje concentrado y tamaño de partícula.

Yang y Beauchemin (2007a) determinaron los efectos de aumentar el contenido de peFDN de las dietas de las vacas sobre la disminución del riesgo de acidosis en ellas, para ello manipularon la relación forraje concentrado y el tamaño de partícula (cuadro 1). Las variables observadas fueron CMS, tiempo de masticación, pH ruminal y ácidos grasos volátiles (AGV). Cabe mencionar que la inclusión de la cebada le dió cabida a la fermentabilidad de los carbohidratos.

Cuadro 1. Composición de ingredientes y química de las dietas

Ingredientes	Relación forraje concentrado (%)			
	35:65		60:40	
	Corto	Largo	Corto	Largo
Alfalfa Ensilaje	35.7	-----	59.5	-----
Alfalfa Ensilaje largo	-----	35.7	-----	59.5
Cebada Grano rolado	56.1	56.1	56.1	56.1
Gluten de maíz Harina	3.33			
Canola harina	1.43	1.43	1.19	1.19
Soypass	1.43	1.43	1.19	1.19
Melaza remolacha	0.48	0.48	0.95	0.95
Carbonato de calcio	0.24	0.24	0.24	0.24
Fosfato dicálcico	0.24	0.24	0.24	0.24
Fosfato monosódico	0.05	0.05	0.05	0.05
Mezcla vitaminas y minerales	0.71	0.71	0.71	0.71
Canola aceite	0.19	0.19	0.19	0.19
Megalac	0.24	0.24	0.24	0.24
Agente compactante	0.24	0.24	0.24	0.24
Agente saborizante	0.24	0.24	0.24	0.24

El CMS fue menor para las vacas que recibieron mayor cantidad de forraje (sin importar el tamaño de partícula), sin embargo, el CMS no se afectó por el TdP, la producción de leche fue mayor en las vacas con más concentrado, no se observaron diferencias con el TdP, aunque la cantidad de grasa láctea si fue mayor en las raciones con más forraje. El tiempo de masticación fue afectado por la relación F:C más no por el TdP y el pH ruminal sí fue afectado por la relación F:C y el TdP, de tal forma que incrementando el TdP y el forraje en la ración disminuye la probabilidad de acidosis ruminal (figura 3).

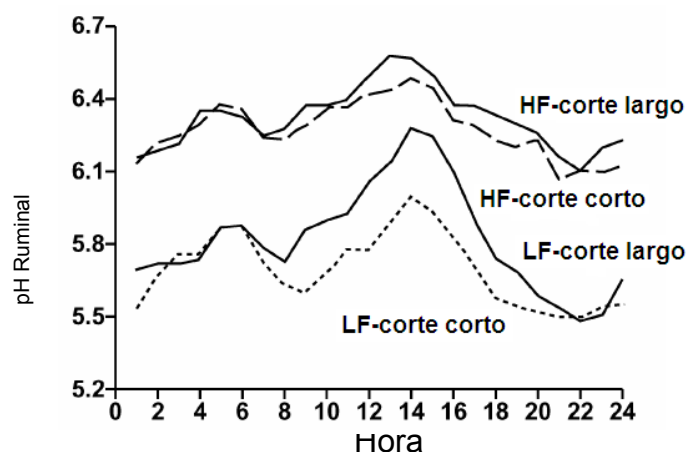


Figura3. Efecto de la relación forraje concentrado (forraje bajo LF, 35:65; forraje alto, HF 60:40) y tamaño de partícula (tamaño largo, TL, tamaño corto TC) sobre la variación de pH ruminal. Los tiempos de alimentación fueron a las 0600, 1500 y 1800 h

