

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



EFFECTO DE LA EFICACIA FÍSICA DE LA RACIÓN SOBRE LA RUMIA Y  
PRODUCCIÓN EN DOS RAZAS LECHERAS EN PERIODO FRESCO Y DE ALTA  
PRODUCCIÓN

Tesis

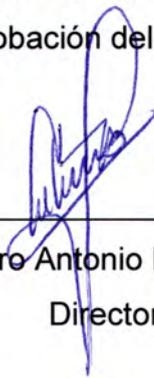
Que presenta ZULEYMA MONTELONGO GUTIÉRREZ

como requisito parcial para obtener el Grado de  
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

EFFECTO DE LA EFICACIA FÍSICA DE LA RACIÓN SOBRE LA RUMIA Y  
PRODUCCIÓN EN DOS RAZAS LECHERAS EN PERIODO FRESCO Y DE ALTA  
PRODUCCIÓN

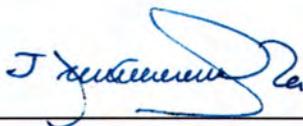
Tesis

Elaborado por ZULEYMA MONTELONGO GUTIÉRREZ como requisito parcial  
para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Producción Agropecuaria con la  
supervisión y aprobación del Comité de Asesoría



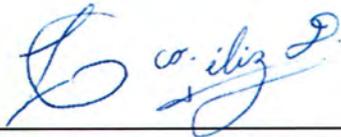
---

Dr. Pedro Antonio Robles Trillo  
Director



---

Dr. Rafael Rodríguez Martínez  
Asesor



---

Dr. Francisco Gerardo Véliz Deras  
Asesor



---

Dra. Dalia Ivette Carrillo Moreno  
Jefe del Departamento de Postgrado



---

Dr. Antonio Flores Naveda  
Subdirector de Postgrado

## **Agradecimientos**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por brindarme el apoyo financiero para la formación en mis estudios de maestría en ciencias.

Al posgrado de la UAAAN UL por permitirme formar parte de su programa de Maestría en Ciencias en Producción Agropecuaria.

Expreso mi agradecimiento a mi director de tesis al Dr. Pedro Antonio Robles Trillo por guiarme y brindarme sus conocimientos. De igual manera agradezco al Dr. Rafael Rodríguez Martínez por sus valiosos aportes y apoyo durante el desarrollo de esta investigación.

A mis 5 Fantásticos el Dr. Ulises Noel Gutiérrez Guzmán, M.C. Luis Jesús Barrera Flores, Dr. Jorge Arturo Bustamante Andrade, Dr. Amaury Esquivel Romo y Dr. Apolinar González Mancilla, así como a la mujer maravilla la Dra. María Esther Ríos Vega, por ser ese pilar fundamental para no dejarme caer, alentarme a seguir adelante y ser ese apoyo incondicional en la realización de esta tesis. Además de su paciencia para la elaboración de la misma. ¡Son los mejores!

A mis padres Carlos Montelongo y Evangelina Gutiérrez, y mis hermanos, Carlos de Jesús Montelongo, José María Montelongo y Harold Vidal Montelongo piezas fundamentales en este proceso, por su apoyo incondicional, gracias a ustedes hoy puedo culminar esta etapa. Los Amo.

Al Rey de mi Vida, a mi Campeón Diego Alberto Granados Montelongo, por ser ese impulso diario para salir adelante y ponerle amor y empeño a todo lo que hago, sabes que es por ti y para ti.

A la mejor de las amigas la M.C. Carolina Villalobos Triana, por su apoyo incondicional desde la licenciatura hasta la Maestría y por su ayuda en la realización de esta tesis. Sabes que eres la mejor.

## **Dedicatorias**

A mi Sr. Jesucristo, por nunca soltarme de su mano y permitir que llegue a este momento, siempre llena de bendiciones.

A mis padres, Carlos Montelongo Osornio y Evangelina Gutiérrez Cruz, ustedes saben que todo lo que hago es por ustedes, gracias por guiarme siempre y ser la fortaleza que a veces me falta. Por sus consejos que me han ayudado a ser la persona que soy, igual a Papa.

## Índice general

### Contenido

Agradecimientos .....	iii
Dedicatorias .....	v
Índice de Cuadros.....	vii
Índice de Figuras.....	viii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	xi
INTRODUCCIÒN.....	1
Hipòtesis.....	2
Objetivo general .....	3
Objetivos específicos .....	4
REVISIÒN DE LITERATURA .....	5
2.1 Determinaciòn del tamaño de partícula cribas de Penn state.....	5
2.2 Eficacia física de la fibra detergente neutro de la ración totalmente mezclada.....	6
2.3 Ingesta de materia seca.....	7
2.4 Masticaciòn o Rumia .....	8
MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
3.1 Ubicaciòn del área experimental .....	11
3.2 Animales.....	11
3.3 Recolecciòn de muestras para determinar la efFDN .....	11
3.4 Determinaciòn de la distribuciòn del tamaño de partícula de la RTM.....	12
3.5 Determinaciòn de Materia seca.....	12
3.6 Determinaciòn de la Eficacia Física de la RTM (Raciòn Totalmente Mezclada).....	12
3.7 Determinaciòn de la eficacia física de la fibra detergente neutro (efFDN) de la RTM .....	13
3.8 Determinaciòn de la masticaciòn de las vacas .....	13
3.9 Análisis estadístico de la informaciòn.....	13
RESULTADOS.....	14
DISCUSIÒN .....	25
CONCLUSIÒN .....	29
LITERATURA CITADA.....	30

## ***Índice de Cuadros***

Cuadro 1. Tamaño de partículas (efFDN RTM), rumia (masticaciones por día), consumo de materia seca (CMS) y producción, según las diferentes cribas utilizadas para procesar el forraje en vacas frescas Holstein .....	15
Cuadro 2. Análisis de correlación de las variables de estudio en vacas frescas Holstein.....	16
Cuadro 3. Tamaño de partículas (efFDNRTM), rumia (masticaciones), consumo de materia seca (CMS) y producción, según las diferentes cribas utilizadas para procesar el forraje en vacas frescas Jersey.....	18
Cuadro 4. Análisis de correlación de las variables de estudio en vacas frescas Jersey .....	19
Cuadro 5. Tamaño de partículas (efFDNRTM), rumia (masticaciones por día), consumo de materia seca (CMS) y producción, según las diferentes cribas utilizadas para procesar el forraje en vacas Holstein altas productoras.....	20
Cuadro 6. Análisis de correlación de las variables de estudio en vacas Holstein altas productoras.....	21
Cuadro 7. Tamaño de partículas (efFDNRTM), rumia (masticaciones por día), consumo de materia seca (CMS) y producción, según las diferentes cribas utilizadas para procesar el forraje en Vacas Jersey Altas productoras.....	24
Cuadro 8. Análisis de correlación de las variables de estudio en vacas Jersey altas productoras.....	25

## ***Índice de Figuras***

Figura 1. Comportamiento de la rumia y los diferentes valores de la eficiencia de la fibra detergente neutra en la ración totalmente mezclada en vacas frescas Holstein.....	16
Figura 2. Comportamiento del consumo de materia seca (CMS) y los diferentes valores de la eficiencia de la fibra detergente neutra en la ración totalmente mezclada en vacas Holstein altas productoras.....	22
Figura 3. Comportamiento de la rumia y los diferentes valores de la eficiencia de la fibra detergente neutra en la ración totalmente mezclada en vacas Holstein altas productoras.....	22
Figura 4. Relación entre la masticación (rumia) y la producción de leche en vacas Holstein altas productoras.....	23

## **RESUMEN**

### **EFFECTO DE LA EFICACIA FÍSICA DE LA RACIÓN SOBRE LA RUMIA Y PRODUCCIÓN EN DOS RAZAS LECHERAS EN PERIODO FRESCO Y DE ALTA PRODUCCIÓN**

**ZULEYMA MONTELONGO GUTIÉRREZ**

Maestro en Ciencias en Producción Agropecuaria

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

Dr. Pedro Robles Trillo

Director de tesis

El objetivo fue evaluar el efecto de la eficacia física de la ración sobre parámetros nutricionales y productivos en dos razas lecheras en dos periodos. El estudio se realizó en el establo Paredones (N 25° 15"; O 103° 28") ubicado en la Comarca lagunera Los datos fueron analizados mediante un análisis de correlación para determinar el grado de asociación entre ellas y a través de un análisis de regresión lineal correlacionamos la producción lechera con el consumo de materia seca, rumia. Se determinó también la media y el error estándar a cada una de las variables evaluadas. Se utilizó el software estadístico minitab 18.

En vacas frescas Holstein entre masticación (rumia) y producción de leche se encontró una correlación negativa significativa ( $p=0.03$ ) el cual demostró que a menor cantidad de masticación (rumia), la producción de leche es mayor lo que indica que el tamaño de partícula más eficiente es menor 1.18 mm. Mientras que para las vacas frescas jersey se encontró una correlación negativa significativa ( $p=0.03$ ) el cual demostró a menor cantidad de masticación (rumia), la producción de leche es mayor lo que indica que el tamaño de partícula más eficiente es menor 1.18 mm.

Por lo tanto, en vacas altas Holstein el consumo de materia seca la correlación fue altamente significativa ( $p=0.01$ ) con eficiencia física de la fibra detergente neutro de la ración totalmente mezclada en las cribas de 19mm al igual que con la masticación (rumia), sin embargo, con las cribas de 8 y 1.18 mm la correlación fue negativa. Lo cual indica que entre más pequeña es el tamaño de la partícula el CMS disminuye. Mientras que en vacas altas jersey el consumo de materia seca la correlación fue significativa ( $p=0.05$ ) con eficiencia física de la fibra detergente neutro de la ración totalmente mezclada en las cribas de 8 y 1.18mm., al igual que con la masticación (rumia).

Se encontraron efectos positivos de la eficacia de la ración sobre el consumo de la materia seca y la rumia; la producción de leche también fue afectada por el tamaño de las partículas tanto en vacas Holstein como en la Jersey altas productoras; se acepta la hipótesis planteada en el trabajo.

