

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN CIENCIAS VETERINARIAS**



**EFFECTO DE LA SUPLEMENTACION DE PROTEINA VEGETAL SOBRE
PRODUCCION Y COMPOSICION DE LECHE EN VACAS HOLSTEIN**

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS VETERINARIAS**

**PRESENTA:
JOSÉ AMILCAR ESQUINCA ORTIZ**

**DIRECTOR DE TESIS:
DR. MARTÍN FRANCISCO MONTAÑO GÓMEZ**

MEXICALI, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

FEBRERO DE 2018

Efecto de la suplementación de proteína vegetal sobre producción y composición de leche en vacas Holstein. Tesis presentada por José Amilcar Esquinca Ortiz como requisito parcial para obtener el Grado de Maestro en Ciencias Veterinarias, que ha sido aprobada por el siguiente comité:

Dr. Martín Francisco Montaña Gómez

Director

M.C. Miguel Ángel Vega Cázares

Asesor

M.C. Ramón Manuel Valenzuela Padilla

Asesor

Dr. Juan Octavio Chirino Romero

Asesor

M.C. José Meléndrez Lozano

Asesor

Mexicali, Baja California, México

Febrero de 2018

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	12
JUSTIFICACIÓN	17
OBJETIVOS	12
Objetivo general	12
Objetivo específico	12
HIPÓTESIS	13
REVISIÓN DE LITERATURA	20
Antecedentes	20
Producción de aminoácidos de la leche	21
Efecto del nivel de proteína metabolizable en la producción de leche y la utilización de Nitrógeno en vacas lactantes.	22
Efecto de niveles de DDG´S sobre producción de leche	27
Efecto de diferentes fuentes de proteína sobre la producción de leche	31
Efecto de diferentes subproductos sobre producción de leche	32
Efecto de niveles de DDG´S sobre porcentaje de grasa en leche	33
Efecto de diferentes fuentes de proteína sobre porcentaje de grasa en leche ..	34
Efecto de diferentes subproductos sobre porcentaje de grasa en leche	35
Efecto de niveles de DDG´S sobre porcentaje de proteína en leche	36
Efecto de diferentes fuentes de proteína sobre porcentaje de proteína en leche	37
Efecto de diferentes subproductos sobre porcentaje de proteína en leche	38
Efecto de diferentes niveles de DDG´S sobre porcentaje de lactosa en leche ..	39
Efecto de diferentes fuentes de proteína sobre porcentaje de lactosa en leche	39

Efecto de diferentes subproductos sobre porcentaje de lactosa en leche	40
Efecto de niveles de DDG´S sobre conteo de células somáticas	40
Efecto de diferentes fuentes de proteína sobre conteo de células somáticas....	40
Efecto de diferentes subprductos sobre conteo de células somáticas	41
Efecto de diferentes fuentes de proteína sobre porcentaje de sólidos no grasos en leche	41
MATERIALES Y MÉTODOS	42
Área de estudio	42
Material biológico	42
Tratamientos	42
Diseño del Experimento y Análisis Estadístico	45
Toma de muestras.	45
Análisis de muestras.	45
RESULTADOS Y DISCUSION	Error! Bookmark not defined.
LITERATURA CITADA	Error! Bookmark not defined.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Baja California, al Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias que han brindado las condiciones necesarias para llevar a cabo este y otros proyectos en pro de la investigación.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por brindarme el apoyo económico necesario para lograr este avance profesional.

Mi más infinito agradecimiento al Dr. Martín Francisco Montaña Gómez que siempre se mostró paciente, con una actitud proactiva a las peticiones e inquietudes que a lo largo de estos dos años se fueron presentando.

A todos los profesionistas, profesores, amigos y en especial a todos aquellos que de forma desinteresada llegaron a aportar cualquier idea y ayudaron a dilucidar mis dudas, por su paciencia y compromiso, que otorgan la base fundamental de mi desarrollo como persona y profesionista, por los sabios consejos llenos de experiencia, enseñanza y sabiduría, que gracias a ello sabré afrontar de mejor manera los problemas y obstáculos que a diario me enfrentaré. Gracias por enseñarme el sentido de la ética y el profesionalismo ante cualquier circunstancia.