Continuando con lo anterior, Beauchemin y Yang, (2007b) determinaron los efectos de la relación y las interacciones entre nivel de carbohidratos fermentables ruminalmente y el contenido de peFDN sobre la ingesta de alimento, sitio y extensión de digestión, síntesis de N microbiano, producción y composición de la leche de vacas lecheras en lactancia, ellos variaron el contenido de peFDN en la dieta para ajustar la proporción de forraje en la dieta y el largo de la partícula del forraje. El consumo de MS (kg/d) y de almidón (% de la MS) fue sólo afectado por la relación de forraje concentrado ($P < 0.05$), de tal forma, las vacas con más concentrado en la ración comieron más. El flujo duodenal de la materia orgánica total fue bajo para las vacas que recibieron mayor cantidad de forraje en la dieta y fue solamente afectado por la relación forraje concentrado, pero no hubo efecto del tamaño de partícula sobre esos parámetros. La digestibilidad en el rumen e intestinal no fue afectada por la relación forraje concentrado, ni por el tamaño de partícula (cuadro 2). La producción de leche, proteína y la lactosa de la misma manera fueron afectadas por la cantidad de concentrado ($P < 0.05$), siendo mayores en esos tratamientos, en tanto que la grasa fue mayor en los tratamientos con más concentrado (Cuadro 2).

Cuadro 2. Efecto de la relación de forraje a concentrado y tamaño de partícula sobre CMS, flujo duodenal, digestibilidad, producción y composición de la leche.

	Relación forraje concentrado (%)				Efecto	
	35:65		60:40		F:C	TP
	Corto	Largo	Corto	Largo		
Consumo de MS (kg/d)	20.3	20.9	18.6	18.0	0.01	NS
Almidón (% de MS)	6.0	6.2	3.2	3.1	0.01	NS
Flujo duodenal MO kg/d	13.9	13.6	12.2	11.7	0.01	NS
Digestibilidad ruminal	46.6	51.3	47.6	49.2	NS	0.13
Digestibilidad intestinal	38.1	37.1	36.5	37.6	NS	NS
Producción de leche	33.5	33.2	30.8	31.3	0.01	NS
Grasa (% de la leche)	3.45	3.44	3.84	3.80	0.01	NS
Proteína (% de la leche)	3.34	3.36	3.07	3.09	0.01	NS
Lactosa (% de la leche)	4.65	4.66	4.62	4.61	0.03	NS

Es conocido que las vacas lecheras requieren suficiente fibra, con un adecuado largo de partícula para mantener una apropiada función ruminal, por tal razón Yang y Beauchemin (2001) estudiaron el efecto del procesamiento del grano, la relación forraje concentrado y el tamaño de la partícula del forraje sobre el pH ruminal y digestión de vacas lecheras. Los factores dietéticos fueron extensión del procesamiento del grano de cebada, grueso (1.60 mm) o fino (1.36 mm); relación forraje concentrado (F:C), baja (35:65) o alta (55:45) (base en materia seca); y el largo de la partícula del forraje, largo (7.59 mm) o corto (6.08 mm). Las dietas se formularon usando el Cornell-Penn-Miner System (CPMDairy). Se calculó el eFDN del forraje individual y los ingredientes usando el Cornell-Penn-Miner Dairy system (eNDFfCPM) o usando el Cornell Net Carbohydrate and Protein System (eNDFfCNCPS) y el factor eFDN de la RTM se calculó multiplicando el FDN del forraje o la RTM por el pef determinado con el PSPS. La longitud de la fibra, no se midió claramente y la relación forraje concentrado, así como la fermentabilidad de los carbohidratos no fibrosos afecta el pH del rumen y la digestión. No hay suficiente información sobre los efectos de esos factores dietéticos y su interacción en la fermentación ruminal y digestión, por lo que se desconoce si la respuesta al consumo de eFDN y peFDN depende de la fermentabilidad de los carbohidratos. La extensión del procesamiento del grano y la ingesta de almidón disponible en el rumen fueron los factores con más influencia al afectar la producción de leche. La reducción de la relación forraje concentrado mejoró la digestión total y la producción real de leche.

Materiales y métodos

Ubicación del experimento

El experimento se realizó en diez 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 1, 129 a 1, 400 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 (2003a), estas consisten en seleccionar a lo largo del comedero tres 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 cribó como se describe a continuación:

Método de determinación de la DTPR y del pef

Para determinar la distribución de tamaño de partícula retenida (DTPR) y el factor físico efectivo (pef) de la ración se determinó cribando la muestra del alimento.

Se utilizaron las cribas diseñadas por la Universidad de Pensilvania (PSPS) para separar el tamaño de partícula, cuyas medidas de las aberturas esféricas son de: 19 mm (criba 1), 8 mm (criba 2), 1.18 mm (criba 3) y una charola base de recolección (Kononoff y Heinrichs, 2003a).