**Palabras clave:** *Eficacia física de la fibra neutro detergente, Rumia, Consumo de materia seca y Fibra Detergente Neutro*

## **ABSTRACT**

EFFECT OF THE PHYSICAL EFFICACY OF THE RATION ON RUMINATION  
AND PRODUCTION IN TWO DAIRY BREEDS IN THE FRESH PERIOD AND  
WITH HIGH PRODUCTION

ZULEYMA MONTELONGO GUTIÉRREZ  
Master Science in Agricultural Production

AUTONOMOUS AGRARIAN UNIVERSITY ANTONIO NARRO

Dr. Pedro Antonio Robles Trillo

Advisor

The objective was to evaluate the effect of the physical efficiency of the ration on nutritional and productive parameters in two dairy breeds in two periods. The study was carried out in the Paredones stable (N 25° 15"; W 103° 28") located in the Comarca lagunera. The data were analyzed through a connection analysis to determine the degree of association between them and through a regression analysis. We linearly correlated milk production with dry matter intake, rumination. The means and the standard error will also be increased for each of the variables evaluated. Minitab 18 statistical software was extracted.

In fresh Holstein cows, between chewing (rumination) and milk production, a significant negative connection was found ( $p=0.03$ ), which suggests that the lower the amount of chewing (rumination), the milk production is greater, which indicates that the size of most efficient particle is smaller than 1.18 mm. While for fresh jersey cows a significant negative connection was found ( $p=0.03$ ) which occurred at a lower amount of chewing (rumination), milk production is higher, which indicates that the most efficient particle size is less than 1.18 mm.

Therefore, in tall Holstein cows, the dry matter intake was highly significant ( $p=0.01$ ) in coincidence with physical efficiency of the neutral detergent fiber of the fully mixed ration in the 19mm sieves as well as chewing (rumination), however, with the 8 and

1.18 mm screens the consequence was negative. Which indicates that the smaller the particle size, the CMS decreases. While in jersey cows the dry matter intake was significant ( $p < 0.05$ ) with the physical efficiency of the neutral detergent fiber of the fully mixed ration in the 8 and 1.18mm sieves, as with mastication. (rumia).

Positive effects of ration efficiency on dry matter intake and rumination were found; Milk production was also affected by particle size in both Holstein and Jersey high-producing cows; the hypothesis proposed in the work is accepted.

**Keywords:** *Physical efficiency of neutral detergent fiber, Rumination, Dry matter intake and Neutral Detergent Fiber.*

## **INTRODUCCIÓN**

La Comarca Lagunera es una región de alto potencial productivo en la especie bovina lechera, debido a que es la cuenca lechera mas grande de toda Latinoamérica según datos del (SIAP 2021), con una producción lechera anual de 987,983.063 (SIAP 2021) lo anterior sería imposible si no existieran raciones adecuadas que en calidad física y química lograran cubrir las necesidades nutricionales de esta especie en las diferentes etapas fisiológicas (Cita XXXX). En esta región del país los productores lecheros se enfrentan a la problemática de la heterogeneidad de la eficiencia alimenticia del ganado lechero consecuencia de que el alimento representa la mayor parte de los costos operativos en la producción lechera. (B. Li. *et al.*, 2019). Tomando en cuenta de que el más grande de los retos en la alimentación es el maximizar el consumo de forma voluntaria, ya que se encuentran influenciados por el ambiente ruminal, ya que debe tener ciertas especificaciones para mantener su funcionamiento normal y maximizar la utilización de los nutrientes por parte de los microorganismos que ahí se encuentran (Guevara, 2012). En este sentido un indicador de bienestar animal es el comportamiento del rumiante normal. (Radostits *et al.*, 2007), por lo tanto, el segundo comportamiento más común es la rumia (Kilgour, 2012), la cual es inducida por la estimulación táctil de las paredes ruminales (Inzumi *et al.*, 2014). Los rumiantes pueden utilizar los nutrientes de la digestión del material fibroso y pueden convertirlos en productos para la nutrición humana (Burns, 2008). Tomando en cuenta los hallazgos anteriormente mencionados llevamos a cabo un estudio, en el cual establecimos la hipótesis de trabajo de que la eficacia física de la ración podría mejorar la rumia y producción en dos razas lecheras en periodo fresco y de alta producción en un establo en la Comarca Lagunera.

### ***Hipótesis***

La eficacia física de la ración podría mejorar la rumia y producción en dos razas lecheras en periodo fresco y de alta producción

***Objetivo general***

Evaluar el efecto de la eficacia física de la ración sobre parámetros nutricionales y productivos en dos razas lecheras en dos periodos.

### ***Objetivos específicos***

Correlacionar el efecto de la eficacia física de la ración sobre la rumia en dos razas lecheras en periodo fresco y de alta producción.

Evaluar el efecto de la eficacia física de la ración sobre la producción en dos razas lecheras en periodo fresco y de alta producción.

## **REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 Determinación del tamaño de partícula cribas de Penn state**

El separador de partículas Penn State es un método rápido y efectivo utilizado para estimar el tamaño de las partículas contenidas en la ración (Lammers, 1996).

El tamaño de partícula es el factor principal que determina la cantidad y la función de la FDNfe para estimular la masticación, la secreción de saliva y neutralizar los ácidos producidos durante la fermentación y lograr mantener el pH dentro del rango óptimo (Asadi-Alamouti *et al.*, 2009).

Éstos ácidos pueden causar que el pH ruminal caiga por debajo de 5.8 produciéndose una acidosis ruminal subaguda (Graf *et al.*, 2005). La acidosis ruminal subaguda es un gran problema para la industria láctea en términos de eficiencia de la producción perdida, aumento del costo de tratar a los animales enfermos, y la reducción de longevidad de la vaca (Nocek, 1997).

El riesgo de acidosis es mayor cuando el suplemento rico en carbohidratos no estructurales se administra en una o dos tomas diarias, y disminuye en la administración con collares magnéticos o en raciones completas mezcladas (Guevara, 2012).

Es posible que las partículas finas que contienen la dieta baja NDF son comidas primero debido a su buena palatabilidad seguido de las partículas más gruesas con una ingesta de más de NDF (Kononoff *et al.*, 2003). La FDN es un factor importante que afecta el consumo de alimento y el llenado del rumen en vacas altas productoras (Kemdall *et al.*, 2009), Nasrikkahi *et al.*, (2014), menciona que la actividad de masticación mejora con el aumento de la FND físicamente efectivo en la dieta, una vez que es consumido, también mejora el pH ruminal y el porcentaje de grasa en la leche.

## **2.2 Eficacia física de la fibra detergente neutro de la ración totalmente mezclada**

Un desafío importante para los sistemas de alimentación de alta producción de las vacas lecheras es cómo conciliar la alimentación de energía de las dietas densas con cantidades fibra detergente neutro (peNDF) adecuadas en la dieta físicamente efectiva (Zebeli *et al.*, 2012).

La FDNfe influye en el consumo de materia seca, en la eficacia digestiva, en la estratificación de la digestibilidad y en la formación de la maraña ruminal, en la rumia, en la secreción de saliva que neutraliza los ácidos de la fermentación, en el pH ruminal previniéndose una acidosis ruminal subaguda y ayuda a crear condiciones ruminales favorables para el crecimiento de las bacterias (Mertens, 1997; Yang y Beauchemin, 2009; Zebeli *et al.*, 2009)

Una dieta alta en FDNfe puede tener efectos negativos sobre el consumo porque es limitado y se afecta la eficacia alimenticia (Asadi-Alamouti *et al.*, 2009).

El concepto de Fibra detergente neutro físicamente efectiva (FDNfe) incluye el contenido de fibra y el tamaño de partícula (Yang y Beauchemin, 2007; 2009; Zebeli *et al.*, 2008; Arzola-Alvarez *et al.*, 2010) y por eso es más eficiente para predecir las condiciones ruminales (Zebeli *et al.*, 2010). La FDNfe se define como las características físicas de la fibra que influyen en la masticación y la naturaleza bifásica del contenido ruminal (maraña flotante de partículas largas sobre una de líquido y partículas chicas) (Mertens, 1997).

La alta ingesta de carbohidratos que son fáciles de fermentar puede resultar indirectamente en una disminución del tiempo de rumiación por una mayor cantidad de concentrado en la dieta, por lo general La relación del pH con la FDNfe se ve afectada por varios factores del animal o de la dieta como la fuente de forraje, la fuente de concentrado, el valor acidogenico, la frecuencia en la alimentación y la inclusión de amortiguadores inorgánicos (Plaizier *et al.*, 2009).

En algunos estudios realizados en vacas se observó que el incremento en la FDNfe causa un aumento en la grasa de la leche, pero disminuye la proteína; pero en otros

estudios no se observaron efectos sobre la composición de la leche (Yang y Beauchemin, 2006).

### **2.3 Ingesta de materia seca**

El uso óptimo de la dieta depende de la composición química y las características físicas de la ración (Mertens, 1997), y son medidas a través de la fibra efectiva (Kononoff y Heinrichs, 2003; Krause y Combs, 2003).

Por lo tanto, a menudo se procesan forrajes físicamente para maximizar la ingesta de vacas para mejorar la preservación y características del método, como en el caso de los ensilajes. Además, picado de forrajes finamente ayuda a prevenir la clasificación de la TMR (DeVries *et al.*, 2008).

Los forrajes que más predominan en una TMR, es la alfalfa y el ensilaje de maíz, el cual debe contener un tamaño adecuado, ya que se ha demostrado que las vacas lecheras consumen selectivamente sus raciones alimenticias (Maulfair *et al.*, 2010) y la producción de ácido en el rumen puede influir en la alimentación y motivar a las vacas a comer partículas más gruesas, la cual puede aumentar la variación del pH ruminal y la disponibilidad de nutrientes (Nasrollahi *et al.*, 2014).

El pH ruminal varía principalmente según el tipo de alimento, la forma y frecuencia como es ofrecido; las raciones altas en carbohidratos no estructurales disminuyen el pH, mientras que las dietas ricas en carbohidratos estructurales tienden a regularlo en su límite superior (Guevara, 2012).