A mis padres, que resumiré el agradecimiento al gran apoyo que me han dado, a decir que sin el apoyo de ellos y mi familia no estuvieran plasmadas estas palabras y todo el gran esfuerzo que ellas conllevan. Muchas gracias por guiarme por el camino correcto, sus enseñanzas y consejos siempre los voy a tener presentes y nunca los olvidaré.

DEDICATORIA

A mis padres, mis hermanos y mi familia; un logro más culminado gracias a su apoyo incondicional hasta ahora ante las decisiones que he tomado no sólo profesionalmente.

A mis amigos, hermanos que no llevan la misma sangre pero siempre están ahí para apoyarme.

LISTA DE TABLAS

Tabla	Página
1 Reportes de producción y componentes de leche al incluir DDG´s en la dieta de vacas lecheras	17
2 Dietas experimentales.....	30
3 Condición corporal de las unidades experimentales.....	31
4 Calendario de pesado de leche y toma de muestra.....	31
5 Efecto de los tratamientos sobre las variables de respuesta.....	33

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la suplementación de tres proteínas vegetal sobre producción y calidad de leche en vacas Holstein. Se utilizaron 12 vacas Holstein multíparas (más de 2 partos) en su primer tercio de lactación. Cada unidad experimental se asignó a una corraleta con comedero individual y bebedero automático compartido para dos unidades experimentales. Los tres tratamientos consistirán en la fuente de proteína vegetal suplementaria: TMT1: Dieta tradicional a base de heno de alfalfa (Control); TMT2: harina de soya; TMT3: DDGs. Las dietas se ofrecieron por partes iguales diariamente a las 07:00 y 15:00 hrs. Los animales consumirán las dietas *ad libitum*, asegurándose que en el comedero quede alrededor del 5% del total ofrecido. El experimento considerará un período de 14 días de adaptación a los tratamientos y 56 días de período de pesado de leche y toma de muestras. El pesado y la toma de muestras de leche se realizaron los días viernes durante el ordeño de las 04:30 y 16:30 hrs. Inmediatamente después de salir los animales de la sala de ordeño se tomarán muestras de sangre vía punción vena caudal o coxígea. Se realizaron los análisis correspondientes para determinar la composición de las mismas, la cual consiste en la concentración de grasa, proteína, lactosa, sólidos totales y nitrógeno Ureico en Leche y sangre (NUL y NUS). Los análisis se llevaron a cabo en el Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias de la UABC. No se mostraron diferencias significativas ($P > 0.05$) para producción de leche, sus componentes, rendimiento de sus componentes ni para las concentraciones de NUS y NUL. El valor de asociación observado entre NUL y NUS fue de $r=0.69$. La sustitución de cualquiera de los suplementos proteicos de origen vegetal en sustitución parcial de heno de alfalfa como fuente de proteína vegetal en la dieta mantiene sin alteración la producción y composición de la leche, así mismo los niveles de NUL y NUS se mantuvieron dentro de los rangos normales, lo cual posiblemente indica que la eficiencia de utilización de proteína para los suplementos proteicos usados en

estos experimentos es similar entre ellos. El sustituto recomendado a utilizar, dependerá de la oferta y demanda según la región donde se plantee su uso y un correcto balance de proteína y energía en la dieta.