El cribado se llevó a cabo con sacudidas horizontales de ocho movimientos en una misma dirección, este procedimiento se realizó 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); para conocer la distribución del tamaño de las partículas retenidas (DTPR).

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.

También se utilizó una báscula marca Salter de 500 g para pesar las muestras que se obtengan en cada criba durante los días de estudio.

Cálculo de la DTPR y del pef en base a materia seca

La distribución de tamaño de partícula retenida (DTPR) y factor físico efectivo (pef) se determinaron como la proporción de partículas retenidas en las tres cribas (19.0 mm, 8.0 mm y 1.18 mm), usando el Separador de Partículas de la Universidad de Pensilvania (Yang y Beauchemin, 2006b).

Descripción de los carros mezcladores

En el cuadro 1 se describen los carros mezcladores utilizados en los diferentes establos con las cuales fueron alimentadas las vacas recién paridas.

Cuadro 1.

ESTABLOS	MARCA	DESCRIPCIÓN	CAPACIDAD (Kg)
La Paz	Tormex 1200	1 rotor, 4 gusanos	12,900
Tres Romero	Kirby	4 gusanos, sin brazos	12,000
Campo Sagrado	Triolet 6543	2 gusanos verticales	9,000
El Campanario	Tormex 1200	1 rotor, 4 gusanos	12,900
El Edén	Tormex 1200	2 gusanos verticales	12,000
Mápulas	Kirby 800	2 gusanos verticales	12,727
Ganadería Monegro	Kirby 605	2 gusanos verticales	12,727
El 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 utilizado en la alimentación de vacas frescas en diez establos de la Comarca Lagunera se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2.

ESTABLOS	FORRAJES										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
La Paz	X					X					X
Tres Romero	X					X					
Campo Sagrado	X				X	X					
El Campanario	X						X			X	
El Edén			X	X		X					
Mápulas	X	X				X					
Ganadería Monegro	X					X		X			
El Fénix	X				X						
San Gabriel	X				X				X		
La Victoria	X	X			X						

1.- Heno de alfalfa; 2.- Ensilaje de alfalfa; 3.- Alfalfa seca; 4.- Alfalfa verde; 5.- Ensilaje de maíz; 6.- Ensilaje de sorgo; 7.- Ensilaje de sorgo sudan; 8.- Heno de sorgo soja; 9.- Heno de avena; 10.- Avena verde; 11.- Trigo

Relación forraje concentrado

En el cuadro 3 se describe la relación forraje concentrado del alimento para las vacas frescas.

Cuadro 3.

ESTABLOS	F:C
La Paz	60:40
Tres Romero	50:50
Campo Sagrado	55:45
El Campanario	50:50
El Edén	50:50
Mápulas	50:50
Ganadería Monegro	65:35
El Fénix	50:50
San Gabriel	51:49
La Victoria	70:30

Análisis estadístico

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

Resultados

Este estudio se realizó con la finalidad de determinar el factor físico efectivo (pef) de la ración de vacas recién paridas. Como se puede observar en el cuadro 4 nos muestra que de las tres cribas utilizadas la que tuvo menor distribución de partícula fue la criba > 19.0 mm con un mínimo de 0.86 %, lo contrario a lo que se observa en la criba de 8.0 a 1.18 mm que va de un rango de 30 a 50 %. En la criba < 1.18 mm (base) el dato menor es de 15.93 % y el mayor en esa misma criba fue de 30.16 %. También se observan el pef₂ y el pef₃ obtenidos en el presente estudio, en donde el establo Campo Sagrado registró el pef₂ más bajo con 0.28 y el más alto para El Edén con 0.45. Para el pef₃, el más bajo fue de 0.69 en Campo Sagrado y el más alto para el establo Ganadería Monegro con 0.84. Desde otra perspectiva la media para el pef₂ fue de 0.37 y para el pef₃ fue de 0.78. Se puede observar también que sin importar el forraje utilizado la proporción de partículas retenidas en las diferentes cribas fue similar.

Cuadro 4.- Muestreo de la distribución del tamaño de partícula, el factor físico efectivo (pef) de las diferentes explotaciones productivas.