Los ácidos grasos volátiles (AGV) son los productos finales de la fermentación microbiana en el rumen y éstos son absorbidos a través de la pared ruminal y utilizados para la síntesis bioquímica de productos que sirven como fuente de energía, depositados como grasa corporal o sintetizados en grasa de la leche. El porcentaje de grasa en la leche aumenta cuando hay una efectividad de la fibra, salivación y masticación mayores, lo que puede aumentar el pH y la digestión de la fibra (Kowsar *et al.*, 2008).

Los hidratos de carbono fibrosos constituyen la fibra vegetal. Desde el punto de vista químico, la fibra es un agregado de componentes que no constituyen una

entidad propia, y que se compone de un entramado tridimensional de celulosa, hemicelulosa y lignina, pero frecuentemente se le asocian minerales y otros componentes (Van Soest, 1982).

#### **2.4 Masticación o Rumia**

La rumiación es el proceso de regurgitación, remasticación, salivación y deglución de la ingesta para reducir el tamaño de partícula de los alimentos y mejora la digestión de la fibra (Welch, 1982; Beauchemin, 1991). Aunque la mayor parte de la rumiación tiene lugar mientras las vacas están tumbadas, la rumia también tiene lugar simultáneamente con actividades tales como estar de pie, caminar, rascarse, orinar, defecar y enfermería (Beauchemin, 1991).

La regurgitación y la rumia producen sonidos característicos que son grabadas por un micrófono, procesadas y almacenado digitalmente. Los datos se calculan y resumen en intervalos de 2 horas y almacenado en la memoria del registrador hasta por 24 hs. (Schirmann et al., 2009).

En el ganado bovino la función del rumen está relacionada con las acciones digestivas, los cuales incluyen la masticación, la descomposición de partículas, el tamaño de tragado y la fermentación en el rumen (gregorini *et al.*, 2013; derrick *et al.*, 1993). Por eso la rumia se considera importante para la digestión del rumen, ya que su función principal es facilitar la digestión mediante la reducción del tamaño de la partícula para su descomposición (Murphy *et al.*, 1983).

La descomposición de las partículas durante la ingestión y la rumia, facilita la colonización microbiana, para producir partículas del forraje y así poder pasar por el orificio retículo-omasal (gregorini *et al.*, 2013; Gil et al., 1996). Por esa razón al utilizar un tamaño pequeño de partículas en la dieta, nos ayuda aumentar la actividad de masticación, el cual estimula la secreción de saliva, ya que la función principal de la masticación es mezclar la comida con la saliva, y esta a su vez se rompe en pequeñas partículas, que son alimentos secos que puede tragar fácilmente el rumiante y así, aumentar el potencial del rumen para neutralizar los ácidos (Mohammadzadeh *et al.*, 2013; Gill et al., 1996), por eso es necesario, que

los forrajes contengan menor contenido de fibra, para que aumente la eficiencia de la masticación y a su vez tener mayor rotación en el rumen y fermentación (gregorini *et al.*, 2013).

Las mordeduras grandes requieren más manipulación bucal y masticación antes de tragar, lo que ocasiona que haya una disminución de la velocidad de la mordedura, reduciendo la tasa de ingesta (gregorini *et al.*, 2013; Laca and demment., 1991).

Una dieta baja en fibra efectiva conduce a una masticación menor, por lo tanto hay menos salivación, un pH más bajo, se altera la fermentación, disminuye la proporción acetato: propionato y hay una cantidad menor de grasa en la leche (Mertens, 1997). Por eso no es recomendable una alimentación con dietas excesivamente fermentable, ya que nos puede causar un trastorno metabólico en los hatos lecheros de alta producción, conocido como acidosis ruminal subaguda, la cual causa una disminución en la ingesta de alimentos, diarrea y abscesos hepáticos entre otros (Gao y Oba. 2014).

Gill *et al.*, (1996) mencionan que una vaca que tiene un mayor número de movimientos mandibulares por kg de alimento produce partículas más grandes de tragado de alimento, los resultados de sus experimentos demostraron que las dietas con un alto número de movimientos mandibulares por kg de alimento son asociadas con el tamaño de partícula del alimento ingerido, debido a que durante la comida el tamaño de la partícula de alimento deglutido fue mayor que al principio, eso se asocia con un menor número de movimientos mandibulares por bolos más ligeros y deglución más rápida, a diferencia de una partícula más grande la cual es más rápida de tragar, provocado mayor movimientos mandibulares por minuto, pero no por bolo, la tasa de tragar alimentos se relaciona con el suministro abundante de saliva al comienzo de la comida, lo que puede permitir ser tragado más rápidamente (Gill *et al.*, 1996; Denton, 1957).

El alimento de subproductos contiene fibra rica no forrajera, este producto se puede utilizar en lugar del forraje o concentrado de alta calidad, debido a su

proporción de fibra digerible y su menor costo para la alimentación en vacas lecheras, sin embargo, estos subproductos, aunque tengan un contenido de fibra mayor, no es suficiente para estimular la masticación, porque su fibra es menos efectiva (izumi *et al.*, 2014).

El sistema de monitoreo de rumia Hi-Tag (SCR) proporciona datos de salida para el tiempo de rumia, los intervalos entre la regurgitación de bolos y tasa de masticación. El sistema consta de registradores de rumia, lectores estacionarios o móviles, y software para procesar los registros electrónicos. (Schirmann *et al.*, 2009).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.1 Ubicación del área experimental**

El estudio se realizó en el establo Paredones (N 25° 15"; O 103° 28") ubicado en la Comarca lagunera, que presenta un clima semidesértico, el cual tiene una altura de 1129 m sobre el nivel del mar, y una temperatura anual promedio de 27°C, alcanzando una temperatura máxima de 43°C en verano y una temperatura mínima de -5°C en invierno. Presenta una humedad relativa promedio de 58%, con una máxima de 83% y una mínima de 29% con una precipitación anual de 230 mm (CONAGUA, 2014) se presentan vientos de 5 Km/h y la evaporación es de 2500 mm anual, el periodo del estudio comprendió del 8 al 17 de junio del 2016.

### **3.2 Animales**

Se utilizaron para este experimento 613 vacas, 293 de la raza Holstein y 320 de la raza Jersey, con más de un parto con un promedio general por vaca, considerándose altas productoras aquellas que tienen una producción de 21 días a 120 días en leche, vacas frescas a las que tengan de 0 a 21 días en leche. En ambos casos las vacas fueron alimentadas con una ración que contenía el 17% de PC, 30% de FDN y una relación forraje concentrado de 60%-40%.

El estudio se llevó a cabo en época de verano (8 al 17 de junio), con un muestreo de 10 días.

### **3.3 Recolección de muestras para determinar la efFDN**

Las muestras de la ración fueron colectadas al momento de servir el alimento a las vacas, alrededor de 600-800 gramos de ración por muestra. Se consideró que al momento del muestreo no existiera contacto entre el alimento y la vaca. El muestreo se realizó con tres repeticiones al inicio, mitad y final del tirado del alimento por el carro mezclador, las vacas Altas Holstein tuvieron 3 servidas al día, mientras que las altas jersey tuvieron dos al día, las vacas frescas Holstein y jersey tuvieron dos servidas al día. Tomándose las muestras directo del comedero, limpiado anteriormente el segmento del comedero de donde se recolecto la muestra. (Arzola-Álvarez *et al.*, 2010).

### **3.4 Determinación de la distribución del tamaño de partícula de la RTM**

La separación de las partículas de la ración según su tamaño fue usando el separador de partículas del Estado de Pensilvania (Peen State Particle Separator) conformado por una criba superior de 19 mm, seguida de una de 8 mm y la criba de acero de 1.18 mm y finalmente la bandeja inferior de plástico como base. Una muestra (600-800 gr) se colocó en la criba de 19 mm.

El procedimiento de tamizado implicó 5 movimientos verticales, de aproximadamente 30 cm para cada lado de la caja y dando dos vueltas completas a la caja (5x4X2), dando como resultado un total de 40 movimientos. Previendo así, con la rotación, la aglomeración de las partículas. Las cantidades de muestra de cada criba fueron expresadas como un porcentaje del total de la muestra. (Heinrichs and Kononoff, 2002).

### **3.5 Determinación de Materia seca**

Se calculó la materia seca en el laboratorio de bromatología de la universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, donde se sometieron las muestras del sobrante dentro de un horno, por un lapso de 24 horas a 100°C.

### **3.6 Determinación de la Eficacia Física de la RTM (Ración Totalmente Mezclada)**

Se sometieron a cribado la muestra con los movimientos antes descritos. Se determinó el porcentaje detenido en cada nivel de criba, tomando como un 100% el total de la muestra. Para determinar la eficacia física a dos cribas ( $ef_2$ ), se sumaron los porcentajes obtenidos en la criba de 19 mm y 8 mm y se dividieron entre 100. La eficacia física a tres cribas ( $ef_3$ ), se obtuvo al sumar los porcentajes de las cribas de 19 mm, 8 mm y 1.18 mm y dividirlo entre 100.

### ***3.7 Determinación de la eficacia física de la fibra detergente neutro (efFDN) de la RTM***

La efFDN, se calculó al multiplicarse la ef (como se describió anteriormente) por la FDN de la ración, la cual se determinó en el laboratorio de la UAAAN y se utilizó la metodología según (Leal et al., 2010), utilizando equipo Digestor/Analizador ANKOM 200/220 y estufa con temperatura regulada a 105 °C.

### ***3.8 Determinación de la masticación de las vacas***

En ambos grupos de vacas, la masticación se realizó diariamente utilizando detectores electrónicos de rumia (SCR, Allflex) en cada una de las vacas, los cuales registraron, los movimientos de masticación durante las 24 horas del día.

### ***3.9 Análisis estadístico de la información***

Las variables evaluadas se analizaron mediante un análisis de correlación para determinar el grado de asociación entre ellas y a través de un análisis de regresión lineal correlacionamos la producción lechera con el consumo de materia seca, rumia. Se determinó también la media y el error estándar a cada una de las variables evaluadas. Se utilizó el software estadístico minitab 18.