ABSTACT

The objective of the present work was to evaluate the effect of the supplementation of three vegetable proteins on milk production and quality in Holstein cows. Twelve multiparous Holstein cows (more than 2 births) were used in their first third of lactation. Each experimental unit was assigned to a corraleta with individual feeder and shared automatic drinker for two experimental units. The three treatments will consist of the source of supplementary vegetable protein: TMT1: Traditional diet based on alfalfa hay (Control); TMT2: soybean meal; TMT3: DDGs. The diets were offered in equal parts daily at 07:00 and 15:00 hrs. The animals will consume the ad libitum diets, making sure that around 5% of the total offered is in the feeder. The experiment will consider a period of 14 days of adaptation to treatments and 56 days of heavy milk period and sampling. The weighing and sampling of milk were carried out on Fridays during the milking of 04:30 and 16:30 hrs. Immediately after leaving the animals in the milking parlor, blood samples will be taken via caudal or coxigeal vein puncture. The corresponding analyzes were carried out to determine their composition, which consists in the concentration of fat, protein, lactose, total solids and Ureic nitrogen in milk and blood (NUL and NUS). The analyzes were carried out at the Veterinary Sciences Research Institute of the UABC. There were no significant differences ($P > 0.05$) for milk production, its components, performance of its components or for the concentrations of NUS and NUL. The association value observed between NUL and NUS was $r = 0.69$. The replacement of any of the protein supplements of vegetable origin in partial substitution of alfalfa hay as a source of vegetable protein in the diet maintains the production and composition of the milk without alteration, likewise the levels of NUL and NUS were maintained within the normal ranges, which possibly indicates that the efficiency of protein utilization for protein supplements used in these experiments is similar among them. The recommended substitute to be used will depend on the supply and demand according to the

region where its use is proposed and a correct balance of protein and energy in the diet.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar el efecto de la suplementación de proteína vegetal sobre producción y calidad de leche en vacas holstein.

Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de los tratamientos sobre producción de leche.
- Evaluar el efecto de los tratamientos sobre composición láctea.

HIPÓTESIS

La inclusión de distintas fuentes de proteína vegetal no afecta negativamente la producción y composición láctea en vacas Holstein.

INTRODUCCIÓN

Existe evidencia que desde el año 3100 A. C. el ganado bovino fue domesticado y la leche comenzó a tener mucha importancia en la dieta humana (Svennersten-Sjaunja and Olsson, 2005) por sus aportes nutricionales (Simopoulos, 2000).

Por este sentido la producción mundial de leche procede casi en su totalidad de ganado bovino, aportando un 83 por ciento de la producción lechera mundial (FAO, 2016), donde México es el séptimo productor de leche a nivel mundial, en septiembre de 2016 se han producido alrededor de 8 mil 634 millones de litros de leche (1.7% más que el 2015) (SIAP, 2016).

Se conoce que cerca del 50 % de la producción de leche se obtiene de vacas lecheras especializadas, el 41% de ganado de doble propósito y el resto en lechería familiar o de subsistencia (Research and Market, 2011).

Sin embargo la concentración de los diversos componentes de la leche (grasa, proteína, lactosa, etc.) determinará la calidad de la misma (Hurley, 2009) y le aportará las características organolépticas específicas (Wattiaux, 2011). Los diversos sistemas de producción se basan en la forma de alimentar al ganado que va desde el pastoreo libre hasta la formulación de una dieta total mezclada ofrecida en confinamiento.

Las vacas lecheras deben ser alimentadas con altas cantidades de proteína de gran valor, ya que usualmente la degradación de la proteína bacteriana no está acoplada a la síntesis microbiana de proteína (MPS), lo cual conlleva usualmente a un incremento de la producción de amoníaco (NH_3), mismo que es convertido a urea en hígado y finalmente excretado mediante la orina. Incrementando el nivel de almidón rápidamente degradable en rumen, ya sea aumentando el contenido dietético de maíz rolado con alta humedad (Vagnoni y Broderick, 1997) o moliendo finalmente el maíz de alta humedad (Ekinci y Broderick, 1997) se reducen las

concentraciones ruminales de amoníaco e incrementa la proteína de la leche (Ekinci y Broderick, 1997; Vagnoni y Broderick, 1997) probablemente a partir de la síntesis microbiana de proteína (Vagnoni y Broderick, 1997).