	VACAS FRESCAS					
	> 19.0 mm	19.0-8.0 mm	8.0-1.18 mm	<1.18 mm	Pef ₂	Pef ₃
La Paz*	6,34	35,46	37,65	20,53	0,41	0,79
Tres romero*	7,01	31,34	43,64	17,98	0,38	0,82
Campo Sagrado*	3,94	24,74	41,13	30,16	0,28	0,69
El Campanario	1,74	28,94	42,41	26,90	0,30	0,73
El Edén*	8,58	37,11	35,45	18,83	0,45	0,81
Mápuas*	2,36	39,94	36,93	20,75	0,42	0,79
Ganadería Monegro*	0,86	32,03	51,16	15,93	0,32	0,84
El Fénix**	1,20	41,49	36,26	21,04	0,42	0,78
San Gabriel**	4,30	31,11	42,39	22,17	0,35	0,77
La Victoria**	6,66	36,07	38,22	19,03	0,42	0,80
Media	3,36	33,46	40,29	20,98	0,37	0,78
Desviación Estándar	2,73	5,14	4,72	4,25	0,05	0,04

Distribución del tamaño de partícula de las dietas usando el Separador de Partículas de la Universidad de Pensilvania (PSPS, Kononoff et al., 2003a); pefps-2s y pefps-3s=factor físico efectivo determinado como la proporción de partículas retenidas sobre las 2 cribas (Lammers et al., 1996) y sobre las 3 cribas (Kononoff et al., 2003a), respectivamente.

*Dietas a base de alfalfa y ensilaje de sorgo; ** Dietas a base de heno de alfalfa y ensilaje de maíz.

Discusión

El factor físico efectivo (pef) de los alimentos de los diferentes establos muestreados puede ser alterado debido a las características de los forrajes, de los carros revolvedores, del tiempo de mezclado y por la ausencia de herramientas para medir el pef de las dietas de vacas recién paridas; por los factores mencionados anteriormente, en este estudio el pef de los establos 7, 8 y 9 se encontró dentro de las recomendaciones, pero en el rango bajo, mientras que en los restantes se encontró fuera del rango recomendado por el Sistema de la Universidad de Pensilvania.

Determinación de la distribución del tamaño de partícula con ensilaje de maíz

En una investigación teniendo como fuente principal de forraje en su RTM al ensilaje de maíz, los resultados obtenidos por Kononoff et al. (2003), la distribución del tamaño de partícula retenida (DTPR) sobre la criba de 19.0 mm se encontró entre 2.9 a 11.1%; en la criba de 8.0 mm fue de 53.2-57.5%; para la criba de 1.18 mm fue de 31.9-35.3% y para la charola de recolección (base) fue de 3.9-4.2%.

En ese mismo año, Kononoff y Heinrichs (2003b) investigaron al henilaje de alfalfa teniendo como resultado valores similares a los reportados para el ensilaje de maíz. En nuestro estudio los establos 7, 8 y 9 que contenían en sus dietas ensilaje de maíz, la media para la DTPR en la criba de 19.0 mm fue de 3.36% lo cual se encuentra dentro del rango señalado por (Kononoff y Heinrichs, 2003b), pero relativamente bajo. En esta investigación la DTPR de la criba 8.0 mm se encontró en 33.46%, que está por debajo del rango indicado; en la criba de 1.18 mm la media fue de 40.29%, lo que muestra que el porcentaje está muy elevado al rango indicado para esta criba; y para la charola de recolección el porcentaje fue de 20.98%, como se puede ver, este resultado está muy por encima de las indicaciones de (Kononoff y Heinrichs, 2003b).

En el experimento llevado a cabo por Yang y Beauchemin (2006b) se usaron 3 dietas: larga, mediana y corta con base en ensilaje de maíz; determinando la proporción de alimento retenido sobre las cribas de 19.0, 8.0 y 1.18 mm del PSPS nuevo, ellos encontraron que para la criba de 19.0 mm el alimento retenido fue de 10.2, 8.3 y 2.7 para las tres dietas; respectivamente. Para la criba de 8.0 mm los resultados de la DTPR para las tres dietas fueron de 61.3, 59.0 y 38.7%; y para la criba de 1.18 mm los porcentajes obtenidos en la DDTP fueron de 24.0, 27.6 y 51.5%. Comparando nuestros resultados con lo anterior, encontramos que las dietas de los establos incluidos en este experimento se encontraron dentro de los rangos de las dietas mediana y corta, o incluso por debajo de ellas, donde la media del alimento de los establos retenido en las tres cribas fue de 3.36, 33.46 y 40.29%.