## **RESULTADOS**

### **Vacas frescas Holstein**

Los resultados en el tamaño de las partículas del forraje extraído del comedero de las vacas frescas Holstein tuvieron efectos según las cribas de penn state utilizadas (Cuadro 1). El valor más alto en el tamaño de las partículas con 33.50 g fue encontrado cuando se procesó a tres cribas (1.18mm), a dos cribas se obtuvo 19.95 g y el valor más bajo, con 4.69 g, en promedio, lo presentó el forraje procesado con una criba (19mm).

El valor de la rumia determinada en los diferentes días de estudio, fue diferente en cada uno de ellos y fluctuó entre 288.07 y 443.19; siendo el valor promedio de 406.27 masticaciones (rumia) durante los 10 días estudiados. El consumo de materia seca (CMS) por parte de la vaca vario entre 820.48 y 930.48 kg por día, siendo en promedio de 406.27 kg respectivamente. Finalmente, la producción de leche por día vario de 3.15 y 28.52 litros, teniendo un valor en promedio de 17.72 litros de leche producidos por día.

**Cuadro 1. Tamaño de partículas (efFDN RTM), rumia (masticaciones por día), consumo de materia seca (CMS) y producción, según las diferentes cribas utilizadas para procesar el forraje en vacas frescas Holstein**

<b>Día</b>	<b>efFDN RTM 1</b>	<b>efFDN RTM 2</b>	<b>EfFDN RTM 3</b>	<b>CMS</b>	<b>Rumia</b>	<b>Producción</b>
<b>1</b>	4.52	18.85	33.74	18.14	345.14	20.06
<b>2</b>	4.44	19.06	32.31	19.18	386.17	21.33
<b>3</b>	6.27	20.03	32.10	19.39	402.91	20.71
<b>4</b>	3.93	17.78	29.30	19.18	413.91	16.47
<b>5</b>	6.30	19.34	32.26	17.09	421.94	16.25
<b>6</b>	4.71	21.07	34.64	18.14	429.99	15.69
<b>7</b>	4.96	23.58	37.89	19.18	436.40	14.69
<b>8</b>	7.31	24.38	38.05	19.39	441.69	4.25
<b>9</b>	5.61	19.79	31.13	18.97	445.66	1.61
<b>10</b>	6.29	22.06	37.98	18.97	449.69	1.59
<b>Promedio</b>	5.44	20.59	33.94	18.76	417.35	13.26

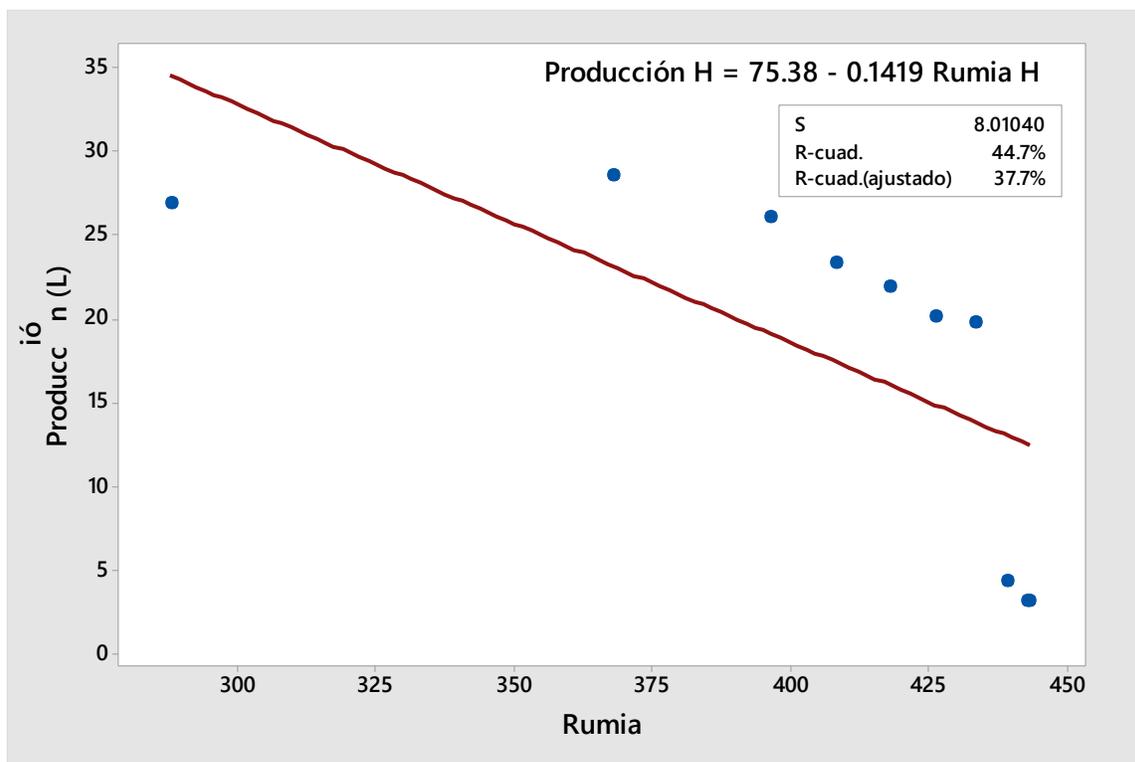
efFDN RTM1 = Eficacia física de la fibra detergente neutro de la ración totalmente mezclada a una criba (19mm); efFDN RTM 2 = Eficacia física de la fibra detergente neutro de la ración totalmente mezclada a dos cribas (8mm); efFDN RTM 3 = Eficacia física de la fibra detergente neutro de la ración totalmente mezclada a tres cribas (1.18mm); CMS = Consumo de materia seca (kg).

Entre masticación (rumia) y producción de leche se encontró una correlación negativa significativa ( $p=0.03$ ) (cuadro 2) el cual demostró que para vacas frescas Holstein, a menor cantidad de masticación (rumia), la producción de leche es mayor lo que indica que el tamaño de partícula más eficiente es menor 1.18 mm (figura 1).

**Cuadro 2. Análisis de correlación de las variables de estudio en vacas frescas Holstein**

	efFDN RTM 1	efFDN RTM 2	efFDN RTM 3	CMS (kg)	Rumia (masticación)
efFDN RTM 1	0.357				
	0.311				
efFDN RTM 2	-0.115	0.779**			
	0.752	0.008			
CMS H	0.217	0.388	0.033		
	0.547	0.269	0.927		
Rumia H	0.521	0.188	-0.251	0.212	
	0.123	0.604	0.485	0.556	
Producción de leche (L)	-0.577	-0.532	-0.211	-0.233	-0.668*
	0.081	0.114	0.558	0.518	0.035

efFDN RTM1 = Eficacia física de la fibra detergente neutro de la ración totalmente mezclada a una criba (19mm); efFDN RTM 2 = Eficacia física de la fibra detergente neutro de la ración totalmente mezclada a dos cribas (8mm); efFDN RTM 3 = Eficacia física de la fibra detergente neutro de la ración totalmente mezclada a tres cribas (1.18mm); CMS = Consumo de materia seca (kg).



**Figura 1. Comportamiento de la rumia y los diferentes valores de la eficiencia de la fibra detergente neutra en la ración totalmente mezclada en vacas frescas Holstein.**

### **Vacas frescas Jersey**

Los resultados en el tamaño de las partículas del forraje extraído del comedero de las vacas frescas Jersey tuvieron efectos según las cribas de penn state utilizadas (Cuadro 3). El valor más alto en el tamaño de las partículas con 33.94 % fue encontrado cuando se procesó a tres cribas (1.18mm), a dos cribas se obtuvo 20.59 % y el valor más bajo, con 5.44 %, en promedio, lo presentó el forraje procesado con una criba (19mm).

El valor de la rumia determinada en los diferentes días de estudio, fue diferente en cada uno de ellos y fluctuó entre 345.14 y 449.69; siendo el valor promedio de 417.35 masticaciones (rumia) durante los 10 días estudiados. El consumo de materia seca (CMS) por parte de la vaca vario entre 17.09 y 19.39 kg por día, siendo en promedio de 18.76 kg respectivamente. Finalmente, la producción de leche por día vario de 1.59 y 21.33 litros, teniendo un valor en promedio de 13.26 litros de leche producidos por día.

**Cuadro 3. Tamaño de partículas (efFDNRTM), rumia (masticaciones), consumo de materia seca (CMS) y producción, según las diferentes cribas utilizadas para procesar el forraje en vacas frescas Jersey**

Día	efFDN RTM 1	efFDN RTM 2	EfFDN RTM	CMS	Rumia	Producción
1	4.52	18.85	33.74	19.56	345.14	20.06
2	4.44	19.06	32.31	19.18	386.17	21.33
3	6.27	20.03	32.10	17.86	402.91	20.71
4	3.93	17.78	29.30	17.49	413.91	16.47
5	6.30	19.34	32.26	18.43	421.94	16.25
6	4.71	21.07	34.64	19.37	429.99	15.69
7	4.96	23.58	37.89	18.24	436.40	14.69
8	7.31	24.38	38.05	19.37	441.69	4.25
9	5.61	19.79	31.13	19.56	445.66	1.61
10	6.29	22.06	37.98	19.00	449.69	1.59
Promedio	5.44	20.59	33.94	18.81	417.35	13.26

efFDN RTM1 = Eficacia física de la fibra detergente neutro de la ración totalmente mezclada a una criba (19mm); efFDN RTM 2 = Eficacia física de la fibra detergente neutro de la ración totalmente mezclada a dos cribas (8mm); efFDN RTM 3 = Eficacia física de la fibra detergente neutro de la ración totalmente mezclada a tres cribas (1.18mm); CMS = Consumo de materia seca (kg).

Entre masticación (rumia) y producción de leche se encontró una correlación negativa significativa ( $p=0.03$ ) (cuadro 4) el cual demostró que para vacas frescas Jersey, a menor cantidad de masticación (rumia), la producción de leche es mayor lo que indica que el tamaño de partícula más eficiente es menor 1.18 mm.