La forma del nitrógeno ruminalmente degradable también tiene un efecto en el crecimiento microbial y la producción de proteína. Santos et al. (1998) y NRC (2001), mencionan que las variaciones en la producción de leche no son explicadas únicamente debido a las variaciones en los niveles de proteína de sobrepaso o proteína no degradable en rumen. Metcalf et al. (1996) y Wright et al. (1998) al estar trabajando sobre proteína no degradable en rumen, concluyeron que los cambios en producción de leche estaban relacionados más bien con la proteína metabolizable más que con la proteína de sobrepaso del rumen.

Una vaca lechera sintetiza entre 3 y 5 kg de proteína al día (Bequette et al., 1996b; Lapierre et al., 2002; Raggio et al., 2006b), lo cual representa una cantidad considerablemente en exceso al compararla con la proteína ingerida diariamente o de la proteína absorbida desde el tracto gastrointestinal (Lapierre et al., 2002). En la práctica, los requerimientos de suplementación de proteína metabolizable o más importante, los aminoácidos constituyentes son determinados por la fracción de proteína sintetizada para propósitos anabólicos (p. ej. proteína de la leche, proteína excretada en heces y la descamación más tejidos retenidos) más los aminoácidos que son catabolizados. En este sentido, en la base de datos utilizada en la revisión realizada por Lapierre (2012), en las vacas control la secreción de proteína verdadera representa un cuarto de la proteína metabolizable suplementada, indicando que la glándula mamaria es la mayor utilizadora neta de aminoácidos suplementados.

La alimentación del ganado de leche representa entre un 45 a un 60% de los costos totales de producción, por lo cual el tipo de alimentación es uno de los factores que más afecta la rentabilidad de una explotación lechera. Tradicionalmente, los forrajes han sido los principales ingredientes de las dietas

ofrecidas a vacas lecheras. La calidad de los mismos tiene influencia sobre el consumo de energía, su disponibilidad de mantenimiento, producción de leche y salud de los animales (Castro et al, 2010). La composición de la leche está influida por diversos factores que van desde la raza de los animales y la edad hasta las características de la dieta que consumen.

Las fuentes proteicas se caracterizan entre otras cosas por tener elevados costos, por lo que la mejoría de ganancias podría en parte acreditarse a una reducción de éstas, a la vez de reducir el contenido de nitrógeno ureico en leche, el cual puede ocasionar problemas en el procesamiento de lácteos (Acosta et al., 2005). Al mismo tiempo, elevadas concentraciones de nitrógeno ureico en sangre pueden causar problemas reproductivos en los hatos (Arias y Nesti de Alonso, 1999). Es conocido que altas concentraciones de nitrógeno ureico en sangre puede alterar el pH uterino por varios días después del estro (Rhoads et al., 2004) y hacer que se reduzca la viabilidad del embrión (Rhoads et al., 2006).

JUSTIFICACIÓN

En la alimentación de bovinos productores de leche una de las partes más importantes para cubrir dentro de sus necesidades tanto de mantenimiento como de producción son los requerimientos de proteína. De este modo las fuentes proteicas son importantes para cubrir estos requerimientos (mantenimiento y producción). Los altos costos debidos a factores tales como el incremento de la demanda de granos por parte de la población humana para el consumo propio, así como el aumento en la misma población entre otros factores, han impulsado la exploración de fuentes alternas de proteína disponibles localmente y a bajo costo, tal es el caso de los subproductos de la industria de la obtención de aceites de origen vegetal. Así mismo, los costos de alimentación en la producción lechera representan el renglón más alto dentro de la inversión total, por lo que la disminución de costos contribuye a enfrentar la competitividad que representa la apertura comercial y la globalización, así como reducir, de manera indirecta, las necesidades de consumo per cápita.

Un importante beneficio de la alimentación con subproductos, es el bajo costo de estos. Los costos de alimentación son los principales costos variables asociados a la producción ganadera. Por lo tanto, una producción exitosa, está basada en la reducción de costos de producción y el mantenimiento de la productividad de los animales. Sin embargo el uso de subproductos húmedos, puede estar limitado por los altos costos de transporte debido a la alta humedad de esto subproductos.

