

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



**Determinación del coeficiente de correlación entre el consumo de materia
seca y la producción, composición láctea y eficiencia lechera en vacas
Holstein.**

POR

CRUZ OMAR ALDERETE LOERA

TESIS

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

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

TORREÓN, COAHUILA

JUNIO DEL 2016

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

Determinación del coeficiente de correlación entre el consumo de materia seca
y la producción, composición láctea y eficiencia lechera en vacas Holstein.

POR
CRUZ OMAR ALDERETE LOERA

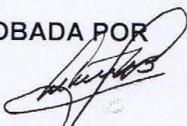
TESIS

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

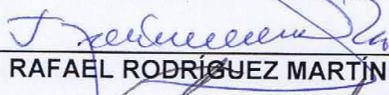
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

APROBADA POR

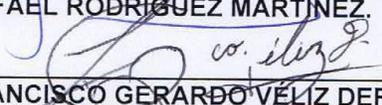
PRESIDENTE:


DR. PEDRO ANTONIO ROBLES TRILLO.

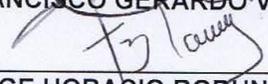
VOCAL:

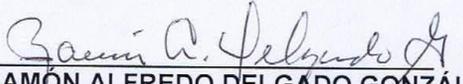

DR. RAFAEL RODRÍGUEZ MARTÍNEZ.

VOCAL:


DR. FRANCISCO GERARDO VELIZ DERAS.

VOCAL SUPLENTE:


IZ. JORGE HORACIO BORUNDA RAMOS.


MC. RAMÓN ALFREDO DELGADO GONZÁLEZ
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



TORREÓN, COAHUILA

JUNIO DE 2016

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

Determinación del coeficiente de correlación entre el consumo de materia seca
y la producción, composición láctea y eficiencia lechera en vacas Holstein.

POR
CRUZ OMAR ALDERETE LOERA

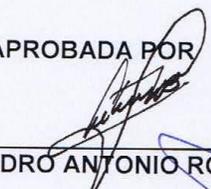
TESIS

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ DE ASESORÍA COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

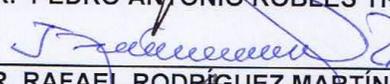
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

APROBADA POR

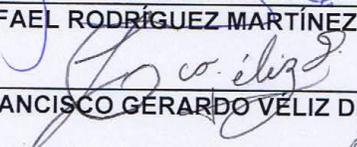
ASESOR PRINCIPAL:

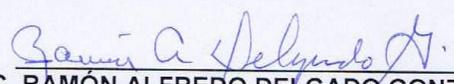

DR. PEDRO ANTONIO ROBLES TRILLO

ASESOR:


DR. RAFAEL RODRÍGUEZ MARTÍNEZ.

ASESOR:


DR. FRANCISCO GERARDO VÉLIZ DERAS


MC. RAMÓN ALFREDO DELGADO GONZÁLEZ
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



TORREÓN, COAHUILA

JUNIO DE 2016

AGRADECIMIENTOS

A la UAAAN-UL

Mi alma terra mater por darme la oportunidad de formarme para mi vida profesional, siempre estará en mi corazón.

A mi asesor Dr. Pedro Antonio Robles Trillo por su gran ayuda en la realización de este trabajo pues por él este culminó exitosamente.

A los siguientes profesores por haber aceptado participar en la presentación de mi examen profesional: Doctor Rafael Rodríguez Martínez, Doctor Francisco Gerardo Véliz Deras, Ingeniero Zootecnista Jorge Horacio Borunda Ramos.

Al jurado por sus sugerencias, observaciones y correcciones en la revisión de este trabajo.

MUCHAS GRACIAS A TODOS

DEDICATORIA

A mis padres:

Cruz Omar Alderete López y Lucero Honorina Loera Valverde por darme la vida, por su confianza, sacrificio y dedicación para cada uno de sus hijos.

A mis hermanos:

Lucero, Jesús y Roberto; Que ayudaron como motivación para salir adelante, estando distante de todos ustedes la mayoría del tiempo.

A mis abuelos:

Roberto Alderete Caraveo, Ercilia Lopez Reinoso, Efraín Loera Márquez (†) y Honorina Valverde Morales (†), por ser el pilar principal de la familia que me heredaron y por sus consejos para guiarme en el camino del bien, gracias.

A mis tíos y primos

Gracias por estar en mi camino formando parte importante en mi vida, no me canso de darles las gracias por su apoyo moral en todo momento ya que cuando necesitaba un consejo siempre estuvieron ahí.

A mis amigos:

Con quien compartí una de las mejores etapas de mi vida y ser mi familia durante el tiempo que pasé en la universidad.

Resumen

El objetivo de este estudio fue determinar la correlación que existe entre el CMS y la producción, composición láctea y la EfLch en vacas Holstein en un establo comercial ubicado en la Comarca Lagunera situada entre los estados de Coahuila y Durango, el periodo de toma de datos comprendió los meses de noviembre 2014 a mayo del 2015. Se determinó el alimento ofrecido al ganado y así mismo el rechazado, la MS en la ración, el CMS, la producción y composición química de la leche, EfLch ajustada a grasa, la EfLch general y por último la EfLch ajustada a grasa y proteína. Los resultados obtenidos para el CMS seca fueron correlacionados negativamente con la EfLch (-0.82, $P < 0.0001$), el CMS se correlacionó negativamente con la EfLch corregida al 3.5 en grasa teniendo como resultado una relación negativa de -0.81 ($P < 0.0001$). La EfLch corregida a grasa y proteína tuvo una correlación negativa significativa con el CMS (-0.81, $P < 0.0001$). La EfLch tiene una correlación positiva con la eficiencia lechera corregida al 3.5 de grasa (0.97, $P < 0.0001$), de la misma manera, la EfLch también está altamente correlacionada a la EfLch CGyPC (0.98, $P < 0$). En conclusión, los resultados de este estudio demuestran que la producción láctea y la EfLch están negativamente correlacionada con el CMS, en tanto que los componentes químicos de la leche no se vieron relacionados con el CMS. No se observaron relaciones entre el CMS, la producción y composición química de la leche con las variables ambientales registradas.

Palabras clave: Correlación, ingesta, bovinos, eficiencia alimenticia.

Índice

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIA.....	ii
Resumen.....	iii
Introducción.	1
Revisión de literatura.....	3
Definición de eficiencia lechera.....	3
Cálculo de Eficiencia lechera.....	3
Factores que afectan la eficiencia lechera.	5
Nutrición y alimentación.....	5
Requerimientos de carbohidratos	6
Fibra en la ración.....	6
Degradación de carbohidratos en el rumen	8
Influencia del tamaño de partícula sobre la eficacia de la fibra	12
Efectividad de la fibra	17
Uso de aditivos.	19
Cantidad y tipo de grasas en la ración.	23
Genética.	24
Sanidad animal.-.....	25
Días en leche.	25
Aspectos económicos de la eficiencia lechera.	25
Materiales y métodos.	27
Resultados y discusión.	29
Conclusión.	32
Literatura citada.	33

Introducción.

Al cierre de 2013, la región Lagunera de Coahuila y Durango, ocupa el primer lugar en producción de leche en el país, logró incrementar en 3.3% la producción de leche, de acuerdo a datos del sistema de información agroalimentaria y pesquera (SIAP, 2013). Actualmente, la producción de leche constituye una de las actividades económicas más importantes de la región dado su impacto laboral y el derrame económico que esta genera, además se consumen grandes cantidades de forrajes y granos que se producen en la región. La eficiencia alimenticia es un término que se usa para medir la conversión de nutrimentos en productos de origen animal y desde hace algunas décadas se ha utilizado en engorda de bovinos, cerdos, pollos, recientemente en el ganado bovino productor de leche se inició su cálculo (Hutjens, 2005a).

(Según Hall 2008), la eficiencia alimenticia es una medición de cómo las vacas convierten los nutrimentos que ellas consumieron a productos: leche, músculo, grasa, becerras, etc. Una eficiencia alimenticia adecuada nos trae resultados más satisfactorios ya que con menos alimento se generan más y mejores productos y por ende, se disminuyen los costos de producción y las excreciones (Linn y Raeth-Knight, 2005a). Para Hall (2004a), la versión más simple de calcular la eficiencia alimenticia (a partir de ahora eficiencia lechera, EfLch) es kg de leche por kg de MS, o preferiblemente, kg de grasa o proteína de leche corregidas por kg de MS.

Existen varios factores que pueden afectar la EfLch tales como enfermedades metabólicas principalmente cetosis y acidosis, enfermedades que se presentan después del parto tales como mastitis, metritis, abortos, etc., la alimentación (cambios en los requerimientos de mantenimiento, consumo de materia seca, fibra en la ración, contenido de fibra detergente neutro, fibra físicamente efectiva en la ración, digestibilidad del alimento y tamaño de partícula del forraje (Yang et al., 2002)). La genética de los animales también puede afectar la EfLch ya que esta determina la participación entre los nutrientes de mantenimiento, producción de leche y otras funciones metabólicas (Linn y Raeth-

Knight, 2005b). El ganado lechero también se ve afectado por factores ambientales como la temperatura y humedad relativa (Sepúlveda-González 2009).

Por otra parte existen productos de uso animal que nos pueden ayudar a mejorar la EfLch como lo son el uso de aditivos que según (Hutjens, 2005b), la adición de monensina sódica redujo la pérdida de metano, mejoró el estatus proteico y redujo el timpanismo en vacas que consumen zacates. El uso de levaduras vivas como *Aspergillus Oryzaea* administradas en las dietas de vacas lactantes aumentó la producción y por ende la EfLch. La comarca lagunera está ubicada en la zona semidesértica de México siendo de las más importantes cuencas lecheras, sin embargo, no se han realizado estudios sobre el coeficiente de correlación entre el consumo de materia seca y la producción, composición láctea y eficiencia lechera en vacas Holstein. Considerando lo anterior, este trabajo tuvo como objetivo llevar a cabo la determinación de la correlación que existe entre las variables descritas anteriormente, el estudio se llevó a cabo en un establo de explotación lechera de la comarca lagunera ubicado en el municipio de Gómez Palacio, Durango.

Revisión de literatura

Definición de eficiencia lechera

La eficiencia alimenticia es un término que se usa para medir la conversión de nutrimentos en productos de origen animal y desde hace algunas décadas se ha utilizado en engorda de bovinos, cerdos, pollos, recientemente en el ganado bovino productor de leche se ha iniciado su cálculo (Hutjens, 2005a). La eficiencia alimenticia adecuada no sólo es de importancia económica, también puede ayudar a revisar el manejo de los nutrimentos en la granja. Una eficiencia alimenticia adecuada resulta en más nutrimentos dirigidos a la producción de leche o a la ganancia de peso corporal con menos nutrimentos excretados y por lo tanto menos excremento (Linn y Raeth-Knight, 2005a).

Según (Hall 2008), la eficiencia alimenticia es una medición de cómo las vacas convierten los nutrimentos que ellas consumieron a productos: leche, músculo, grasa, becerras, etc. En el nivel más básico, proporciona una idea muy cercana a cómo la ración satisface los requerimientos y de la demanda relativa de mantenimiento y de producción. La evaluación de cómo los animales convierten la MS y la proteína en productos vendibles puede ser otra herramienta útil para decidir si es posible obtener una mejor rentabilidad de la inversión alimenticia y cómo reducir la cantidad de nutrimentos de las excretas que se tendrían que manejar.