Factor físico efectivo (pef) de la dieta

Yang y Beauchemin (2006b) determinaron el factor físico efectivo (pef) con el PSPS de 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 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 corta. En éste experimento la media del pef_2 y pef_3 de los establos fue de 0.37 y 0.78, respectivamente. Al comparar el pef_2 y pef_3 obtenidos por Yang y Beauchemin (2006) con el que obtuvimos, se puede decir que se encuentran por debajo de los resultados obtenidos en ese estudio.

Yang y Beauchemin (2006a) concluyeron que al incrementar el largo de la partícula del forraje aumentó la ingesta de peFDN, lo cual fue positivamente asociado con la digestión de la fibra y el tiempo de masticado.

Yang et al. (2001) usaron el ensilaje de alfalfa, recomendaron una proporción de alimento retenido para el PSPS de dos cribas, en donde la DTPR de la RTM sea del 6 al 10% en la criba de arriba (19.0 mm), del 30 al 50% en el medio (8.0 mm) y del 40 al 60% en la charola (base). Los resultados obtenidos en este trabajo demuestran que los establos 3, 4, 6, 7, 8 y 9 no se encuentran en el rango mencionado anteriormente para la criba de 19.0 mm; y en tanto que

para la criba de 8.0 mm los que no se encuentran en el rango de 30-50% son los establos 3 y 4; con el resultado de la charola ningún establo se encuentra en los límites recomendados por Yang et al. (2001), cabe mencionar que en nuestro trabajo utilizamos el PSPS nuevo con la criba adicional de 1.18 mm, la cual fue propuesta por Kononoff et al. (2003).

Las guías dietéticas actuales para vacas lecheras lactantes indican que la forma física de la dieta es importante en la determinación de su valor nutritivo, afectando las actividades de comida y de rumia, MS y la ingesta de energía, función del rumen, eficiencia digestiva, producción y composición de la leche y la salud de la vaca (Soita et al., 2000).

Aunque la reducción en el tamaño de partícula del forraje usualmente resulta en la reducción de la actividad de masticado, los efectos sobre la ingesta de materia seca (IMS) y la digestión han sido menos claros. Los efectos positivos sobre la IMS con la reducción del tamaño de la partícula han sido reportados en algunos estudios pero no han sido observados en otros (Kononoff y Heinrichs, 2003a).

Las fuentes de fibra varían en su habilidad para estimular el masticado. Esta variación puede ser el resultado de las diferencias en el tamaño de partícula, densidad o interacciones físicas con otros alimentos en el rumen. Una reducción en el tamaño de partícula del forraje disminuye la actividad de masticado (Soita et al., 2000).

Incrementar la proporción de partículas > 19.0 mm puede ser un factor primario que afecta la actividad de masticado. La cantidad del alimento en la criba > 19.0 mm es un indicador más preciso de la actividad de masticado que el peFDN, cuando éste es estimado por el PSPS (Kononoff y Heinrichs, 2003b).

Según Kononoff y Heinrichs (2003a) reducir el tamaño de partícula del forraje durante la lactancia temprana de vacas lecheras, puede aumentar la ingesta de alimento. Ellos indicaron que el largo de partícula de la fibra (LPF) del ensilaje de maíz es un predictor pobre del tiempo total de masticado.

Considerando lo encontrado en los experimentos de otros investigadores, podemos decir que las dietas para vacas recién paridas que se evaluaron en nuestro experimento tienen un tamaño de partícula reducido, y ésta reducción del tamaño de partícula puede traer como consecuencia una disminución del tiempo de masticado y el incremento del consumo de materia seca.

Yang y Beauchemin (2005) encontraron que el tamaño de partícula del ensilaje de maíz no tuvo efecto sobre la media del pH ruminal (5.8 o 5.5). Por otro lado en otras investigaciones el tamaño de partícula del ensilaje si afectó la media del pH ruminal, pero con partícula larga (Yang y Beauchemin. 2007; Beauchemin et al. 2003; Krause et al. 2002); Con lo anterior podemos decir que el tamaño de partícula encontrado en el presente trabajo podría afectar el pH ruminal.