**Cuadro 4. Análisis de correlación de las variables de estudio en vacas frescas Jersey**

	efFDN RTM 1	efFDN RTM 2	efFDN RTM 3	CMS (kg)	Rumia (masticación)
efFDN RTM 2	0.585				
	0.076				
efFDN RTM 3	0.463	0.911			
	0.178	0.000			
CMS (kg)	0.138	0.222	0.326		
	0.703	0.538	0.357		
Rumia (masticación)	0.490	0.587	0.369	-0.056	
	0.150	0.075	0.294	0.878	
Producción de leche (L)	-0.547	-0.516	-0.421	-0.375	-0.757*
	0.102	0.127	0.225	0.285	0.011

efFDN RTM1 = Eficacia física de la fibra detergente neutro de la ración totalmente mezclada a una criba (19mm); efFDN RTM 2 = Eficacia física de la fibra detergente neutro de la ración totalmente mezclada a dos cribas (8mm); efFDN RTM 3 = Eficacia física de la fibra detergente neutro de la ración totalmente mezclada a tres cribas (1.18mm); CMS = Consumo de materia seca (kg).

### Vacas Holstein altas productoras

Los resultados en el tamaño de las partículas del forraje extraído del comedero de las vacas altas Holstein, según el efecto de las cribas de penn state mostraron diferencias estadísticas significativas (Tukey, 0.05) (Cuadro 5). El valor más alto en el tamaño de las partículas con 36.08 g fue encontrado cuando se procesó a tres cribas (1.18mm), a dos cribas se obtuvo 21.36 g y el valor más bajo, con 3.41 g, lo presentó el forraje procesado con una criba (19mm).

El valor de la rumia determinada en los diferentes días de estudio, fue diferente en cada uno de ellos y fluctuó entre 518.20 y 549.35; siendo el valor promedio de 539 masticaciones (rumia) durante los 10 días estudiados. El consumo de materia seca (CMS) por parte de la vaca vario entre 21.48 y 22.45 kg por día, siendo en promedio de 22.07 kg respectivamente. Finalmente, la producción de leche por día vario de 32.91 y 34.70 litros, teniendo un valor en promedio de 33.73 litros de leche producidos por día.

**Cuadro 5. Tamaño de partículas (efFDNRTM), rumia (masticaciones por día), consumo de materia seca (CMS) y producción, según las diferentes cribas utilizadas para procesar el forraje en vacas Holstein altas productoras.**

Día	efFDN RTM 1	efFDN RTM 2	efFDN RTM 3	Rumia	CMS (kg)	Producción (L)
1	3.63	20.55	35.88	548.70	22.04	32.91
2	2.35	20.79	39.37	540.74	21.85	33.79
3	2.31	18.64	33.28	548.70	22.08	33.62
4	2.36	18.14	30.85	548.66	21.85	33.28
5	4.35	19.76	32.40	518.20	22.23	33.84
6	4.72	25.83	41.52	524.00	21.48	34.70
7	3.12	23.39	38.63	534.92	22.04	34.42
8	3.37	21.67	35.28	540.87	22.26	33.79
9	3.41	19.97	31.57	538.66	22.45	33.63
10	4.51	24.83	42.04	549.35	22.41	33.30
<b>Promedio</b>	<b>3.41</b>	<b>21.36</b>	<b>36.08</b>	<b>539.28</b>	<b>22.07</b>	<b>33.73</b>

efFDN RTM1 = Eficacia física de la fibra detergente neutro de la ración totalmente mezclada a una criba (19mm); efFDN RTM 2 = Eficacia física de la fibra detergente neutro de la ración totalmente mezclada a dos cribas (8mm); efFDN RTM 3 = Eficacia física de la fibra detergente neutro de la ración totalmente mezclada a tres cribas (1.18mm). CMS = Consumo de materia seca (kg).

Para determinar la relación entre las variables de estudio y específicamente la eficiencia correlación, en el Cuadro 6 se observan los valores obtenidos del coeficiente y el valor de significancia ( $p\text{-value} \leq 0.05$ ), los valores resaltados en verde se aceptan que existe correlación y esta será de la magnitud que indique el coeficiente.

En el consumo de materia seca la correlación fue altamente significativa ( $p=0.01$ ) con eficiencia física de la fibra detergente neutro de la ración totalmente mezclada en las cribas de 19mm al igual que con la masticación (rumia), sin embargo, con las cribas de 8 y 1.18 mm la correlación fue negativa. Lo cual indica que entre más pequeña es el tamaño de la partícula el CMS disminuye (Figura 2) lo que contrasta con un estudio realizado por Clark (2002) menciona que no hay efecto lineal del tamaño de la partícula sobre la producción y consumo de materia seca.

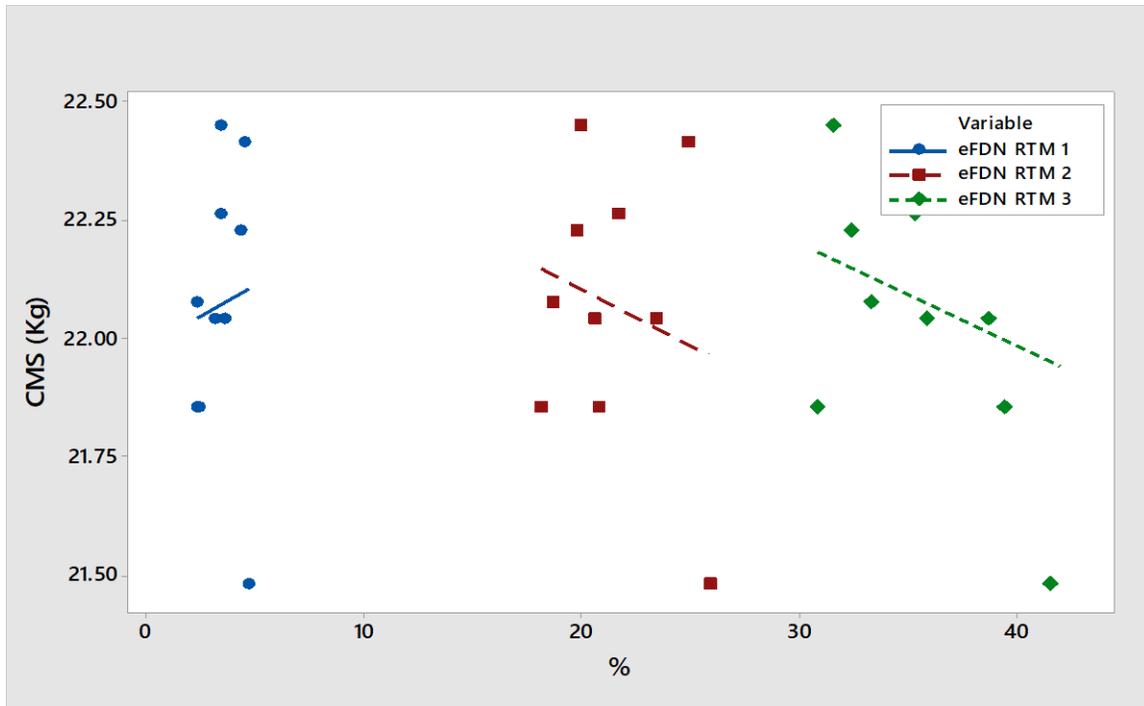
Se encontró una correlación negativa altamente significativa ( $p=0.01$ ) entre el número de masticaciones (rumia) y la eficiencia física de la fibra detergente neutro de la ración totalmente mezclada en las cribas de 19 y 8mm. Esto demuestra que a menor tamaño de partícula la rumia disminuye. (Figura 3)

Entre masticación (rumia) y producción de leche se encontró una correlación negativa significativa ( $p=0.002$ ) y  $R^2=0.70$ , el cual demostró que para vacas Holstein altas productoras, a menor cantidad de masticación (rumia), la producción de leche es mayor lo que indica que el tamaño de partícula más eficiente es menor 1.18 mm (figura 4).

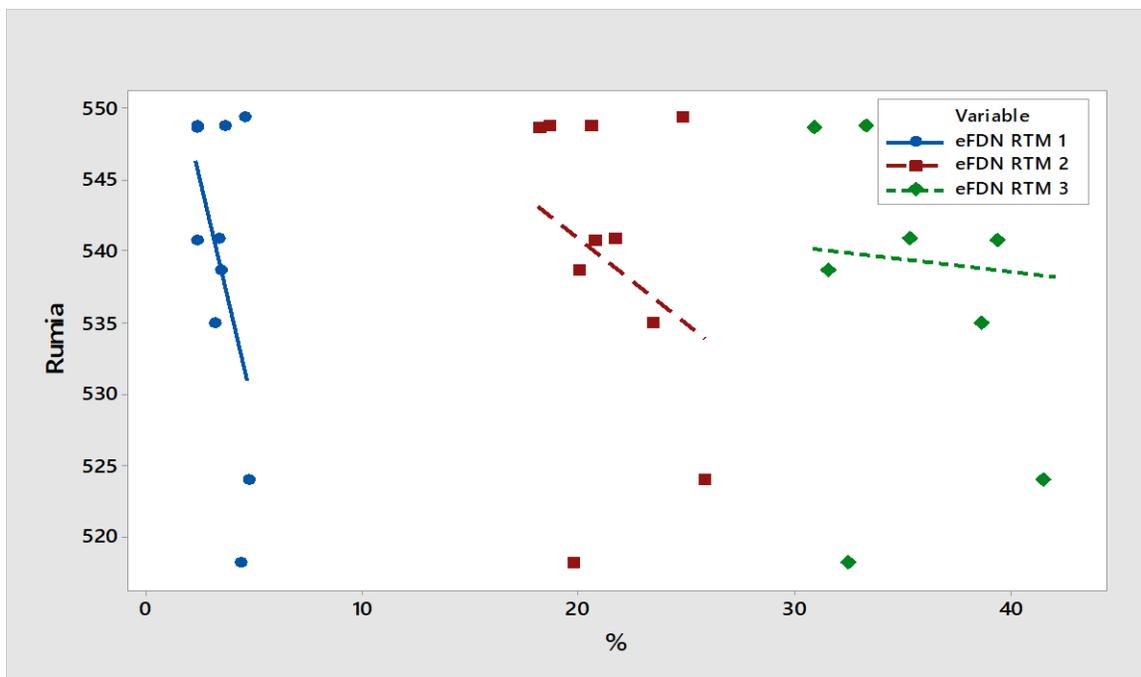
**Cuadro 6. Análisis de correlación de las variables de estudio en vacas Holstein altas productoras.**

	efFDN RTM 1	efFDN RTM 2	efFDN RTM 3	CMS (kg)	Rumia (masticaciones)
efFDN RTM 2	0.686**				
	0.000				
efFDN RTM 3	0.435**	0.891**			
	0.000	0.000			
CMS (kg)	0.082**	-0.207**	-0.303**		
	0.000	0.000	0.000		
Rumia (masticaciones)	-0.530**	-0.283**	-0.069	0.238**	
	0.000	0.000	0.177	0.000	
Producción de leche (L)	0.245	0.542	0.385	-0.460	-0.717*
	0.495	0.105	0.271	0.181	0.020