Los hatos deberían tener un promedio superior a 1.4 kilos de leche por kilo de MS consumida, pero los hatos con producción elevada podrían alcanzar valores de 1.7 a 1.8. Algunos hatos con estrés calórico, raciones mal balanceadas, acidosis ruminal, muchos días en leche, etc. podrían tener menos de 1.2 (Hall, 2008).

Cálculo de Eficiencia lechera

Según (Hall 2004a), la versión más simple de calcular la eficiencia alimenticia (a partir de ahora eficiencia lechera, EfLch) es kilos de leche por kilos de MS, o preferiblemente, kg de grasa o proteína de leche corregidas por kilo de MS.

$$\text{Leche / CMS} = \text{promedio de leche kg} / \text{promedio de CMS, Kg.}$$

Es preferible usar los kg de grasa o proteína de la leche corregida a 3.5, más que los kg de leche (Linn y Raeth-Knight, 2005a; Hall, 2008).

Según (Tyrrell y Reid 1965) para calcular los kg de grasa y proteína de la leche corregida a 3.5% en lugar de la leche se usa la formula siguiente:

$$\text{Kg de grasa y proteína de la leche corregida a 3.5\%} = (12.82 \times \text{kg de grasa}) + (7.13 \times \text{kg de proteína}) + (0.323 \times \text{kg de leche})$$

$$\text{Kg de grasa láctea} = \text{kg de leche} \times (\% \text{ de grasa láctea}/100)$$

$$\text{Kg de proteína láctea} = \text{kg de leche} \times (\% \text{ de proteína en leche}/100).$$

$$\text{Consumo de materia seca} = (\text{kg de alimento ofrecido} - \text{kg de alimento rechazado}) \times (\% \text{ de materia seca de la ración} / 100).$$

Para (Linn y Raeth-Knight 2005a) también se puede calcular la EfLch por medio del porcentaje de grasa corregida a 3.5 (3.5% GCL) de la siguiente manera:

$$3.5\% \text{ GCL} = (\text{lb o kg}) = .432 \times \text{leche (lb o kg)} + \text{grasa (lb o kg)}$$

Además esos autores opinan que la EfLch se puede expresar relacionando el nitrógeno (N) en la leche al consumo de nitrógeno, usando para ello la fórmula siguiente:

$$\text{N en leche} / \text{N del alimento} = \text{kg de nitrógeno en leche} / \text{kg de nitrógeno en alimento}$$

$$\text{Nitrógeno en leche, kg} = (\text{kg de leche} \times (\% \text{ de proteína en leche}/100)) / 6.38$$

$$\text{Nitrógeno en alimento, kg} = (\text{kg de MS consumida} \times (\% \text{ de proteína cruda en la ración} \% / 100)) / 6.25$$

Factores que afectan la eficiencia lechera.

La EfLch es una respuesta que indica la conversión de nutrientes en la ración a nutrientes en la leche. Así un buen balance de la ración promueve la EfLch adecuada de tal forma que los valores de la EfLch en el campo pueden variar de 1.1 a 2.0. Según (Hutjens 2005d) los siguientes factores pueden cambiar los valores de la EfLch:

Nutrición y alimentación.

(Salvador y Martínez 2007) consideran que la eficiencia de producción de leche de las cabras lecheras es bastante similar a la de las vacas. Las cabras son muy eficientes en la conversión alimenticia y además tienen una capacidad relativa más grande para el consumo de forraje que las vacas u ovejas (25-40% de peso vivo, en comparación al 12,5-15% para vacas, 12,5-20% para ovejas). Dentro del factor nutricional, hay varios aspectos que pueden afectar la EfLch, a continuación se describen algunos:

Cambios en los requerimientos de mantenimiento. Algunos de estos factores incrementan los requerimientos de mantenimiento en unos animales, disminuyendo la proporción de nutrientes y alimento dedicado a la producción. Para (Hall 2004b) los siguientes son factores comunes que incrementan los requerimientos de mantenimiento:

- 1.- Estrés por calor o frío.
- 2.- Distancia caminada entre la ordeña, comida (pastura) y áreas restantes.
- 3.- Aumento en el peso corporal (Linn et al., 2005).

Consumo de materia seca. El consumo de materia seca elevado tiene un efecto positivo sobre la producción de leche pero afecta negativamente sobre la eficiencia alimenticia.

Requerimientos de carbohidratos

El rumiante requiere una cantidad mínima de fibra dietética efectiva (eFDN) para un consumo óptimo de materia seca, estimulación de la salivación, producción de leche y para preservar una buena salud en la vaca (Grant, 1997). La efectividad de la fibra ha sido definida como la que puede estimular la masticación, salivación y rumia por lo tanto la tasa de pasaje de la ingesta, la producción de acetato en el rumen y consecuentemente el porcentaje de grasa en la leche (Armentano y Pereira, 1997a; Clark y Armentano, 1997b; Soita et al., 2000a).

El suministro de PaCe, es decir, de la fibra de los forrajes en la dieta, es un factor importante para la optimización de la producción de leche y para el mantenimiento de la función ruminal (Mooney y Allen, 1997; Clark y Armentano, 1999; Wang et al., 2001). El rumiante requiere en sus dietas una cantidad mínima de PaCe y a esta fracción se le denomina fibra detergente neutro (FDN), que representa la fracción química constituida por celulosa, hemicelulosa y lignina.

La habilidad para prevenir la disminución de la concentración de la grasa en la leche, en relación con el ensilaje de alfalfa, se ha utilizado para determinar el contenido de la eficacia de la fibra (eFDN) de los alimentos (Pereira et al., 1999a). La eficacia de la fibra para estimular la masticación y por tanto la rumia, se denomina eficiencia física (pe, por sus siglas en inglés) por lo tanto, la respuesta de la masticación por la vaca está altamente relacionada a las propiedades físicas de la fibra, como es el caso de la longitud de la partícula (Mooney y Allen, 1997).

Fibra en la ración

Contenido de fibra neutro detergente (FDN) de la dieta. Las vacas requieren una cantidad adecuada de fibra en su dieta para su buena salud y producción lechera. El forraje es la fuente principal de fibra en la dieta, pero otras alimentaciones de los no-forraje altos en la fibra detergente neutro (NDF) pueden sustituirse ocasionalmente para la fibra del forraje. Porque NDF es generalmente menos

digestible que los carbohidratos de la no-fibra (almidón y azúcar) y si la digestibilidad se relaciona con la EA, el porcentaje de NDF en la dieta se debe relacionar también con la EA (Linn et al., 2005).

Tamaño de partícula del forraje.- El uso óptimo de la dieta depende de la composición química y las características físicas de la ración, las cuales son medidas con la fibra efectiva (Kononoff y Heinrichs, 2003; Mertens, 1997). La forma física del forraje afecta la masticación, el CMS, la función ruminal, la eficacia digestiva, la producción, la composición de la leche y la salud de la vaca (Yang et al., 2002).

La disminución en el porcentaje de grasa se da por cambios en la biohidrogenación de las grasas porque se inhibe la síntesis de grasa en la glándula mamaria (Onetti et al., 2004). El tamaño de partícula y la relación forraje: concentrado influyen en la biohidrogenación de las grasas en el rumen y en el flujo post-ruminal de los ácidos grasos insaturados que pasan después a la grasa de la leche (Soita et al., 2005).

En las investigaciones realizadas para evaluar el efecto del incremento del tamaño de partícula del ensilaje de maíz de 1.9 cm a 3.2 cm sobre la producción y la composición de la leche se determinó que no se incrementa la cantidad de grasa ni se alteran las concentraciones de proteína y lactosa (Schwab et al., 2002). Existe poca información de cómo el tamaño de partícula y la proporción F: C interactúan para alterar los perfiles de ácidos grasos (Soita et al., 2005).

Fibra físicamente efectiva de la ración.- La fibra es la fracción digestible lentamente o indigestible de los alimentos que ocupa espacio en el tracto gastrointestinal de los animales. La fibra detergente neutro mide la fibra total y las características químicas, pero no las físicas (Teimouri Yansari et al., 2004; Mertens, 1997).

La fibra físicamente efectiva (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 y cortas sobre un líquido). La FDNfe se relaciona con las características de fibrosidad, el índice de valor forrajero y la estructura física. (Mertens, 1997). La FDNfe se conforma por el tamaño de partícula y el contenido de FDN, la cual estimula la masticación y el amortiguamiento de la saliva (Yang y Beauchemin, 2007). Es un medio eficiente para medir la efectividad de la dieta y para formular dietas con un tamaño de partícula adecuado y así prevenir la acidosis ruminal subaguda (Yang y Beauchemin, 2009). Las dietas altas en concentrado y con una cantidad suficiente de FDNfe ayudan a prevenir la acidosis ruminal subaguda y la disminución de la grasa en la leche, el consumo de materia seca, la digestión de la fibra y laminitis (Plaizier, 2004).

Digestibilidad del alimento.-

Si la calidad y digestibilidad del forraje son bajos, la eficiencia alimenticia bajará evidentemente, si el alimento o la digestibilidad de la dieta aumentan, más nutrientes son absorbidos en el cuerpo y utilizados potencialmente para la producción de leche u otras funciones metabólicas. Si un alimento es indigestible, nunca tendrá la oportunidad para hacer una contribución en la producción y reduce a voluntad la eficiencia alimenticia (Hall, 2004b).

Degradación de carbohidratos en el rumen

La PaCe no se acumula porque los hongos y las bacterias la degradan eficientemente, lo cual se puede realizar en medios aerobios o anaerobios (Breznak y Brune, 1994; Gomez de Segura *et al.*, 1994), siendo un ejemplo de este último el ecosistema ruminal, que permite la degradación y fermentación de las paredes celulares vegetales a compuestos asimilables (ácidos grasos volátiles AGV, y proteínas microbianas) para el hospedero. Esta transformación se lleva a cabo por una comunidad microbiana, que comprende al menos 30 especies bacterianas

predominantes, en una concentración total de 10^{10} a 10^{11} /ml de fluido ruminal, algunas 40 especies de protozoarios (10^5 a 10^7 /ml) y cinco especies de hongos con una concentración de 10^5 /ml (Kalmokoff y Teather, 1997; Orpin y Joblin, 1997; Stewart et al., 1997; Williams y Coleman, 1997).

La población eubacteriana ruminal consiste principalmente de anaerobios, entre los que las cepas de *Butyrivibrio fibrosolvens* son consideradas como la especie principal. Igualmente, bajo ciertas condiciones, algunos organismos como *Butyrivibrio* pueden constituir poblaciones dominantes en el rumen (Kalmokoff y Teather, 1997). Dentro del rumen, la degradación y fermentación de los forrajes a compuestos asimilables para el animal huésped se lleva a cabo por esas poblaciones de microorganismos, las cuales trabajan de una forma coordinada para convertir a los polisacáridos y las proteínas de la planta, a ácidos grasos volátiles y proteínas microbianas, las que en su momento serán aprovechadas por el animal (Kalmokoff y Teather, 1997).