En otra investigación con henilaje de alfalfa por Kononoff y Heinrichs (2003b) los cambios en las características físicas de la ración resultaron en efectos sobre los AGV. Animales que consumieron una dieta con partícula corta, con un 3% de partículas sobre la criba > 19.0 mm, la digestibilidad y la concentración de AGV fueron mayores pero la media del pH ruminal fue más baja indicando que la disponibilidad del sustrato para los microbios del rumen aumentó con la reducción en el tamaño de partícula. Con los resultados que se obtuvieron en este estudio, puede estar la concentración de AGV aumentada y la media de pH disminuida.

Kononoff y Heinrichs (2003b) no observaron efectos significantes de la reducción del tamaño de partícula sobre la producción total de leche, el porcentaje graso y el factor de corrección de la leche (FCL). Ellos cuestionan el uso de la grasa de la leche como medida de la efectividad de la fibra, especialmente para vacas en lactancia temprana, ya que estas tienen una respuesta menor a los cambios en la dieta.

Beauchemin et al. (2003) concluyeron que aumentando el contenido de peFDN de las dietas incrementó la actividad de masticado y mejoró el estatus

del pH del rumen, pero tuvo un efecto limitado sobre la producción de leche y el contenido de grasa de la leche.

De acuerdo a lo anterior y al tamaño de partícula que encontramos en esta investigación, tanto la producción y calidad de la leche podrían no ser afectadas de manera importante por un tamaño de partícula reducido, sobre todo para las vacas recién paridas.

Conclusión

La alimentación del ganado lechero con una dieta que contenga la distribución de partícula adecuada y el factor físico efectivo (pef) bajo o elevado provoca cambios en la ingesta de alimento, digestión y producción de leche. A pesar de la gran cantidad de establecimientos en producción lechera que existen en la Comarca Lagunera no se han realizado pruebas suficientes en los establos lecheros de la región para medir el pef de sus raciones. Los resultados encontrados en el presente estudio en cuanto a la proporción de partículas retenidas en las cribas del PSPS, indican que la DTPR de las raciones de las vacas lecheras recién paridas, de los establos 7, 8 y 9 se encuentran en las recomendaciones de algunos autores, pero en el rango bajo, mientras que los establos 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 10 se encuentra fuera del rango recomendado por el Separador de Partículas de la Universidad de Pensilvania.

Literatura citada

- Beauchemin, K. A., y W. Z. Yang. 2005. Effects of physically effective fiber on intake, chewing activity, and ruminal acidosis for dairy cows fed diets based on corn silage. *J Dairy Sci* 88: 2117-2129.
- 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 production. *J Dairy Sci* 86: 630-643.
- Broderick, G. A., D. R. Mertens, y R. Simones. 2002. Efficacy of carbohydrate sources for milk production by cows fed diets based on alfalfa silage. *J. Dairy Sci.* 85: 1767-1776.
- Cherney, D. J. R., J. H. Cherney, y L. E. Chase. 2003. Influence of dietary nonfiber carbohydrate concentration and supplementation of sucrose on lactation performance of cows fed fescue silage. *J. Dairy Sci.* 86: 3983-3991.
- DeFrain, J. M., A. R. Hippen, K. F. Kalscheur, y D. J. Schingoethe. 2006. Feeding lactose to increase ruminal butyrate and the metabolic status of transition cows. *J. Dairy Sci.* 89: 267-276.
- Hall, M. B. 2002. Working whit non-ndf carbohydrates whit manure evaluation and environmental considerations. In: *Proc. of the 2002 Mid-South Ruminal Nutr. Conf.*
- Hall, M. B. 2005. Sugars in dairy cattle rations: Sweetening the pot or not? In: *Proc. Four-state Dairy Nutrition and Management Conf.*
- Hall, M. B., y C. Herejk. 2001. Differences in yields of microbial crude protein from in vitro fermentation of carbohydrates. *J. Dairy Sci.* 84: 2486-2493.
- Herrera-Saldana, R., R. Gomez-Alarcon, M. Torabi, y J. T. Huber. 1990. Influence of synchronizing protein and starch degradation in the rumen on nutrient utilization and microbial synthesis. *J. Dairy Sci.* 73: 142-148.
- Hussain, A., y E. L. Miller. 1999. Effect of supplementation of sucrose and lactose whit sodium bicarbonate on rumen metabolism and microbial protein synthesis in sheep. In: *Proc. Brit. Soc. Animal Sci.* p 28.
- Hutjens, M. F. 2007. Making starch work in the rumen. In: *Proc. Four-State Dairy Nutrition and Management Conf., Dubuque, IA.*