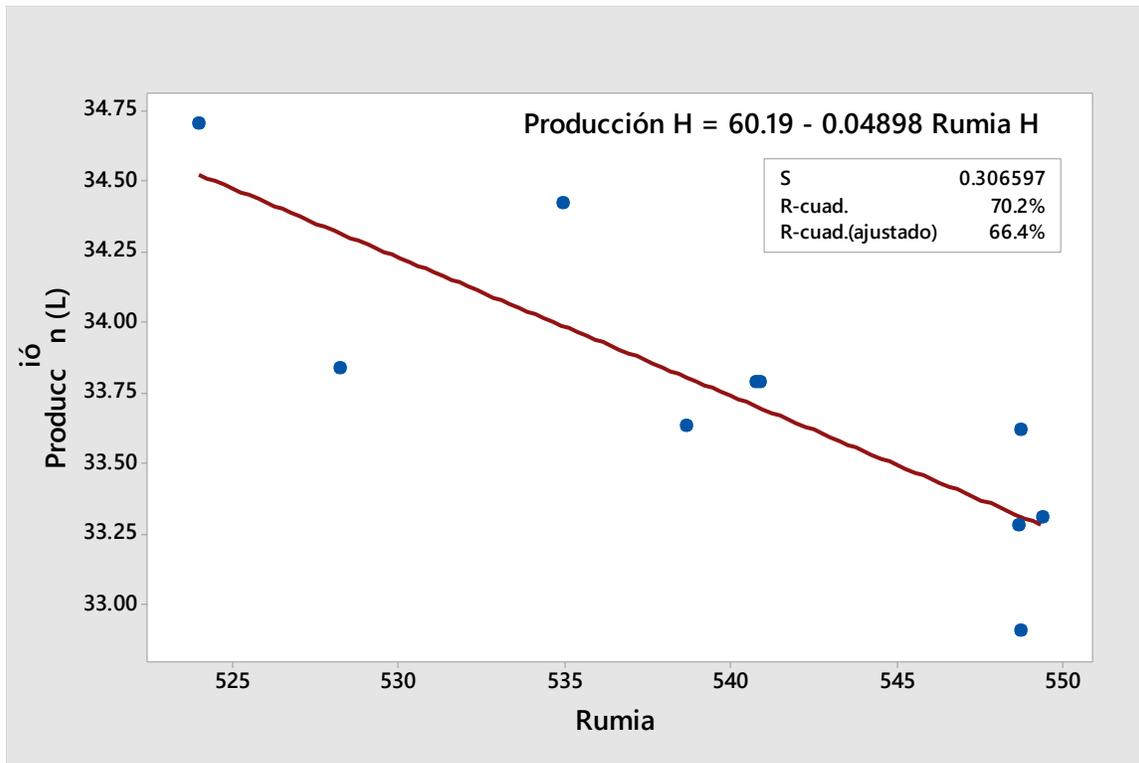
efFDN RTM1 = Eficacia física de la fibra detergente neutro de la ración totalmente mezclada a una criba (19mm); efFDN RTM 2 = Eficacia física de la fibra detergente neutro de la ración totalmente mezclada a dos cribas (8mm); efFDN RTM 3 = Eficacia física de la fibra detergente neutro de la ración totalmente mezclada a tres cribas (1.18mm); CMS = Consumo de materia seca (kg).



**Figura 2. Comportamiento del consumo de materia seca (CMS) y los diferentes valores de la eficiencia de la fibra detergente neutra en la ración totalmente mezclada en vacas Holstein altas productoras.**



**Figura 3. Comportamiento de la rumia y los diferentes valores de la eficiencia de la fibra detergente neutra en la ración totalmente mezclada en vacas Holstein altas productoras.**



**Figura 4. Relación entre la masticación (rumia) y la producción de leche en vacas Holstein altas productoras.**

#### **Vacas Jersey Altas productoras**

El tamaño de las partículas del forraje extraído del comedero de las vacas Jersey altas productoras fueron diferentes según el efecto de las cribas de penn state (Tukey, 0.05) (Cuadro 3). El valor más alto en el tamaño de las partículas con 34.81 g fue encontrado cuando se procesó a tres cribas (1.18mm), a dos cribas se obtuvo en promedio 20.78 g y el valor más bajo, con 3.24 g, lo presento el forraje procesado con una criba (19mm).

El valor de la rumia determinada en los diferentes días de estudio, fue diferente en cada uno de ellos y fluctuó entre 448.27 y 536.49; siendo el valor promedio de 494.55 masticaciones (rumia) durante los 10 días estudiados. El consumo de materia seca (CMS) por parte de la vaca vario entre 17.30 y 17.90 kg por día, siendo en promedio de 17.57 kg respectivamente. Finalmente, la producción de leche por día vario de 26.10 y 27.10 litros, teniendo un valor en promedio de 26.51 litros de leche producidos por día en esta raza de ganado (Jersey) (Cuadro 3).

**Cuadro 7. Tamaño de partículas (efFDNRTM), rumia (masticaciones por día), consumo de materia seca (CMS) y producción, según las diferentes cribas utilizadas para procesar el forraje en Vacas Jersey Altas productoras.**

<b>Día</b>	<b>efFDN RTM 1</b>	<b>efFDN RTM 2</b>	<b>efFDN RTM 3</b>	<b>CMS (Kg)</b>	<b>Rumia</b>	<b>Producción (L)</b>
1	4.26	23.66	39.33	17.48	527.17	26.19
2	3.05	23.97	38.93	17.89	448.27	26.55
3	3.05	23.95	38.91	17.90	448.28	26.54
4	2.07	16.17	27.91	17.30	505.40	26.10
5	3.47	18.38	28.88	17.30	524.70	26.10
6	4.72	22.02	37.28	17.34	536.49	27.10
7	2.68	19.63	35.84	17.67	461.70	27.00
8	3.77	20.70	34.62	17.74	530.43	26.53
9	2.55	18.03	29.17	17.48	503.72	26.86
10	2.83	21.28	37.24	17.63	459.37	26.14
<b>Promedio</b>	<b>3.24</b>	<b>20.78</b>	<b>34.81</b>	<b>17.57</b>	<b>494.55</b>	<b>26.51</b>

efFDN RTM1 = Eficacia física de la fibra detergente neutro de la ración totalmente mezclada a una criba (19mm); efFDN RTM 2 = Eficacia física de la fibra detergente neutro de la ración totalmente mezclada a dos cribas (8mm); efFDN RTM 3 = Eficacia física de la fibra detergente neutro de la ración totalmente mezclada a tres cribas (1.18mm). CMS = Consumo de materia seca (kg).

En el consumo de materia seca la correlación fue significativa ( $p=0.05$ ) con eficiencia física de la fibra detergente neutro de la ración totalmente mezclada en las cribas de 8 y 1.18mm., al igual que con la masticación (rumia) como se muestra en el cuadro 8.

**Cuadro 8. Análisis de correlación de las variables de estudio en vacas Jersey altas productoras.**

	efFDN RTM 1	efFDN RTM 2	efFDN RTM 3	CMS (Kg)	Rumia (masticaciones)
<b>efFDN RTM 2</b>	0.539				
	0.108				
<b>efFDN RTM 3</b>	0.475	0.946**			
	0.166	0.000			
<b>CMS (Kg)</b>	-0.138	0.640*	0.637*		
	0.704	0.046	0.047		
<b>Rumia (masticaciones)</b>	0.575	-0.315	-0.382	-0.724*	
	0.082	0.375	0.275	0.018	
<b>Producción (L)</b>	0.204	0.129	0.208	0.175	-0.040
	0.572	0.722	0.564	0.629	0.913

efFDN RTM1 = Eficacia física de la fibra detergente neutro de la ración totalmente mezclada a una criba (19mm); efFDN RTM 2 = Eficacia física de la fibra detergente neutro de la ración totalmente mezclada a dos cribas (8mm); efFDN RTM 3 = Eficacia física de la fibra detergente neutro de la ración totalmente mezclada a tres cribas (1.18mm); CMS = Consumo de materia seca (kg).

## **DISCUSIÓN**

Los resultados del presente estudio demuestran que la hipótesis de trabajo se acepta parcialmente debido a que la eficacia física de la ración influyó directamente al consumo de materia seca, la rumia y la producción de leche sin embargo esta situación solo presento en vacas altas productoras tanto de vacas Holstein y Jersey, dicha situación no se presentó en las vacas en periodo fresco de ambas razas; esta información coincide con lo reportado por (Asadi-Alamouti *et al.*, 2009; Bauchemin *et al.*, 2005) quienes llevaron a cabo estudios donde evaluaron el tamaño de la partícula en la ración en vacas de la raza Holstein sobre la masticación, producción de leche y encontraron que independientemente del tamaño de partícula del forraje, las fuentes de NDSF se puede incluir con éxito para reemplazar parcialmente los granos ricos en almidón en las dietas superando las recomendaciones mínimas de fibra; mientras tanto el siguiente autor demostró que el tiempo de masticación es afectado por muchos factores, sobre todo si el acceso al alimento está restringido, la ingesta de detergente neutro fibra de forrajes y tamaño medio de partícula de la dieta, tomando en cuenta que la masticación aumenta la secreción salival de las vacas lecheras, lo que ayuda a reducir el riesgo de acidosis.