El rumen es un ecosistema complejo, habitado por una población microbiana diversa, densa y competitiva. Dentro de esta población, se han estimado entre 22 y 30 especies bacterianas a las que se les considera como predominantes dentro del rumen. Sin embargo, los estudios donde se ha establecido lo anterior se han llevado a cabo con técnicas tradicionales, que consideran la necesidad de los requerimientos de crecimiento de muchas bacterias ruminales (Wood y Wilson, 1995).

Dependiendo de su existencia en el medio ambiente las bacterias que habitan dentro del rumen se han clasificado dentro de cinco grupos: 1) Bacterias que viven libres asociadas a la fase líquida del rumen; 2) Bacterias libres asociadas a las partículas de alimento; 3) Bacterias firmemente asociadas a las partículas de alimento; 4) Bacterias asociadas con el epitelio ruminal y 5) Bacterias acopladas a la superficie de protozoarios y esporangios de hongos (Miron *et al.*, 2001).

Se ha reportado un gran número de bacterias ruminales que digieren la celulosa, pero generalmente se está de acuerdo que tanto *in vivo* como *in vitro* son tres especies bacterianas las más activas en la degradación de la celulosa, y estas

son: *Fibrobacter succinogenes*, *Ruminococcus albus* y *Ruminococcus flavefaciens*. Esas especies parecen digerir la celulosa solamente cuando se adhieren al sustrato (Shi y Weimer, 1997b). Bajo condiciones de alimentación ordinarias las poblaciones asociadas con las partículas de alimento son numéricamente predominantes y ocupa el 75% de la población microbiana y producen la mayoría del ATP dentro del rumen (Shi y Weimer, 1997b). Así mismo, la población asociada a la partícula de alimento es responsable de la producción de enzimas con actividad endoglucanasas y xilanasas (88 a 91%), actividad amilasa (70%) y actividad proteasa (75%).

A pesar de las interrelaciones complejas entre los microorganismos del medio ruminal, se cree que las bacterias juegan el papel principal en la degradación de las paredes celulares vegetales debido a su predominancia numérica y a la diversidad metabólica. Sin embargo, aunque en comparación con la de las bacterias y protozoarios que habitan el rumen, la concentración de hongos es relativamente baja; aunque los hongos poseen un rango amplio de enzimas que son capaces de hidrolizar la mayoría de los polisacáridos estructurales de las paredes celulares de las plantas más efectivamente que las bacterias (Dehority y Tirabasso, 2000; Lee *et al.*, 2000).

Las contribuciones de las diferentes fracciones microbianas en la degradación general de las paredes celulares vegetales llevan el siguiente orden: fracción de hongos > fracción bacteriana > fracción protozoaria. Esta aseveración pone en evidencia a las opiniones científicas que indican que las bacterias son las principales causantes de la degradación de la pared celular. Además hay la posibilidad de interacciones sinérgicas entre hongos y bacterias, lo que contradice resultados que establecen la inhibición de hongos por sustancias producidas por bacterias (Coleman, 1986).

Los hongos anaerobios obligados *Chitridiomycetes* son miembros de la microflora del tracto digestivo de muchos mamíferos herbívoros. Estos hongos colonizan las partículas de las plantas en el rumen y en los intestinos de los herbívoros no rumiantes (Weimer *et al.*, 1990); dichos microorganismos poseen una

gran capacidad celulolítica (Chaudhry, 2000). Actualmente, basados en la morfología de las zoosporas y el tallo vegetativo, se han clasificado tres géneros de hongos anaerobios monocéntricos (*Neocallimastix*, *Piromyces* y *Caecomyces*) (Wubah y Kim, 1996), además, del género *Orpinomyces*, que se clasifica por sus zoosporas multiflageladas (Ho *et al.*, 1994) y el género *Anaeromyces* que se clasificó considerando a las esporas uniflageladas (Phillips y Gordon, 1995). La clasificación de los hongos anaerobios del rumen está basada enteramente en la morfología del tallo y para mayor información existen excelentes revisiones del tema (Ho y Barr, 1995).

Los hongos aislados del rumen secretan una gran variedad de enzimas polisacaridasas e hidrolasas glicosidasas, lo cual les permite crecer y utilizar homo y heteropolisacáridos, lo que a su vez le confiere un gran potencial enzimático para liberar a los monosacáridos de los polímeros de las paredes celulares de las plantas (Gomez de Segura *et al.*, 1998; Lee *et al.*, 2000).

Estos hongos ruminales colonizan preferentemente los tejidos vasculares de los materiales fibrosos. Los quistes móviles atacan a la fibra fresca ingerida, para germinar y producir rizoides que se ramifican a través de la pared celular, digiriéndola en asociación con las enzimas de otros microbios, lo que permite la alimentación de dichos hongos (Chaudhry, 2000).

La mayoría de los hongos ya clasificados, fueron aislados en regiones con climas templados donde la producción de rumiantes se basa en forrajes altamente digestibles, henos y concentrados. En contraste, la producción de rumiantes en zonas tropicales secas está basada sobre el pastoreo de forrajes de agostadero de poca digestibilidad por su gran contenido de fibra (Phillips y Gordon, 1995). Los hongos anaerobios han sido poco estudiados en los rumiantes que habitan en zonas tropicales, por lo que a pesar de su importancia en esos medios y su diversidad, su prevalencia y sus características no han sido debidamente estudiadas.

(Onodera *et al.* 1988) demostraron que los protozoarios del rumen participan en la digestión de la celulosa dentro del ecosistema de ese órgano mediante la secreción de una enzima endógena: la 1,4- β -glucanasa. Por su parte, (Coleman

1985, Newbold 1989 y Williams y Whifers 1991) plantean que hasta el 62% de la actividad celulolítica podría llevarse a cabo por la fracción de protozoarios del rumen.

Los procesos de digestión de la PaCe inician con la asociación de los microbios a un alimento en particular. El acoplamiento al sustrato ocurre a través del proceso de adhesión, luego por la colonización hasta la formación de un consorcio digestivo activo y la liberación de los nutrientes a partir de la digestión del sustrato (Varga y Kolver, 1997). La composición de la PaCe de los vegetales establece la calidad de los forrajes, cuando ésta es mala disminuye la adhesión y desciende la actividad enzimática de los microorganismos (Tomme et al., 1995; Denman et al., 1996; Delmer, 1999; Nogueira Filho et al., 2000).

La degradación de la PaCe dentro del rumen es un fenómeno complejo en el que participan hongos, bacterias y protozoarios, por lo que se desarrollan interacciones, las cuales pueden variar desde el sinergismo hasta el antagonismo (Irvine y Stewart, 1991; Bernalier *et al.*, 1993; Roger *et al.*, 1993).

Las relaciones de los microorganismos que habitan en el rumen se ven afectadas por factores como: el pH ruminal, el tipo, la concentración y disponibilidad del sustrato y la técnica de cultivo utilizada para hacer crecer a los microorganismos (Weimer *et al.*, 1990; Bernalier *et al.*, 1991; Fonty y Joblin, 1991; Irvine y Stewart, 1991; Bernalier *et al.*, 1993; Roger *et al.*, 1993; Ho y Barr, 1995; Orpin y Joblin, 1997).

Influencia del tamaño de partícula sobre la eficacia de la fibra

La forma física de la dieta es un determinante importante de su valor nutritivo, la cual afecta las actividades de consumo, rumia, función ruminal, eficiencia digestiva, producción de leche y la composición de ésta última, así como la salud de la vaca. La evaluación cuantitativa de la forma física está basada a menudo en el análisis de la distribución del tamaño de partícula del alimento obtenido utilizando varios métodos de cernido o cribado. Ha habido poco acuerdo sobre qué método utilizar o cómo resumir los resultados obtenidos, por lo tanto es difícil compararlos de los

diferentes laboratorios o compilar los resultados dentro de un formato que sea útil en la formulación de dietas (Murphy y Zhu, 1997).

La reducción del tamaño de partícula dentro del rango medio de longitud de partícula (0.4 a 0.8 mm) mejoró la tasa de consumo, fermentación, redujo el tiempo de masticación, pH ruminal y la tasa de ácido acético y propiónico en el fluido ruminal (Clark y Armentano, 1997a). El tamaño de partícula varía ampliamente entre los forrajes debido a factores que involucran a la planta, a la cosecha del forraje, al tipo de procesamiento del alimento, procedimientos de almacenaje, etc. (Heinrich *et al.*, 1999; Yang *et al.*, 2001a.).

Los forrajes tienen un tamaño de partícula medio el cual es crítico y sobre el cual se obtiene poco beneficio adicional. Por ejemplo, la reducción del tamaño medio de la partícula de ensilaje de alfalfa (de 3.1 mm a 2.0 mm) disminuye la masticación aproximadamente un 21%; en cambio, la reducción del tamaño de partícula medio del heno de alfalfa de 2.3 a 0.90 mm disminuyó el tiempo total de masticación (masticación más rumia) en aproximadamente 16% (Clark y Armentano, 1999).

(Yang *et al.* 2002) evaluó el efecto de la tasa de ensilaje y heno de alfalfa así como el tamaño de partícula de esos forrajes sobre el consumo de nutrientes, sitio de digestión, síntesis de proteína microbiana ruminal y tasa de pasaje de los contenidos ruminales. Las dietas contenían 40% de forraje (50:50 o 25:75 ensilaje y heno, respectivamente). El consumo de nutrientes se incrementó a medida que se aumentó la tasa de ensilaje pero no fue afectado por el tamaño de partícula. Sin embargo, al incrementarse el tamaño de partícula de las dietas, mejoró la digestibilidad de la fibra y del N en todo el tracto, así como la síntesis de proteína microbiana ruminal y la eficiencia microbiana. Esos resultados indican que en las dietas de vacas lecheras, la manipulación de la tasa de ensilaje a heno de alfalfa modificó el consumo de alimento, pero tuvo poco efecto sobre la digestión. En contraste, el incremento del tamaño de partícula del forraje en las dietas mejora la digestión de la fibra y la síntesis de proteína microbiana en el rumen. El tamaño de

partícula dietético expresado como peFDN fue un indicador confiable de la síntesis de proteína microbiana y digestión de nutrimentos.

(Krause *et al.* 2002) estudiaron los efectos del nivel de carbohidratos fermentables en el rumen y el tamaño de partícula del forraje y sus interacciones sobre la producción de leche, digestibilidad de los nutrientes y producción de proteína microbiana. Para ello, utilizaron ensilaje de alfalfa con dos tamaños de corte (corto y largo) y con dos niveles de maíz quebrado (bajo y alto). Estos investigadores concluyeron que la productividad de las vacas no fue afectada por el tamaño de la partícula ni por los carbohidratos fermentables en el rumen.

El tamaño teórico de partícula de ensilaje de maíz está entre 13 a 19 mm (Soita *et al.*, 2000b). Este tamaño de partícula proporcionó resultados satisfactorios cuando se compararon tres tamaños para el ensilaje de maíz de planta entera la cual se procesó en los siguientes tamaños: 0.95, 1.45, y 1.90cm de largo. De acuerdo con este experimento se recomienda un corte teórico de 1.90 cm de largo para mejorar el consumo de materia seca, digestión del almidón y desarrollo de la lactación (Bal *et al.*, 2000).