- Hutjens, M. F., y H. M. Dann. 2000. Grain processing: Is it too coarse or too fine?
<http://www.livestocktrail.uiuc.edu/dairynet/paperDisplay.cfm?ContentID=588>. No. March 11, 2008.
- 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., y A. J. Heinrichs. 2003b. The effect of reducing alfalfa haylage particle size on cows in early lactation. *Journal Dairy Sci* 86: 1445–1457.
- 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.
- Lammers, B. P., D. R. Buckmaster, y A. J. Heinrichs. 1996. A simple method for analysis of particle sizes of forage and total mixed rations. *J Dairy Sci* 79: 922-928.
- McCormick, M. W., D. D. Redfearn, J. D. Ward, y D. C. Blouin. 2001. Effect of protein source and soluble carbohydrate addition on rumen fermentation and lactation performance of holstein cows. *J. Dairy Sci.* 84: 1686-1697.
- National, R. C. 2001. Nutrien requeriment of dairy cattle. 7h rev. ed. *Natl. Acad. Sci.*, Washington, DC.
- Nombekela, S. W., y M. R. Murphy. 1995. Sucrose supplementation and feed intake of dairy cows in early lactation. *J. Dairy Sci.* 78: 880-885.
- Saanes, R. A., M. A. Messman, y D. B. Vagnoni. 2002. Form of rumen-degradable carbohydrate and nitrogen on microbial protein synthesis and protein efficiency of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 85: 900-908.
- Soita, W. H., 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.
- Strobel, H. R., y B. Russell. 1986. Effect of ph and energy spilling on bacterial protein synthesis by carbohydrate-limited cultures of mixed rumen bacteria. *J. Dairy Sci.* 69: 2941-2947.
- Thivend, P., y M. A. Ehousinou. 1977. Digestion of lactose in the rumen of sheep. . In: *Proc. Nutr. Soc.* p 73A.

- Triola, Mario F., 2006. *Estadística*, novena edición. México, D.F: Pearson Educacion. Pp. 872
- Weisberjerg, M. R., T. Hvelplund, y B. M. Bibby. 1998. Hydrolysis and fermentation rate of glucose, sucrose and lactose in the rumen. *Acta. Agric. Scant. Sect. A. Animal Sci.* 48: 12-18.
- Yang, W. Z., y K. A. Beauchemin. 2005. Effects of physically effective fiber on digestion and mlk production by cows fed diets based on corn silage. *J Dairy Sci* 88: 1090:1098.
- Yang, W. Z., y K. A. Beauchemin. 2006a. Increasing the physiycally effective fiber content of dairy cattle diet may lower the efficiency of feed use. *J Dairy Sci* 89: 2694-2704.
- Yang, W. Z., y K. A. Beauchemin. 2006b. 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. 2007a. Altering physically effective fiber intake through forage proportion and particle length: Chewing and ruminal ph. *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 production. *J Dairy Sci* 90: 3410-3421.
- Yang, W. Z., y K. A. Beauchemin. 2007c. Altering physically effetive fiber intake through forage proportion and particle length: Chewing and ruminal ph. *J Dairy Sci* 90: 2826:2838.
- Yang, W. Z., K. A. Beauchemin, y L. M. Rode. 2001. Effects of grain processing, forage to concentrate ratio, and forage particle size on rumen ph and digestion by dairy cows. *J Dairy Sci* 84: 2203–2216
- Yang, W. Z., K. A. Beauchemin, y L. M. Rode. 2002. Effcets of particle size of alfalfa based dairy cows diets on site and extent of digestion. *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 cows. *J Dairy Sci* 90: 1929-1942.