Es posible que las partículas finas que contienen la dieta baja NDF son comidas primero debido a su buena palatabilidad seguido de las partículas más gruesas con una ingesta de más de NDF (Kononoff *et al.*, 2003). La FDN es un factor importante que afecta el consumo de alimento y el llenado del rumen en vacas altas productoras (Kendall *et al.*, 2009), Nasrollahi *et al.*, 2014, menciona que la actividad de masticación mejora con el aumento de la FND físicamente efectivo en la dieta, una vez que es consumido, también mejora el pH ruminal y el porcentaje de grasa en la leche.

En lo que respecta a la variable de rumia con respecto a la producción de leche, nuestros resultados muestran que tanto para las vacas en periodo fresco como las altas productoras para ambas razas tanto Holstein como Jersey existe un efecto negativo de la rumia con respecto a la variable dependiente, es decir la producción de leche disminuye a medida que se incrementa la rumia; esto muy probablemente

debido a que las hembras requieren más desgaste metabólico específicamente energético para el desdoble del bolo alimenticio, esta información coincide con lo reportado por (Kendall *et al.*, 2009) quienes determinaron cómo dietas de alimentación que diferían en detergente neutro dietético influyeron directamente en la concentración de fibra (FDN) y la digestibilidad *in vitro* del FDN afectan el consumo de materia seca (MS), la fermentación ruminal y la producción de leche en la lechería de lactancia temprana en vacas, en dicho estudio 12 vacas Holstein multíparas canuladas en el rumen vacas con un promedio de  $38 \pm 15$  d ( $\pm$  desviación estándar) en leche, y produciendo  $40 \pm 9$  kg de leche al día, se utilizaron en un diseño cuadrado latino  $4 \times 4$  replicado con 28-d. Y encontraron que la fermentación ruminal no se vio afectada por las dietas de alimentación que diferían en la digestibilidad de FDN. La tasa de pasaje de FND ruminal fue más lento para las vacas alimentadas con HD que con LD. Sin interacciones entre la concentración de NDF en la dieta y la digestibilidad *in vitro* de NDF se observaron para cualquier parámetro medido. Sin importar de la concentración de NDF en la dieta, aumento de NDF *in vitro* digestibilidad mejoró el consumo y la producción solo a principios de lactancia en vacas lecheras lo cual indica que existe una correlación directa de la rumia, la fermentación ruminal y la producción de leche, aquí estriba la importancia en la ración del tamaño de la partícula.

En este mismo sentido, como lo muestran nuestros resultados del consumo de materia seca, el tamaño de la partícula en la ración, enfocado a la eficiencia física de la misma está estrechamente relacionada a la composición de la dieta, quienes en un experimento evaluaron la influencia del tamaño de partículas sobre la efectividad de la fibra en el ensilado de maíz relativo a la del cultivo de heno, que consistía principalmente en alfalfa en forma de ensilaje en vacas Holstein, y reportaron resultados sin diferencias detectables en la rumia, total tiempo de masticación o concentración de grasa en la leche. Entre las dietas de ensilaje de maíz. En el año 1, producción de leche el consumo de componentes y materia seca fue mayor para vacas alimentadas con las cuatro dietas bajas en alfalfa, pero no hubo efecto debido al tamaño de partícula del ensilaje de maíz. En el año 2, aumentos lineales en los rendimientos de leche, grasa y proteína fueron observados

como el tamaño medio de partícula del ensilaje de maíz disminuido La reducción del tamaño de partícula del ensilaje de maíz no afectar el comportamiento de masticación.

Además es importante resaltar que la eficacia física de la ración también repercute en la calidad de la producción láctea lo cual resulta interesante poder descifrarlo en el sistema de producción predominante en la región Lagunera tal como lo demostró (Soita *et al.*, 2005) en su estudio donde tuvo como objetivo evaluar los efectos de la duración del ensilaje de maíz y relación forraje: concentrado (F:C) en rendimiento y perfiles de ácidos grasos en leche en vacas lecheras, a través de la disminución de la longitud de las partículas de forraje y la relación F:C aumentar el flujo de ácidos grasos insaturados al intestino delgado y la posterior transferencia de estos ácidos grasos insaturados ácidos en la leche.

El registro de la rumiación se realizó electrónicamente durante el período de tratamiento usando un dispositivo automático de detección de la rumia (SCR, ALLFLEX). El collar electrónico de la rumia es colocado en el cuello de la vaca y registra continuamente el tiempo de rumia a intervalos de 2 horas, durante las 24 horas del día, los 365 días del año, validado por Sherman y col. (Schirmann *et al.*,2009).

El incremento en la producción conlleva un significativo costo de energía, por lo tanto, el incremento en el número de ordeñas debe ser compensado con una ración balanceada que satisfaga esta nueva demanda energética. (Varner *et al.*,2012). Por desgracia, el tiempo requerido para ordeños adicionales reduce considerablemente la disponibilidad de tiempo para otras actividades, como el tiempo de echada de la vaca, tiempo de rumia y la alimentación en pesebre (Chapinal *et al.*,2007)

Se ha llegado a la conclusión de que las vacas ordeñadas 3 veces al día y con mayor producción, utilizan mejor los nutrientes de alimentación y experimentan una mayor tasa de catabolismo en los tejidos para lograr una mayor eficiencia en la producción (Amos *et al.*, 2005)

En caso contrario, Schirmann *et al.*, 2009 refiere a que cuando las vacas pasan más tiempo rumiando tienen una menor actividad de alimentación y, por tanto, con un Consumo de materia seca inferior, las vacas son incapaces de consumir alimento y rumiar simultáneamente, y la producción no será alta.

Con la culminación de este estudio podemos establecer la importancia del tamaño de la partícula en la ración en función de su eficiencia física y su relación con el consumo de materia seca, rumia y con la variable más importante dentro de un sistema de producción lechero de forma intensiva que es la producción de leche, con lo cual surgen preguntas científicas que pueden ser resueltas en próximas investigaciones donde manipulemos el tamaño de la partícula para ser más eficientes en la producción láctea.

### **CONCLUSIÓN**

Se encontraron efectos positivos de la eficacia de la ración sobre el consumo de la materia seca y la rumia; la producción de leche también fue afectada por el tamaño de las partículas tanto en vacas Holstein como en la Jersey altas productoras; se acepta la hipótesis planteada en el trabajo.

En vacas Holstein, la eficacia física de la ración efFDNRTM1 se correlaciono positivamente con el consumo de materia seca y negativamente con la rumia; sin embargo, la efFDNRTM2 presento correlación negativa con las variables CMS y rumia; finalmente la efFDNRTM3 fue negativo en la variable CMS. En vacas Jersey, la efFDNRTM2 y efFDNRTM3 presentaron correlación positiva únicamente en CMS.

**LITERATURA CITADA**

- AMOS, H.; KISER, T.; LOEWENSTEIN, M. Influence of milking frequency on productive and reproductive frequency on productive and reproductive efficiencies of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 68:732-739. 2005.
- ARZOLA-ÁLVAREZ, C., J. A. BOCANEGRA-VIEZCA, M. R., MURPHY, J., SALINAS-CHAVIRA, A., CORRAL-LUNA, A., ROMANOS, O., RUÍZ-BARRERA, Y C. RODRÍGUEZ-MUELA. Particle size distribution and chemical composition of total mixed rations for dairy cattle: Water addition and feed sampling effects. *Journal of dairy science* 2010, 93,4180-4188.
- ASADI ALAMOUTI, A., ALIKHANI, M., GHORBANI, G.R., ZEBELI, Q. Effects of inclusion of neutral detergent soluble fibre sources in diets varying in forage particle size on feed intake, digestive processes, and performance of mid-lactation holstein cows. *Animal Feed Science and Technology* 2009,154, 9-23.
- BEAUCHEMIN, K. A. Ingestion and mastication of feed by dairy cattle. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 1991, 7,439–462.
- BEAUCHEMIN, K. A., Y YANG, W.Z. Effects of physically effective fiber on intake, chewing activity, and ruminal acidosis for dairy cows fed diets based on corn silage. *Journal Dairy Science* 2005, 88, 2117-2129.
- BURNS, J.C. ASAS centennial paper: utilization of pasture and forage by ruminants: historical perspective. *Journal Animal Science* 2008, 86, 3647-3663.
- CAROLI, A.M., CHESSA, S., ERHARDT, G.J. Invited review: milk protein polymorphisms in cattle: effect on animal breeding and human nutrition. *Journal Dairy Science* 2009, 92(11), 5335-5352.
- CHAPINAL, N.; VEIRA, D.; WEARY, D.; VON KEYSERLINGK, M. Technical note: Validation of a system for monitoring individual feeding and drinking behavior and intake in group housed dairy cows. *J. Dairy Sci.* 990: 5732-5736. 2007
- DENTON, D.A. A gregarios fantor in the natural conditioned salivary reflexes of sheep "nature". 1957, 179(4555), 341-344.
- DERRICK, R.W., MOSELEY, G., WILMAN, D. Intake, by sheep, and digestibility of chickweed, dandelion, dock, ribwort and spurrey, compared with perennial ryegrass. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 1993, 120, 51-61.
- DEVRIES, T. J., DOHME, F., BEAUCHEMIN, K.A. Repeated ruminal acidosis challenges in lactating dairy cows at high and low risk for developing acidosis: Feed sorting. *Journal Dairy Science* 2008, 91, 3958– 3967.
- FIRKINS, J. L. Effects of feeding nonforage fiber sources on site of fiber digestion. *Journal of Dairy Science* 1997, 80, 1426–1437.