(Schwab *et al.* 2002) evaluaron la influencia del largo del corte y el procesamiento mecánico del ensilaje del maíz de enervadura café (brown midrib corn) sobre el consumo, digestión y producción de leche. El tamaño de partícula empleado fue de 13 y 19 mm para el forraje sin procesar y de 19 a 32 mm para el procesado. El procesamiento redujo el contenido de grasa y la digestión de la FDN en el tracto digestivo, pero incrementó la digestión del almidón. En conclusión, el ensilaje del maíz de enervadura café provocó una producción de 43 kg de leche por día, pero no hubo beneficios en el procesamiento del forraje o en el incremento de la longitud del tamaño de partícula sobre el rendimiento de producción de leche.

Algunos modelos que utilizan la eFDN para formular dietas tienen la limitante de no considerar la fermentación de la fracción de carbohidratos no fibrosos y sus posibles efectos en el pH ruminal. Por lo tanto, esos modelos implícitamente asumen que la digestión ruminal de las dietas no tiene efectos sobre la predicción del pH del rumen, lo cual puede ser incorrecto. Por ejemplo, el pH del rumen es más

bajo para las vacas alimentadas con cebada que con maíz, aun cuando las vacas contengan la misma proporción de eFDN, lo anterior es debido a una digestión ruminal de la cebada más rápida y extensa (Yang *et al.*, 2001a.).

Debido a este hecho, (Yang *et al.* (2001b.) evaluaron en vacas lactantes los efectos del tratamiento del grano de cebada (rolado a 1.6 y 1.36 mm), la relación forraje-concentrado y la longitud del forraje de la cebada (larga 7.59 y corta 6.08 mm) sobre la masticación, pasaje de la ingesta y la digestión. Los resultados indicaron que el tamaño de la partícula de dietas basadas en cebada rolada no es un indicador confiable de la actividad de masticación, a diferencia del tamaño de la partícula del forraje y el contenido de FDN de la dieta. El contenido de grasa tendió a incrementarse con dietas con relación alta forraje-concentrado o longitud de las partículas de forraje largas (7.59 mm), pero se redujo al alimentarlas con cebada rolada.

En otra investigación se evaluó el efecto del tamaño de partícula (4.68 vs 18.75 mm) del ensilaje de cebada sobre la eficacia de la fibra de ese forraje. Se reporta que la reducción del tamaño de partícula del ensilaje no deprimió la concentración de grasa en la leche, sin embargo, la actividad total de masticación por kg de forraje consumido fue mayor para las vacas cuyas dietas contenían ensilaje con tamaño de partícula largo comparada con aquellas que contenían ensilaje con tamaño de partícula corto, lo cual sugiere que a pesar de los consumos adecuados de la FDN, el tamaño de partícula puede tener un control dominante sobre la actividad de masticación (Soita *et al.*, 2000b).

Por otra parte, la administración de dietas completamente mezcladas, tienen como finalidad reducir el tamaño de partícula y disminuir la selección de la dieta, reduciendo el riesgo de acidosis ruminal. (Maekawa *et al.* 2002a.) evaluaron el efecto de la proporción del ensilaje de cebada (40, 50 y 60% de la MS) y del tipo de dieta (completamente mezclada, TMR, por sus siglas en inglés), o ingredientes separados (INSE) sobre la actividad de masticación, salivación y pH ruminal. La alimentación INSE incrementó el riesgo de acidosis, debido a que las vacas consumieron una proporción de concentrado más elevada de lo pensado.

En otro estudio, (Maekawa *et al.* 2002b.) compararon la capacidad de masticación, producción de saliva y pH ruminal entre vacas Holstein primíparas y multíparas. Para ello utilizaron diferentes niveles de ensilaje (40, 50 y 60%), en dietas completamente mezcladas y en dietas con ingredientes separados. Las vacas multíparas emplearon más tiempo comiendo, masticando y rumiando, aunque la producción de saliva sólo fue numéricamente más alta para las de vacas de varios partos, debido a que el incremento en la producción de saliva durante la masticación fue acompañada por una disminución de la misma en el tiempo de descanso de la vaca. Las vacas multíparas tuvieron más riesgos de acidosis ruminal que las de un parto debido a que el incremento de la salivación asociada al incremento de la masticación no compensó suficientemente el incremento de la fermentación de ácidos producidos en el rumen por el incremento del consumo de alimento.

La gravedad específica funcional de la partícula y el tamaño de la partícula son los factores principales que determinan la salida de las partículas del alimento del rumen y están íntimamente ligados (Bernard *et al.*, 2000). La gravedad específica del tamaño de partícula está relacionada a la tasa de pasaje de las partículas ruminales. Dentro del rango de la densidad de la partícula normalmente encontrada en el rumen, a medida que la gravedad específica de una partícula independiente se incrementa, también aumenta su tasa de pasaje a través del rumen (Schettini *et al.*, 1999). Sin embargo, el tamaño de partícula tiene poco efecto sobre la gravedad específica funcional de las fuentes de fibra no forrajera (FFNF), incluyendo a la pulpa de remolacha (Clark y Armentano, 1997a).

El forraje es reducido potencialmente en su tamaño por todas las fases de manejo, entre las que destacan: la cosecha, el almacenamiento, el sacarlo del almacén, revoltura y la servida del alimento. La mezcla del alimento causa una reducción en el tamaño de todas las partículas del alimento y se relacionan directamente con el tiempo de revoltura de la TMR. Estudios de campo indican que las partículas más largas (> 27mm) pueden ser reducidas a un 50% de su tamaño (Heinrich *et al.*, 1999).

Efectividad de la fibra

El rumiante requiere una cantidad mínima de fibra dietética efectiva para un consumo óptimo de materia seca, la estimulación de la salivación, producción de leche y para mantener la salud de la vaca (Grant, 1997). La fibra efectiva ha sido definida como la que puede estimular la masticación, salivación y rumia, por lo tanto incluye también a los siguientes parámetros: La tasa de pasaje de la ingesta, la salivación, la producción de acetato en el rumen y consecuentemente el porcentaje de grasa en la leche (Clark y Armentano, 1997a; Grant, 1997; Soita et al., 2000b).

La habilidad para prevenir la depresión de la concentración de la grasa en la leche, con relación al ensilaje de alfalfa, se ha utilizado para determinar el contenido de la eFDN de los alimentos. De acuerdo a esta aproximación, la eFDN puede definirse como el contenido de FDN de un alimento multiplicado por un factor de eficacia. (Pereira et al., 1999a).

El descenso del pH del rumen conduce a una acidosis ruminal aguda o subaguda (SARA, por sus siglas en inglés) que es un desorden metabólico común que causa pérdidas importantes en el ganado productor de leche (Nocek, 1997).

Se ha observado que incrementando la cantidad de eFDN de las dietas incrementa el tiempo de masticación, pero este incremento no necesariamente reduce la acidosis ruminal (Beauchemin y Yang, 2005), ya que hay otros factores que tienen una influencia sobre la degradabilidad del almidón que es un riesgo para la presentación de la acidosis ruminal y la laminitis, dentro de esos factores destacan: el tipo de grano (maíz vs cebada), el método de cosecha y almacenamiento (contenido de humedad del grano baja o alta), procesamiento del grano (rolado vs molido vs quebrado) y el contenido de humedad del ensilaje de maíz (Nocek y Tamminga, 1991). Por estas razones, (Nocek 1997) propuso una guía alimenticia consistente en un rango de degradabilidad ruminal del almidón que debe estar entre el 60 al 70% del almidón dietético total.

La eficacia de la fibra para estimular la masticación ha sido denominada eficacia física (pe, por su siglas en inglés) debido a que la respuesta de la masticación por la vaca está altamente relacionada a las propiedades físicas de la fibra, como es el caso de la longitud de la partícula (Mooney y Allen, 1997). El término pe distingue los valores de eficacia medidos usando la masticación como la respuesta a partir de valores calculados que consideran como respuesta a los porcentajes de grasa en la leche.

Se ha propuesto el tiempo que se emplea para masticar un kg de forraje como un índice de la cantidad de fibra de un alimento dado (Soita et al., 2000b). Sin embargo, las fuentes de fibra varían en su habilidad para estimular la masticación, lo cual es evidente cuando se utilizan concentrados altos en fibra para reemplazar a los concentrados convencionales (Firkins, 1997). Debido a que el término pe está afectado por el tamaño de partícula, los valores de pe calculados a partir de fuentes de fibra no forrajera pueden variar dependiendo del pe de los forrajes usados en el experimento.

La eficacia física (pe) está determinada por las respuestas del animal, estas dependen principalmente de las características macro físicas de los forrajes. La certeza de las mediciones de los alimentos altos en fibra difiere cuando se estiman por la capacidad de provocar la masticación, por la tasa de ácido acético, propiónico o por la concentración de grasa en la leche (Armentano y Pereira, 1997b).

Las características físico-químicas de una dieta pueden causar cambios en la composición de la leche producida, la explicación de este hecho son los cambios en los patrones de fermentación en el rumen (Sanz Sampelayo *et al.*, 1998). Las cabras son menos sensibles que las vacas a esas características y los cambios en la dieta probablemente se reflejen en una menor disminución en el contenido de grasa en la leche (Sanz Sampelayo *et al.*, 1998).

Las vacas lactantes deben recibir al menos un tercio del total de la MS dietética como heno de tamaño de partícula largo o su equivalente como ensilaje cortado de pequeño a tosco u otros forrajes para proporcionar una fibra efectiva adecuada (Clark y Armentano, 1999). Aunque existen recomendaciones para

satisfacer un mínimo de FDN en el ganado lechero, tales indicaciones no consideran el contenido de fibra efectiva de los concentrados en la dieta o la influencia del tamaño de partícula del forraje sobre la efectividad de la fibra.

Una limitante para determinar la eficacia de la fibra, es la falta de especificidad en los índices de valores que la determinan (masticación, rumia, consumo, salivación) y cuando los alimentos varían en el tamaño de la partícula, perfil del componente de la fibra, materia seca y efectos asociados del alimento (Clark y Armentano, 1997a).

La efectividad de la fibra está basada en tres estudios: 1) Cambios en la concentración de grasa en la leche, 2) Cambios en la actividad de rumia 3) Tipo de cribado de la dieta y el análisis de tamaño de partícula (Fischer et al., 1994).

Uso de aditivos.

El uso de la monensina sódica incrementa la eficiencia alimenticia, reduce las pérdidas de metano, mejora el estatus proteico y reduce el timpanismo de vacas consumiendo zacates. La eficiencia lechera se incrementó del 2 al 4% con niveles recomendados de 11 gramos por tonelada (Hutjens, 2005b). El uso de las levaduras vivas o los cultivos de ellas, arrojan resultados controversiales y los mecanismos de acción de las levaduras en el rumen no están descritos completamente.

Hay estudios que demuestran que la administración dietética de *Aspergillus oryzaea* administrado en las dietas de vacas lactantes aumentaron la producción de leche, la eficiencia alimenticia y la tolerancia al estrés por calor, sin embargo hay otros trabajos donde ese efecto no se observa. Por esa razón (Schingoethe et al. 2004) llevaron a cabo una prueba para evaluar el efecto del uso de la levadura en dietas de vacas en lactación y sometidas a estrés por calor. La eficiencia alimenticia definida como kilogramos de ECM/kg de consumo de MS fue mejorada en un 7% para las vacas alimentadas con el cultivo de la levadura. El peso vivo y condición corporal fueron similares en ambos grupos. Los

resultados sugieren que los cultivos de levadura pueden mejorar la eficiencia de la alimentación en vacas sometidas a estrés calórico, aunque los cambios en la producción de leche y en el CMS en vacas estresadas por calor son muy sutiles y estadísticamente no significativos.

Por otra parte (Moallem et al. 2009) opinan que los metabolitos finales de la levadura pueden ser utilizados por las bacterias ruminales y la eliminación de oxígeno crea mejores condiciones para la multiplicación y el desarrollo de bacterias anaerobias celulolíticas, sin embargo los efectos de las levaduras dependen del estado de lactancia, características de las dietas y las condiciones del medio, por lo tanto, estos investigadores llevaron a cabo un estudio en época de calor para determinar los efectos de la suplementación a vacas lactantes con levadura viva sobre la producción y composición de la leche, y las concentraciones de amoníaco (figura 1). Después de la alimentación, estas fueron mayores en el grupo control que en el grupo con levadura (151.9 vs. 126.1 mg/l, respectivamente). Se concluye que la administración de levadura viva durante estrés calórico mejoró el medio ruminal de tal forma que incrementó el CMS y por consecuencia aumentó la productividad y la eficiencia (1.36 vs 1.41 respectivamente).

Cantidad de nitrógeno en la ración.- Una de las funciones básicas de los rumiantes productores de leche es convertir recursos alimenticios de baja calidad en productos proteicos de calidad elevada para el consumo humano, para ello se basan en la digestión ruminal e intestinal, pero la cantidad de proteína absorbida desde el intestino delgado puede limitar la producción láctea. Sin embargo, el exceso de proteína dietética en relación al requerimiento puede incrementar las emisiones de N al medio y así perjudicar la eficiencia reproductiva del ganado (Nousiainen et al., 2004).

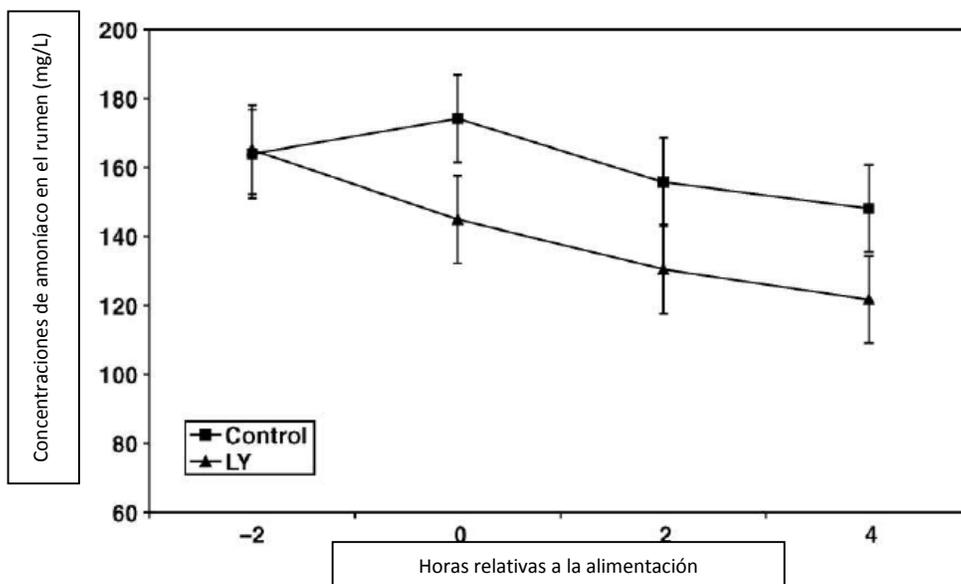


Figura 1.- Media de cuadrados mínimos de las concentraciones de amoníaco en rumen de vacas alimentadas con una dieta control (■) o suplementadas con un gramo de levadura viva (*Saccharomyces cerevisiae*; Biosaf, Lesaffre Feed Additives, Lille France) por 4 kg de MS consumida (▲) durante la estación caliente.

Como resultado de la digestión proteica en rumen e intestino, la alimentación proteica puede evaluarse a través de la concentración del nitrógeno ureico en sangre y leche. Algunos modelos de regresión indican una asociación estrecha entre la proteína dietética y el nitrógeno ureico en leche y entre el nitrógeno ureico en leche y el nitrógeno ureico en orina (figura 2 y 3).

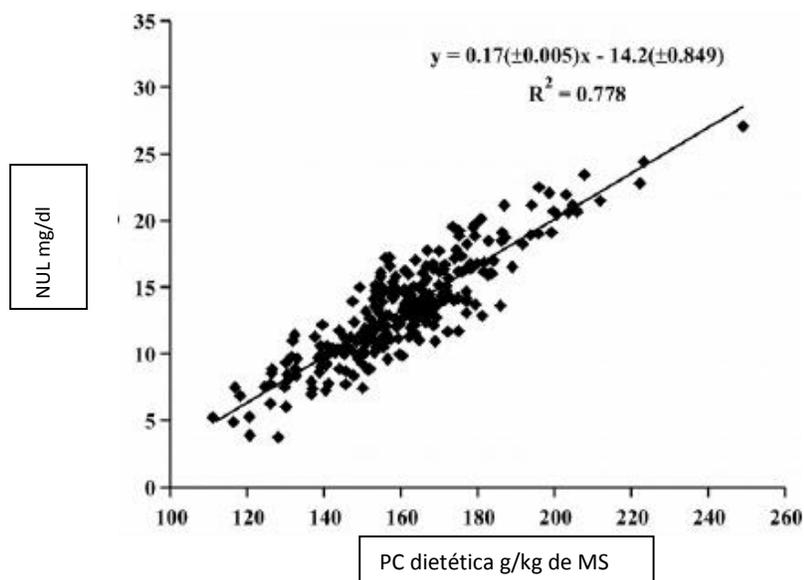


Figura 2 Relación entre el contenido de PC de la dieta y la cantidad de NUL (n= 306)

(Nousiainen et al. 2004) consideran que el nitrógeno ureico en leche se ha usado a menudo para proporcionar un indicador de la eficiencia de la utilización del N de la dieta y para predecir las emisiones de N al medio. Por lo tanto, esos investigadores opinan que el nitrógeno de urea en leche puede ser relativamente fácil de analizar en el tanque o en muestras individuales de leche de rebaños que participan en los planes de mejoramiento del hato. Esta evaluación apoya la sugerencia de que las mediciones de nitrógeno ureico en leche (MUN) se podrían utilizar para evaluar la adecuación de la proteína en la alimentación de vacas lecheras y la eficiencia de utilización de N para la producción de leche.

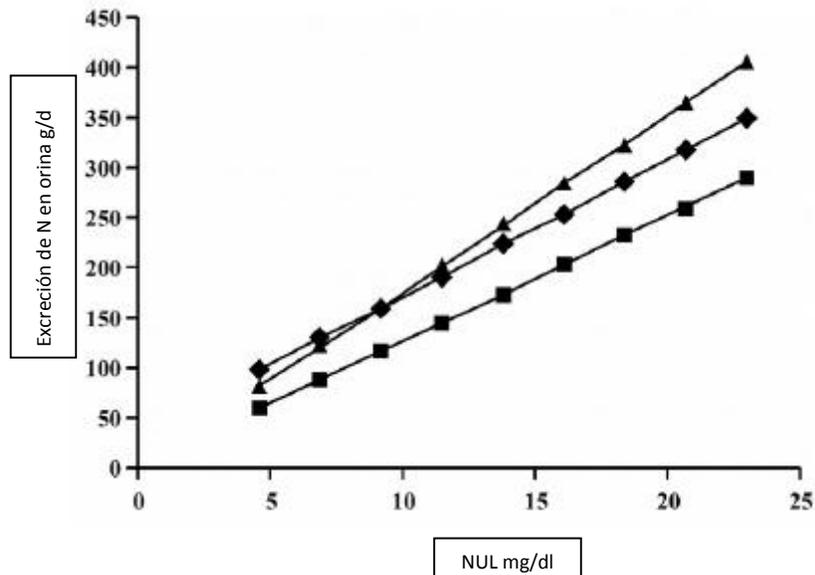


Figura 3. Comparación de las predicciones de excreción de N urinario basadas en la excreción de NUL de acuerdo a (◆)Nousiainen et al. (2004), (■) Jonker et al. (1998), (▲) Kauffman and St-Pierre (2001).

El incremento en la concentración de proteína cruda aumenta la concentración de urea en plasma y resulta en una disminución de la conversión de N dietético a N en leche. Los perfiles de ácidos grasos fueron afectados por la suplementación de almidón y proteína, el almidón tuvo el efecto más marcado. Adicionalmente, el incremento de la concentración de almidón dietético disminuyó la transferencia aparente de ácidos grasos poliinsaturados dietéticos a la leche lo que sugiere un incremento de esos ácidos grasos en tejido adiposo (Cabrita et al., 2007).

Cantidad y tipo de grasas en la ración.

El suministro de grasas a las vacas productoras de leche es una práctica común para incrementar la densidad energética de la dieta. Los aceites vegetales, semillas oleaginosas y jabones de ácidos grasos de cadenas largas son recursos que se usan comúnmente para ese fin. Sin embargo, con la expansión acelerada de la industria del etanol, se han generado recursos alternativos de grasas en forma de subproductos de maíz como el germen de maíz (GM) y los granos secos de destilería solubles, los cuales tienen cantidades elevadas de ácido linolénico. El suministro de grasas ricas en ácido linolénico y linolénico incrementa las concentraciones de ácidos grasos poliinsaturados en leche, especialmente la concentración de ácido linolénico conjugado y de su precursor el ácido vacénico. Cantidades elevadas de grasas en la dieta de rumiantes puede afectar negativamente el CMS, la producción de leche y la concentración de grasa láctea, lo que ocasiona el síndrome de depresión de grasa en la leche; de hecho, la grasa en leche disminuye linealmente con el incremento de la cantidad de granos secos de destilería.

El gluten de maíz (GM) es una alternativa para aportar grasas y ácido linolénico a los rumiantes por lo cual (Abdelqader et al. 2009) estudiaron el efecto del GM sobre el CMS, producción y composición de leche, así como la concentración de ácido graso conjugado, estos incrementaron los niveles de GM (0, 7, 14, and 21% de la MS) en dietas con una relación forraje concentrado 55:45 y con un rango de grasa dietética de 4.8 a 8.2%, sus resultados no demostraron efecto sobre la EfLch, la cual promedió en 1.4 kg de leche corregida a energía/kg de CMS y sugieren que la grasa del GM no tuvo efectos adversos sobre las variables observadas cuando se administran por encima del 14% de la MS.