- GAO, X., OBA, M. Relationship of severity of subacute ruminal acidosis to rumen fermentation, chewing activities, sorting behavior, and milk production in lactating dairy cows fed a high-grain diet. *American Dairy Science Association* 2014, 97(5), 3006-3016.
- GILL, B.J., CAMPLING, R.C., WESTGARTH, D.R. A study of chewing during eating in the cow. *Br. J. Nutri* 1996, 20, 13-23.
- GRAF, C. M., KREUZER, M., DOHME, F. Influence of supplementing hay to grass once or three times per day on the effectiveness of the fibre as determined by changes in ruminal pH, chewing activity and milk composition of cows. *Animal Res* 2005, 54, 321-355.
- GRANT, R. J. Interactions among forages and non-forage fiber sources. *Journal of Dairy Science* 1997, 80, 1438–1446.
- GREGORINI, P., MINNEE, E.M.K., GRIFFITHS, W., LEE., J.M. Dairy cows increase ingestive mastication and reduce ruminative chewing when grazin chicory and platain. *American Dairy. Science Association* 2013, 96(12), 7798-77805.
- GUEVARA GARAY, L. A., GÓMEZ BOTERO, J. C., & ÁVILA LONDOÑO, L. E. Frecuencia de suplementación y pH ruminal en bovinos. *Revista Veterinaria y Zootecnia (On Line)* 2012, 6(2), 125-133.
- HEINRICHS, J., AND KONONOFF, P. Evaluando el tamaño de particular de forrajes y RTMs usando el Nuevo Separador de Particulas de forraje de penn state. Departamento de Ciencias Animales y LECHERAS DE LA Universidad Estatal de Pennsylvania. Extencion Cooperativa. *DAS* 2002, 02-42.
- IZUMI, K., MIWA, J., AND ISHIZUKA, K. Effect of a non-forage fiber of red bean hulls on ruminal mat characteristics, chewing activity and milk production in dairy cows. *Animal Science Journal* 2014, 85, 233-240.
- KENDALL, C., LEONARDI, C., HOFFMAN, P.C., AND COMBS, D.K. Intake and milk production of cows fed diets that differed in dietary neutral detergent fiber and neutral detergent fiber digestibility. *Journal Dairy Science* 2009, 92(1), 313-323.
- KHAFIPOUR, E., KRAUSE, D.O. AND PLAIZIER, J.C. Alfalfa pellet-induced subacute ruminal acidosis in dairy cows increases bacterial endotoxin in the rumen without causing inflammation. *Jornal Dairy Science* 2009, 92, 1712-1724.
- KILGOUR, R. J. In pursuit of “normal”: A review of the behavior of cattle at pasture. *Appl. Anim. Behav. Science* 2012, 138, 1–11.
- KONONOFF, P. J., HEINRICHS, A. J., LEHMAN, H. A. The effect of corn silage particle size on eating behavior, chewing activities, and rumen fermentation in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 2003, 86, 3343–3353.
- KONONOFF, P. J., HEINRICHS, A.J. The effect of reducing alfalfa haylage particle size on cows in early lactation. *Journal Dairy Science* 2003, 86, 1445-1457.

- KONONOFF, P.J., HEINRICHS, A.J., LEHMAN, H.A. The effect of corn silage particle size on eating behavior, chewing activities and rumen fermentation in lactating dairy cows. *Journal Dairy Science* 2003, 86, 3343–3353.
- KOWSAR, R., GHORBANI, G.R., ALIKHANI, M., KHORVASH, M., NIKKHAH, A. Corn silage partially replacing short alfalfa hay to optimize forage use in total mixed rations for lactating cows. *Journal Dairy Science* 2008, 91, 4755-4764.
- KRAUSE, K. M., AND COMBS, D.K. Effects of forage particle size, forage source, and grain fermentability on performance and ruminal pH in midlactation cows. *Journal Dairy Science* 2003, 86, 1382-1397.
- LACA, E., DEMMENT, M. The dilemma of foraging in a spatially heterogeneous food environment. *Herbivory* 19, 30-44. 91 CHECAR BIEN ESTÁ CITA
- LAMMERS, B. P., BUCKMASTER, D.R., AND HEINRICHS, A.J. A simple method for the analysis of particle sizes of forage and total mixed rations. *Journal Dairy Science* 1996, 79, 922–928.
- Li, B., VANRADEN, P.M., GUDUK, E., O'CONNELL, J.R., NULL, D.J., CONNOR, E.E., VANDERHAAR, M.J., TEMPERMAN, R.J., WEIGEL, K.A., COLE, J.B. Genomic prediction of residual feed intake in US Holstein dairy cattle. *Journal of dairy science association* 2020, 103(3), 2477-2486.
- MAULFAIR, D.D., ZANTON, G.I., FUSTINI, M., AND HEINRICHS, J. Effect of feed sorting on chewing behavior, production, and rumen fermentation in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 2010, 93(10), 4791-4803.
- MERTENS, D. R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *Journal Dairy Science* 1997, 80, 1463-1481.
- MOHAMMADZADEH, H., REZAYAZDI, K., NIKKHAH, A. Effects of inclusion of graded amounts of soya bean hulls on feed intake, chewing activity and nutrient digestibility in dairy cows. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 2013, 98, 476-482.
- MURPHY, M.R., BALDWIN, R.L., ULYATT, M.J., KOONG, L.J. A quantitative analysis of rumination patterns. *Journal of Animal Science* 1983, 56(5), 1236-1240.
- NASROLLAHI, S.M., GHORBANI, G.R., KHORVASH, M., & YANG, W.Z. Effects of grain source and marginal change in lucerne hay particle size on feed sorting, eating behaviour, chewing activity, and milk production in mid-lactation holstein dairy cows. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 2014, 98, 1110-1116.
- NOCEK, J. E. Bovine acidosis: Implication on laminitis. *Journal Dairy Science* 1997, 80, 1005–1028.

- PLAIZIER, J. C., KRAUSE, D.O., GOZHO, G.N., AND MCBRIDE, B.W. Subacute ruminal acidosis in dairy cows: The physiological causes, incidence and consequences. *The Veterinary Journal* 2009, 176, 21-31.
- RADOSTITS, O. M., GAY, C.C. INCHCLIFF, K.W., AND CONSTABLE, P.D. *Veterinary Medicine: A Textbook of the Diseases of Cattle, Horses, Sheep, Pigs and Goats*. 10th ed. Elsevier Publishing, New York, NY 2007. CHECAR SI ES UN ARTÍCULO.
- SCHIRMANN, K., VON KEYSERLINGK, M.A.G., M. WEARY, D.M, VEIRA, D.M, HEUWIESE, W. Validation of system for monitoring rumination in dairy cows. *Journal Dairy Science*. 2009. 92. 6052-6055. *Journal Dairy Science*.
- SIAP SERVICIO DE INFORMACIÓN AGROALIMENTARIA Y PESQUERA. (2020) Avance mensual de la producción pecuaria. Enero – Diciembre 2020. Consulta el 23 de septiembre de 2022. Disponible en: [http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance\\_siap\\_gb/pecAvanceEdo.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance_siap_gb/pecAvanceEdo.jsp)
- SOITA, H.W., CHRISTENSEN, D.A., AND MCKINNON, J.J. Influence of particle size on the effectiveness of the dinero in barley silage. *Journal of Dairy Science* 2000, 83(10), 2295-2300.
- TEIMOURIYANSARI, A., VALIZADEH, R., NASERIAN, A., CHRISTENSEN, D.A., YU, P., EFTEKHARISHAHROODI, F. Effects of alfalfa particlesize and specific gravity on chewing activity, digestibility, and performance of Holstein Dairy cows. *Journal Dairy Science* 2004, 87, 3912–3924.
- VAN SOEST, P. J., 1994: *Nutritional Ecology of the Ruminant*. Durham and Downey, Oregon, US.
- VARNER, M.; HALE, T.; CAPUCO, A.; SANDERS, E.; ERDMAN, R. Increasing milking frequency. *Adv. Dairy Technol.* 14: 265- 271. 2012.
- WELCH, J. G. Rumination, particle size and passage from the rumen. *Journal Animal Science* 1982, 54, 885–894.
- YANG, W. Z., AND BEAUCHEMIN, K.A. Effects of physically effective fiber on chewing activity and ruminal ph of dairy cows fed diets based on barley silage. *Journal Dairy Science* 2006, 89, 217-228.
- YANG, W. Z., AND BEAUCHEMIN, K.A. Increasing physically effective fiber content of dairy cow diets through forage proportion versus forage chop length: Chewing and ruminal ph. *Journal Dairy Science* 2009, 92, 1603-1615.
- YANG, W. Z., AND BEAUCHEMIN, K.A. Increasing the physically effective fiber content of dairy cow diets may lower efficiency of feed use. *Journal Dairy Science* 2006, 89, 2694-2704.
- YANG, W. Z., AND K. A. BEAUCHEMIN, K.A. Altering physically effective fiber intake through forage proportion and particle length: Chewing and ruminal ph. *Journal Dairy Science* 2007, 90, 2826-2838.

- YANG, W.Z., BEAUCHEMIN, K.A. Increasing the physically effective fiber content of dairy cows diets may lower efficiency of feed use. *Journal Dairy Science* 2006, 89, 2694–2704.
- ZEBELI, Q., AMETAJ, B.N., JUNCK, B., DROCHNER, W. Maize silage particle length modulates feeding patterns and milk composition in loose-housed lactating holstein cows *Livestock Science* 2009, 124, 33-40.
- ZEBELI, Q., DIJKSTRA, J., TAJAJ, M., STEINGASS, H., AMETAJ, B.N., DROCHNER, W. Modeling the adequacy of dietary fiber in dairy cows based on the responses of ruminal pH and milk fat production to composition of the diet. *Journal Dairy Science* 2008, 91, 2046-2066.
- ZEBELI, Q., MANSMANN, D., STEINGASS, H., AMETAJ, B.N. Balancing diets for physically effective fibre and ruminally degradable starch: A key to lower the risk of sub-acute rumen acidosis and improve productivity of dairy cattle. *Livestock Science* 2010, 127, 1-10.
- ZEBELI, Q., TAJAJ, M., STEINGASS, H., METZLER, B., AND DROCHNER, W. Effects of physically effective fiber on digestive processes and milk fat content in early lactating dairy cows fed total mixed rations. *Journal Dairy Science* 2006, 89, 651-668.
- ZEBELI, Q., ASCHENBACH, J.R., TAJAJ, M., BOGUHN, J., AMETAJ, B.N., DROCHNER, W. Role of physically effective fiber and estimation of dietary fiber adequacy in high-producing dairy cattle. *Journal Dairy Science* 2012, 95, 1041–1056.
- ZHAO, X. H., ZHANG, T., XU, M., AND YAO, J.H. Effects of physically effective fiber on chewing activity, ruminal fermentation, and digestibility in goats. *Journal Anim Science* 2011, 89, 501-509.