Limitación de más nutrientes. Si un nutriente en particular requerido no es encontrado, la eficiencia alimenticia puede ser incrementada al añadir el nutriente necesario (Linn y Raeth-Knight, 2005b).

Genética.

El efecto de la genética de las razas bovinas productoras de leche sobre la conversión alimenticia ha sido objeto de discusión y controversia científica.

(Blake et al. 1986) llevaron a cabo un estudio para determinar si las razas Holstein y Jersey tienen diferencias en la eficiencia alimenticia y la tasa de conversión de la proteína o energía dietética a proteína o energía en leche. Los resultados no mostraron diferencias en la conversión de proteína y energía de la dieta a proteína y energía láctea, por lo cual estos investigadores concluyen que la raza Jersey no tiene una ventaja comparativa que la raza Holstein.

Así mismo, (Heins et al. 2008) compararon los efectos sobre peso corporal, condición corporal, consumo de materia seca y eficiencia alimenticia de la cruce de vacas Jersey x Holstein -JH- (n=24) con vacas Holstein puras (n17) durante los primeros 150 días de lactación. Este estudio se realizó durante el invierno en el estado de Minnesota. El CMS fue medido diariamente y promediado en períodos de 7 días, en tanto que la producción y composición láctea fue tomada de los registros mensuales. No se observaron diferencias significativas en el CMS tampoco hubo diferencia en la eficiencia alimenticia del día 4 hasta el 150 de lactancia entre la cruce de JH y las vacas Holstein puras.

La selección genética se puede utilizar para mejorar la eficiencia alimenticia, aunque puede dar lugar a cambios genéticos no deseados, por lo tanto, aunque parece que hay un gran potencial para mejorar la eficiencia económica mediante la selección para el consumo de alimento y el peso vivo, todavía hay incertidumbre acerca de algunos de los parámetros genéticos, especialmente entre los rasgos relacionados con la salud, la reproducción y el balance de energía (Veekamp, 1998).

La genética de los animales puede afectar la eficiencia lechera ya que ésta determina la participación entre los nutrientes de mantenimiento, producción de leche y otras funciones metabólicas (Linn y Raeth-Knight, 2005b).

Sanidad animal.-

Las vacas productoras de leche y las engordadas en corral son alimentadas con raciones altas en granos para incrementar la eficiencia alimenticia y la EfLch. Sin embargo, las dietas con gran cantidad de concentrado provocan que algunos granos escapen de la degradación microbiana ruminal y pasen al intestino donde sufren fermentación. Diez años de investigación, han demostrado que las vacas alimentadas con granos tienen poblaciones de *E. coli* mayores que las vacas alimentadas con forraje lo que puede provocar daños en la salud animal que disminuyen la eficiencia alimenticia (Callaway et al., 2008).

Días en leche.

Generalmente, mientras los días en leche incrementan, la eficiencia alimenticia disminuye (Hall, 2004b, c). La reducción de días en leche puede llevar a valores más altos de eficiencia alimenticia mientras que las vacas dirijan más alimentos a la producción de leche a expensas de aumento del crecimiento y de peso. Las vacas que pierden condición corporal o las reservas del cuerpo tendrán altos valores de EfLch (Hutjens 2005c).

Aspectos económicos de la eficiencia lechera.

La definición de la eficiencia se refiere a la tasa de las salidas y las entradas en el animal. Las empresas utilizan las medidas de eficiencia para establecer puntos de referencia y metas para la producción y las finanzas, la medición de la eficiencia puede dar lugar a decisiones que aumentan la productividad sin aumentar los costos de producción lo que resultan márgenes de rentabilidad mayores. Aunque en este experimento no hubo diferencias significativas entre los tratamientos, la eficiencia lechera parece tener un gran potencial para mejorar la eficiencia económica, aunque puede haber incertidumbre acerca de algunos de los parámetros genéticos, especialmente entre los rasgos relacionados con la salud, la reproducción y el balance de energía (Veekamp, 1998).

Aunque la eficiencia alimenticia se usa como un indicador en hatos lecheros, puede ser engañoso si se utiliza como parámetro único para evaluar la eficiencia económica de vacas o hatos (Linn y Raeth-Knight, 2005b).

Materiales y métodos.

El estudio se realizó en un establo de explotación lechera de la comarca lagunera ubicado en el municipio de Gómez Palacio, Durango en las coordenadas 25°46`41.24"N 103°33`03.46"O a una elevación de 1109 m, esta zona presenta un clima semidesértico, con una precipitación pluvial anual de 230mm y una temperatura anual promedio de 27° C alcanzando una temperatura máxima de 43 °C en verano y una mínima de -5 °C en invierno. La humedad relativa promedio es de 58, con una máxima de 83 y una mínima de 29, se tienen vientos de 5Km/h y la evaporación es de 2500mm anual. El periodo del estudio comprendió los meses de noviembre 2014 a mayo del 2015.

Determinación del alimento ofrecido y rechazado a las vacas.

Para la determinación del consumo en base húmeda se tomaron datos de los pesos del alimento diario registrados en la memoria electrónica del carro revolvedor de las dietas de las vacas en producción.

El alimento rechazado diariamente se estimó mediante el pesaje de todo el alimento rechazado en el establo, utilizando el carro revolvedor para tal efecto.

Determinación de MS en la ración.

Para la determinación de MS en la ración se recolectaron 2 muestras diarias por corral de las dietas completamente mezcladas ofrecidas en los comederos, a las cuales se les determinó el contenido de MS mediante el uso del horno de microondas.

Determinación del CMS.

El consumo de materia seca se determinó mediante la resta del consumo de alimento en base húmeda menos la cantidad de alimento rechazado y multiplicado por el porcentaje de MS de la ración.

Determinación de la producción y composición química de la leche.

En cada visita se obtuvo el registro de la producción diaria colectada en los tanques procedentes de los corrales de las vacas que fueron objeto de este estudio. Posteriormente se analizó la leche para determinar la cantidad de grasa láctea, proteína cruda, sólidos totales y urea en leche mediante espectroscopia ultrasónica (Lactichек modelo LC-01).

Determinación de la eficiencia lechera general.

Para determinar la eficiencia lechera general se utilizó la recomendación de (Hall 2004), la cual se describe a continuación:

$$\text{FE} = \text{Producción de leche} / \text{CMS} = \text{Promedio de kg de leche} / \text{Promedio de CMS Kg.}$$

Determinación de la FE ajustada a grasa (FCM-FE) 3.5%

Para determinar la FE ajustada al 3.65% de grasa láctea se consideró la propuesta de (Linn and Raeth-Knight, 2005), que además de lo anterior requirió la cuantificación de la grasa en la leche.

$$\text{FCM-FE} = 3.5\% \text{GCL} = (\text{Lb o Kg}) = 0.432 * \text{leche (LB o Kg)} + \text{Grasa (Lb o Kg)}.$$

Determinación de la FE ajustada a grasa y proteína.

Para determinar la FE ajustada a grasa y proteína se utilizó la propuesta de (Erasmus, 2009).

$$\text{ECM (kg)} = (0.327 \times \text{kg Leche}) + (12.95 \times \text{kg Grasa}) + (7.2 \times \text{kg prot}).$$

Análisis estadístico de la información

Para establecer la correlación entre las variables seleccionadas se utilizó el Sistema de Correlación Lineal de Pearson.

Resultados y discusión.

El presente estudio se llevó a cabo con la finalidad de establecer la correlación del CMS con la producción de leche, su composición química y la eficiencia lechera en vacas Holstein, los resultados se presentan en el cuadro 1. Se observaron correlaciones fuertes entre algunas de las variables observadas en este trabajo.

Cuadro 1. Coeficiente de correlación entre el CMS y la producción láctea, composición química y eficiencia lechera en vacas.

	CMSvacdia	Ef lechera	Ef Leche C G3.5	Ef Lch C GyPC	Kg EE Lch	Kg PC Lch	SNG	Lactosa
CMSvacdia	1	-0.82	-0.81	-0.81	0.23	0.14	0.22	0.06
Ef. Lch	-0.82	1	0.97	0.98	0.64	0.6	0.27	0.06
Ef Lch C G3.5	-0.81	0.97	1	0.99	0.73	0.6	0.04	-0.04
Ef Lch C GyPC	-0.81	0.98	0.99	1	0.72	0.62	-0.17	0.02
Kg EE Lch	-0.23	0.64	0.73	0.72	1	0.73	-0.11	0.01
Kg PC Lch	-0.14	0.6	0.6	0.62	0.73	1	0.27	0.6
SNG	0.22	0.27	-0.24	-0.17	-0.11	0.27	1	0.6
Lactosa	0.06	0.06	-0.04	-0.02	0.01	0.6	0.6	1

El CMS se correlacionó negativamente con la eficiencia lechera (-0.82, $P < 0.0001$) es decir a un mayor consumo de alimento, disminuye la capacidad de la vaca para transformarlo a leche. (Schingoethe et al., 2004) demostró que utilizando levaduras en la dieta puede mejorar la eficiencia alimenticia, ya que estos disminuyen el CMS y aumentan la producción. Por otra parte la disminución de la EF general se ve también afectada por el estrés calórico, sin embargo ese efecto también se puede mitigar con el uso de levaduras (Moallem, Lehrer, Livshitz, Zachut, & Yakoby, 2009).

El CMS se correlaciono negativamente con la eficiencia lechera corregida al 3.5 en grasa teniendo como resultado una relación negativa de -0.81 ($P < 0.0001$), al aumentar el consumo de materia seca disminuye la capacidad de la vaca para transformarlo a grasa. La utilización de monensina como aditivo en dietas de vacas

lecheras en lactación tuvo un efecto positivo en la eficiencia lechera corregida a 3.5% de grasa, ayudando a la fermentación microbiana en el rumen, reduciendo la producción de metano y acetato provocando que se genere más energía metabolizable por kilogramo de alimento consumido. (Akins, Perfield, Green, Bertics, & Shaver, 2014). Las respuestas a la producción de leche con la aplicación de ácido esteárico en la dieta también tuvieron un efecto positivo con respecto a la eficiencia lechera corregida al 3.5% (Piantoni, Lock, & Allen, 2014), siendo este esencial en la digestión de los rumiantes y cumpliendo directamente los requerimientos de la vaca productora.

La eficiencia lechera corregida a grasa y proteína tuvo una correlación negativa significativa con el CMS (-0.81, $P < 0.0001$) proporcionándonos información para describir que a mayor consumo de alimento se produce menos grasa y proteína en leche teniendo una gran importancia el descenso de la grasa por ser el compuesto químico de interés para los procesadores de la leche.

La eficiencia lechera tiene una correlación positiva con la eficiencia lechera corregida al 3.5 de grasa (0.97, $P < 0.0001$), de la misma manera, la EfLch también está altamente correlacionada a la EfLch CGyPC (0.98, $P < 0$). Lo anterior implica que bajo las condiciones de este estudio existe la posibilidad de utilizar solamente la eficiencia lechera general como medida de transformación de MS a leche.

Por otra parte no se encontró correlación significativa entre las condiciones ambientales registradas (temperatura y humedad relativa del medio) con el CMS y las variables de eficiencia lechera determinadas en esta prueba (cuadro 2). Lo anterior podría explicarse porque este estudio se llevó a cabo durante el período comprendido entre el mes de noviembre de 2014 a inicio principios de mayo de 2015, durante el cual la temperatura ambiente en la Región Lagunera está dentro del rango de la termo neutralidad, por lo tanto no es determinante para poner en riesgo de estrés calórico a las vacas.

Cuadro 2. Coeficiente de correlación entre variables ambientales y el CMS, la producción láctea, composición química y eficiencia lechera en vacas Holstein.

	TEMPMAX	TEMPMIN	TEMPMED	HUMREL
CMSVACDIA	-0.01674	-0.02398	-0.04089	0.034760
	0.8187	0.7426	0.5754	.6339
PRDVACDIA	-0.09355	-0.01479	-0.04161	-0.02741
	-0.09355	0.8395	0.5686	0.7074
EFILCH	-0.03533	0.01259	0.00996	-0.04432
	0.6284	0.8631	0.8915	0.5438
LCHCORR35	-0.03126	0.03714	0.02502	-0.05337
	0.6685	0.6110	0.7319	0.4646
EFLCHCRR3.5	-0.00379	0.04017	0.04487	-0.05812
	0.9586	0.5822	0.5388	0.4257
LCHCRRGRSYPRT	-0.11179	-0.04807	-0.06552	-0.02757
	0.1247	0.5101	0.3691	0.7057
EFLCRRGRSYPRT	-0.05061	-0.01337	-0.01020	-0.04555
	0.4880	0.8547	0.8890	0.5326

Considerando lo anterior se requiere llevar a cabo investigación para determinar la correlación entre estas variables en los meses comprendidos de mayo a septiembre en los cuales la temperatura que se presenta en la Laguna excede el rango de termo neutralidad poniendo en riesgo a las vacas de sufrir estrés calórico.

Conclusión.

En conclusión, los resultados de este estudio demuestran que la producción láctea y la eficiencia lechera están negativamente correlacionada con el CMS, en tanto que los componentes químicos de la leche no se vieron relacionados con el CMS. No se observaron relaciones entre el CMS, la producción y composición química de la leche con las variables ambientales registradas.

Literatura citada.

- Abdelqader, M. M., A. R. Hippen, K. F. Kalscheur, D. J. Schingoethe, K. Karges, y M. L. Gibson. 2009. Evaluation of corn germ from ethanol production as an alternative fat source in dairy cow diets. *J Dairy Sci* 92: 1023-1037.
- Armentano, L., y M. Pereira. 1997a. Measuring the effectiveness of fiber by animal response trials. *J Dairy Sci* 80: 1416-1425. [http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(97\)76071-5/pdf](http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(97)76071-5/pdf)
- Armentano, L., y M. Pereira. 1997b. Measuring the effectiveness of fiber by animal response trials. *J Dairy Sci* 80: 1416-1425.
- Akins, M. S., Perfield, K. L., Green, H. B., Bertics, S. J., & Shaver, R. D. (2014). Effect of monensin in lactating dairy cow diets at 2 starch concentrations. *Journal of Dairy Science*, 97(2), 917–29. <http://doi.org/10.3168/jds.2013-6756>
- Bal, M. A., R. D. Shaver, y A. G. Jirovec. 2000. Crop processing and chop length of corn silage: Effects on intake, digestion, and milk production by dairy cows. *J Dairy Sci* 83: 1264-1273.
- Beauchemin, K. A., 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.
- Bernalier, A., G. Fonty, F. Bonnemoy, y P. Gouet. 1993. Inhibition of the cellulolytic of *neocallimastix frontalis* by *ruminococcus flavefaciens*. *J Gen Microbiology* 139: 873-880.
- Bernalier, A., G. Fonty, y P. Gouet. 1991. Cellulose degradation by two rumen anaerobic fungi in monoculture or in coculture with rumen bacteria. *Anim Feed Sci Technol* 32: 131-136.
- Bernard, L., J. P. Chaise, R. Baumont, y C. Poncet. 2000. The effect of physical form of orchardgrass hay on the passage of particulate matter through the rumen of sheep. *J. Anim. Sci.* 78: 1338-1354.
- Blake, R. W., A. A. Custodio, y W. H. Howard. 1986. Comparative feed efficiency of holstein and jersey cows. *J Dairy Sci* 69: 1302-1308.
- Breznak, J. A., y A. Brune. 1994. Role of microorganisms in the digestion of lignocellulose by termites. *Annu Rev Entomol* 39: 453-487.
- Cabrita, A. R. J., R. J. B. Bessa, S. P. Alves, R. J. Dewhurst, y A. J. M. Fonseca. 2007. Effects of dietary protein and starch on intake, milk production, and milk fatty acid profiles of dairy cows fed corn silage-based diets. *J Dairy Sci* 90: 1429–1439.

- Callaway, T. R., M. A. Carr, T. S. Edrington, R. C. Anderson, y D. J. Nisbet. 2008. Diet, escherichia coli o157:H7, and cattle: A review after 10 years. *Curr. Issues Mol. Biol* 11: 67-80.
- Clark, P. W., y L. Armentano. 1997a. Influence of particle size on the effectiveness of beet pulp fiber. *J Dairy Sci* 80: 898-904.
- Clark, P. W., y L. E. Armentano. 1997b. Replacement of alfalfa neutral detergent fiber with a combination of nonforage fiber sources. *J. Dairy Sci.* 80: 675-680.
- Clark, P. W., y L. E. Armentano. 1999. Influence of particle size on the effectiveness on the fiber in corn silage. *J Dairy Sci.* 82: 521-588.
- Coleman, G. S. 1985. The cellulase content of 15 species of entoniomorphid protozoa, mixed bacteria and plant debris isolated from ovine rumen. *J Agric Sci Camb* 104.
- Coleman, G. S. 1986. The distribution of carboximethylcellulase between fractions from rumen of sheep containing no protozoa or one of five different protozoal populations. *J Agric Sci Camb* 106: 121-127.
- Chaudhry, A. S. 2000. Microscopic studies of structure and ruminal fungal colonization in sheep of wheat straw treated with different alkalis. *Anaerobe* 6: 155-161.
- Dehority, B. A., y P. A. Tirabasso. 2000. Antibiosis between ruminal bacteria and ruminal fungi. *Appl Environ Microb.* 66: 2921-2927.
- Delmer, D. P. 1999. Cellulose biosynthesis: Exciting times for a difficult field of study. *Annu Rev Plant Mol. Biol.* 50: 245-276.
- Denman, S., G.-P. Xue, y B. Patel. 1996. Characterization of a neocallimastix patriciarum cellulase cdna (cela) homologus to trichoderma reesi cellobiohydrolase ii. *Appl Environ Microb* 62: 1889-1896.
- Erasmus, L. J. (2009). Improving Feed Efficiency in Dairy Cows with Feed Additives. Pacific Northwest Animal Nutrition Conference. Retrieved from <http://www.afma.co.za/imgs/Paper 13 - Prof Lourens J. Erasmus.pdf>
- Firkins, J. L. 1997. Effects of feeding nonforage fiber sources on site of fiber digestion. *J Dairy Sci* 80: 1426-1437.
- Fischer, J. M., J. G. Buchanan-Smith, C. Campbell, D. O. Grieve, y O. B. Allen. 1994. Effects of forage particle size and long hay for cows fed total mixed rations based on alfalfa and corn. *J Dairy Sci* 77: 217-229.
- Fonty, G., y K. N. Joblin. 1991. Rumen anaerobic fungi: Their role and interactions with other rumen microorganisms in relation to fiber digestion. In: Y. S. a. R. K. e. In T. Tsuda (ed.) *Physiological aspects of digestion and metabolism in ruminants.* p 655-680. Academic Press, New York.

- Gomez de Segura, B., R. Durand, y M. Fèvre. 1998. Multiplicity and expression of xylanases in the rumen fungus *neocallimastix frontalis*. *FEMS Microbiol Lett* 164: 47-53.
- Grant, R. J. 1997. Interactions among forages and nonforages fiber sources. *J Dairy Sci* 80: 1438-1446.
- Hall, M. B. 2008. What you feed vs what you get: Feed efficiency as a evaluation tool. In: *Proceeding 14 th Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium*
- Hall, M. B. 2004a. Using feed efficiency as a ration evaluation and nutrient management tools. *Advances in Dairy Technology* 16: 29
- Hall, M. B. 2004b. Using feed efficiency as a ration evaluation and nutrient management tools. *Advances in Dairy Technology* 16: 29-36.
- Heinrich, A. J., D. R. Buckmaster, y B. P. Lammers. 1999. Processing mixing, and particle size reduction of forage for dairy cattle. *J Animal Sci* 77: 180-186.
- Ho, Y. W., N. Abdullah, y S. Jalaludin. 1994. *Orpinomyces intercalaris*, a new species of polycentric anaerobic rumen fungus from cattle. *Mycotaxon* 50: 139-150.
- Ho, Y. W., y D. J. S. Barr. 1995. Classification of anaerobic gut fungi from herbivores with emphasis on rumen fungi from malaysia. *Mycologia* 87: 655-677.
- Heins, B. J., L. B. Hansen, A. J. Seykora, A. R. Hazel, D. G. Johnson, y J. G. Linn. 2008. Crossbreds of jersey x holstein compared with pure holsteins for body weight, body condition score, dry matter intake, and feed efficiency during the first one hundred fifty days of first lactation. *J Dairy Sci* 91: 3716-3722.
- Hutjens, M. F. 2005a. Dairy efficiency and dry matter intake. *Proceedings of the 7th western dairy management conference*. March 9-11, 2005. Reno, nv
- Hutjens, M. F. 2005b. Dairy efficiency and dry matter intake. *Proceedings of the 7th western dairy management conference*. March 9-11, 2005. Reno, nv
- Hutjens, M. F. 2005c. Feed efficiency and its economic impact on large herds. *Proc. Southwest nutr. Conf.* Pp 186-191 university of illinois, urbana, 2005, .
- Hutjens, M. F. 2005d. Feed efficiency and its economic impact on large herds, university of illinois, urbana, 2005, .
- Irvine, H. L., y C. S. Stewrt. 1991. Interactions between anaerobic celullolytic bacteria and fungi in the presence of *methanobrevibacter smithii*. *Lett Appl Microbiol* 12: 62-64.
- Kalmokoff, M. L., y R. M. Teather. 1997. Isolation and characterization of a bacteriocin (butyrivibriocin ar10) from the ruminal anaerobe *butyrivibrio fibrosolvens* ar10: Evidence in support of the widespread occurrence of bacteriocine-like activity among ruminal isolates of *b. Fibrosolvens*. *Appl Environ Microb* 63: 394-402.

- Kononoff, P. J., y A. J. Heinrichs. 2003. The effect of reducing alfalfa haylage particle size on cows in early lactation. *Journal Dairy Sci* 86: 1445–1457.
- Krause, D. M., D. K. Combs, y K. A. Beauchemin. 2002. Effects of forage particle size and grain fermentability in midlactation cows. I. Milk production and diet digestibility. *J Dairy Sci* 85: 1936-1946.
- Lee, S. S., J. K. Ha, y K.-J. Cheng. 2000. Relative contributions of bacteria, protozoa, and fungi to in vitro degradation of orchard grass cell walls and their interactions. *Appl Environ Microb* 66: 3807-3813.
- Linn, J. M., T. Trulla, D. Casper, y M.-. Raeth-Knight. 2005. Feed efficiency of lactating dairy cows. University of minnesota, st. Paul, mn. Extension service.
- Linn, J., y M.-. Raeth-Knight. 2005a. Using feed efficiency to evaluate performance of lactating dairy cows. In: *Proceedings of the California Animal Nutrition Conference*, May 11-12
- Linn, J., y M. Raeth-Knight. 2005b. Using feed efficiency to evaluate performance of lactating dairy cows. *Proceedings of the california animal nutrition conference*, may 11-12, fresno, ca.
- Maekawa, M., K. A. Beauchemin, y D. A. Christensen. 2002a. Effect of concentrate level and feeding management on chewing activities, saliva production, and ruminal ph of lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 85: 1165-1175.
- Maekawa, M., K. A. Beauchemin, y D. A. Christensen. 2002b. Chewing activity, saliva production, and ruminal ph of primiparous and multiparous lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 85: 1176-1182.
- Mertens, D. R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J Dairy Sci* 80: 1463-148⁰1.
- Miron, J., D. Ben-Ghedalia, y M. Morrison. 2001. Invited review: Adhesion mechanisms of rumen cellulolytic bacteria. *J Dairy Sci* 84: 1294-1309.
- Moallem, U., Lehrer, H., Livshitz, L., Zachut, M., & Yakoby, S. (2009). The effects of live yeast supplementation to dairy cows during the hot season on production , feed efficiency , and digestibility. *Journal of Dairy Science*, 92(1), 343–351. <http://doi.org/10.3168/jds.2007-0839>
- Mooney, C. S., y M. S. Allen. 1997. Physical effectiveness of the neutral detergent fiber of whole linted cottonseed relative to that of alfalfa silage at two lengths of cut. *J. Dairy Sci.* 80: 2052-2061.
- Murphy, M. R., y J. S. Zhu. 1997. A comparison of methods to analyze particle size as applied to alfalfa haylage, corn silage, and concentrate mix. *J. Dairy Sci.* 80: 2932-2938.

- Newbold, C. J., P. W. Griffin, y R. J. Wallace. 1989. Interactions between rumen bacteria and ciliate protozoa in their attachment to barley straw. *Lett Appl Microbiol* 8: 63-66.
- Nocek, J. E. 1997. Bovine acidosis: Implications on laminitis. *J Dairy Sci* 80: 1005-1028.
- Nocek, J. E., y S. Tamminga. 1991. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. *J Dairy Sci* 74: 3598-3629.
- Nogueira Filho, J. C. M., M. Fondevila, U. A. Barrios, y R. M. González. 2000. In vitro microbial fermentation of tropical grasses at an advanced maturity stage. *Anim Feed Sci Techn* 83: 145-157.
- Nousiainen, J., K. J. Shingfield, y P. Huhtanen. 2004. Evaluation of milk urea nitrogen as a diagnostic of protein feeding. *J. Dairy Sci.* 87: 386–398.
- Onetti, S. G., S. M.-. Reynal, y R. R. Grummer. 2004. Effect of alfalfa forage preservation method and particle length on performance of dairy cows fed corn silage-based diets and tallow. *J Dairy Sci* 87: 652-664.
- Onodera, R. K., K. Murakami, y K. Ogawa. 1988. Effect of inhibition by ciliate protozoa on the digestion of fibrous materials in vivo in the rumen of goats and in an rumen microbial ecosystem. *Agric Biol Chem* 52: 2635-2637.
- Orpin, C. G., y K. N. Joblin. 1997. The rumen anaerobic fungi. In: P. N. H. a. C. S. Stewart. (ed.) *The rumen microbial ecosystem*. p 140-195. Chapman and Hall., London, United Kingdom.
- Pereira, M. N., E. F. Garrett, y G. R. Oetzel. 1999a. Partial replacement of forage with nonforage fiber sources in lactating cow diets. L. Performance and health. *J. Dairy Sci.* 82: 2716-2730.
- Phillips, M. W., y G. L. R. Gordon. 1995. Carbohydrate fermentation by three species of polycentric ruminal fungi from cattle and water buffalo in tropical Australia. *Anaerobe* 1: 41-47.
- Piantoni, P., Lock, a L., & Allen, M. S. (2014). Milk production responses to dietary stearic acid vary by production level in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 98(3), 1938–1949. <http://doi.org/10.3168/jds.2014-8634>
- Plaizier, J. C. 2004. Replacing chopped alfalfa hay with alfalfa silage in barley grain and alfalfa-based total mixed rations for lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 87: 2495-2505.
- Roger, V. A., E. Bernalier, G. Grenet, G. Fonty, J. Jamot, y P. Gouet. 1993. Degradation of wheat straw and maize stem by monogastric and polycentric rumen fungi, alone or in association with rumen cellulolytic bacteria. *Anim Feed Sci Technol* 19: 25-31.
- Salvador, A., y G. Martínez. 2007. Factores que afectan la producción y composición de la leche de cabra: Revisión bibliográfica. *Rev. Fac. Cs. Vets.* 48: 61-76.

- Sanz Sampelayo, M. R., L. Pérez, J. Boza, y L. Amigo. 1998. Forage of different physical forms in the diets of lactating granadina goats: Nutrient digestibility and milk production and composition¹. *J Dairy Sci* 81: 492-498.
- Schettini, M. A., E. C. Prigge, y E. L. Nestor. 1999. Influence of mass and volume of ruminal contents on voluntary intake and digesta passage of a forage diet in steers. *J. Anim. Sci.* 77: 1896-1904.
- Schingoethe, D. J., K. N. Linke, K. F. Kalscheur, A. R. Hippen, D. R. Rennich, y I. Yoon. 2004. Feed efficiency of mid-lactation dairy cows fed yeast culture during summer. *J. Dairy Sci.* 87: 4178–4181. [http://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73561-4](http://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73561-4)
- Schingoethe, D. J., Linke, K. N., Kalscheur, K. F., Hippen, A. R., Rennich, D. R., & Yoon, I. (2004). Feed Efficiency of Mid-Lactation Dairy Cows Fed Yeast Culture During Summer *. *Journal of Dairy Science*, 87(12), 4178–4181.
- Schwab, E. C., R. D. Shaver, K. J. Shinnors, J. G. Lauer, y J. G. Coors. 2002. Processing and chop length effects in brown-midrib corn silage on intake, digestion, and milk production by dairy cows. *J Dairy Sci* 85: 613-623.
- Sepulveda, G. E., 2009 Effect of ambient temperature, humidity, month of insemination and semen (fresh or frozen) on reproductive performance of holstein cows treated with rbSt in northern Mexico. MS thesis. Univ. Aut. Agric. Antonio Narro, Torreon, Mexico.
- Shi, Y., y P. J. Weimer. 1997b. Competition for cellobiose among three predominant ruminal cellulolytic bacteria under substrate-excess and substrate-limited conditions. *Appl Environ Microbiol* 63: 743-748.
- Soita, H. W., M. Fehr, D. A. Christensen, y T. Mutsvangwa. 2005. Effects of corn silage particle length and forage:Concentrate ratio on milk fatty acid composition in dairy cows fed supplemental flaxseed. . *J Dairy Sci* 88: 2813-2819.
- Soita, H. W., D. A. Christensen, y J. J. McKinnon. 2000a. Influence of particle size on the effectiveness of the fiber in barley silage. *Journal of Dairy Science* 83: 2295–2300.
- Soita, H. W., D. A. Christensen, y J. J. McKinnon. 2000b. Influence of particle size on the effectiveness of the fiber in barley silage. *J Dairy Sci* 83: 2295-2300.
- Stewart, C. S., H. J. Flint, y M. P. Bryant. 1997. The rumen bacteria. In: P. N. Hobson and C. S. Stewart (ed.) *The rumen microbial ecosystem*. p 10-72. Blackie Academic and Professional Publishers, London, United Kingdom.
- Teimouri Yansari, A., R., A. Valizadeh, D. A. Naserian, A. Christensen, P. Yu, y F. Eftekhari Shahroodi. 2004. Effects of alfalfa particle size and specific gravity on chewing activity, digestibility, and performance of holstein dairy cows. . *J Dairy Sci* 87: 3912-3924.

- Tomme, P., R. A. J. Warren, y N. R. D. Gilkes. 1995. Cellulose hydrolisis by bacteria and fungi. *Adv Microb Physiol.* 37: 1-82.
- Tyrrell, H. F., y J. T. Reid. 1965. Prediction of the energy value of cow's milk. *J Dairy Sci* 48: 1215-1223.
- Varga, G. A., y E. S. Kolver. 1997. Microbial and animal limitations to fiber digestion and utilization. *J Nutr* 127: 819S-823S.
- Veekamp, R. F. 1998. Selection for economic efficiency of dairy cattle using information on live weight and feed intake: A review. *J Dairy Sci* 81: 1109-1119.
- Wang, Z., M. L. Eastridge, y X. Qiu. 2001. Effects of forage neutral detergent fiber and yeast culture on performance of cows during early lactation. *J Dairy Sci* 84: 204-212.
- Weimer, P. J., J. M. Lopez-Guisa, y A. D. French. 1990. Effect of cellulose fine structure on the kinetics of its digestion by mixed ruminal microflora in vitro. *Appl Environ Microbiol* 56: 2421-2429.
- Williams, A. G., y G. S. Coleman. 1997. The rumen protozoa. In: P. N. Hobson and C. S. Stewart (ed.) *The rumen microbial ecosystem.* p 73-139. Blackie Academic and Professional Publishers, London, United Kingdom.
- Williams, A. G., y S. E. Withers. 1991. Effect of ciliate protozoa on the activity of polysaccharide-degrading enzymes and fibre breakdown in the rumen ecosystem. *J Appl Microbiol* 70: 144-155.
- Wood, T. M., y C. A. Wilson. 1995. Studies on the capacity of the cellulose of anaerobic fungus *piromonas communis* p to degradate hydrogen bond-ordered cellulose. *Appl Microbiol Biot* 43: 572-578.
- Wubah, D. A., y D. S. H. Kim. 1996. Chemoattraction of anaerobic ruminal fungi zoospores to selected phenolic acids. *Microbiol. Res.* 151: 257-262.
- Yang, W. Z., K. A. Beauchemin, y L. M. Rode. 2001a. 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. 2001b. Barley processing, forage:Concentrate, and forage length effects on chewing and digesta passage in lactating cows. *J Dairy Sci* 84: 2709-2720.
- Yang, W. Z., K. A. Beauchemin, y L. M. Rode. 2002. Effects of particle size of alfalfa-based dairy cows diets on site and extent of digestion. *J Dairy Sci* 85: 1958-1968.
- Yang, W. Z., y K. A. Beauchemin. 2007. 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. 2009. Increasing physically effective fiber content of dairy cow diets through forage proportion versus forage chop length: Chewing and ruminal ph. . J Dairy Sci 92: 1603-1615.