Durante la cosecha y/o el procesamiento de materias primas se obtienen subproductos, los cuales tienen un valor agregado cuando se ofrece como alimento al ganado. En un estudio realizado por Bath et al. (1993) se identificaron 355 subproductos, la mayoría de los cuales son utilizados en la actualidad en la alimentación de ganado en EE. UU.

En teoría, cualquier producto que tenga valor nutritivo, puede ser utilizado como alimento para el ganado. Una gran gama de subproductos pueden ser substituidos en las dietas de rumiantes por la enorme capacidad que tienen los rumiantes de desdoblar los carbohidratos estructurales.

Esta práctica se ha venido dando desde hace cientos, incluso miles de años. Y en los últimos años debido a los cambios climáticos, como la precipitación pluvial, problemas económicos y una ausencia en la tecnología del procesamiento de desechos, han recibido especial atención por parte de ganaderos y nutriólogos.

Este tipo de suplementación tiene 2 grandes ventajas: 1) disminución de la dependencia del ganado a granos que pueden ser destinados al uso humano y 2) el manejo de desechos.

Otros beneficios adicionales a esto es que al clasificarse como subproductos, el costo es menor que al producto del cual fueron extraídos (excepto en la pasta de soya), por lo tanto disminuyen considerablemente los costos de producción, aunado a un beneficio extra, que radica en que, al incluirlos en la ración, no modifican negativamente la producción láctea de las vacas ni la composición de la misma, inclusive, se puede hablar de que algunos de ellos pueden llegar a mejorar estos aspectos (producción y composición) de la leche (Sterm y Ziemer, 1993).

El uso de DDG'S como suplemento alimenticio se ha estudiado en vacas lecheras con resultados favorables sobre la producción de leche. Se han reportado aumentos de hasta de 3.8 kg/vaca/día. No obstante, también se han reportado resultados contrarios, tales como disminuciones en la producción de 2.3 kg/vaca/día. Asimismo, se han observado al mismo tiempo efectos sobre la composición de la leche, tales como disminuciones en el contenido de grasa láctea a medida que incrementa la adición de DDG'S en la dieta, reportándose efectos similares sobre el contenido de lactosa y proteína en leche. Por lo anterior es de suma importancia conocer el efecto de la suplementación de diferentes

niveles de DDG´S en la dieta de vacas lecheras sobre producción y calidad de leche.

REVISIÓN DE LITERATURA

Factores tales como el elevado precio de la tierras y muchas veces la poca disponibilidad de las mismas, ha obligado a productores de leche a ser más eficientes en cuanto a producir mayor cantidad de leche en menor cantidad de tierras (Cherney et al., 2004). Esta eficiencia en cuanto al uso de la tierra, va de la mano con el uso eficiente de los nutrientes que se tienen el medio para mantener la producción de manera rentable. Tradicionalmente, los forrajes han representado el mayor porcentaje de los ingredientes en las dietas de vacas lecheras (Vélez et al., 2002).

La relación forraje-concentrado en dietas de vacas lecheras puede afectar el consumo de materia seca (NRC, 2001), al igual que la proporción de ácidos grasos en la leche. Al mismo tiempo, la reducción de la proporción forraje-concentrado está asociado a niveles bajos de grasa en leche y a un elevado contenido de proteína en la misma (Neveu et al., 2013). La proporción de forraje en la dieta puede ser obtenida mediante el pastoreo directo o a través de forraje puesto en el comedero.

Antecedentes

Un subproducto es aquel que se obtiene durante la cosecha o el procesamiento de materias primas y tiene valor como alimento de ganado. Bath et al. (1993) identificaron 355 subproductos, que son una parte importante de la oferta de alimentación de ganado en Estados Unidos de Norteamérica.

Teóricamente, prácticamente cualquier producto con valor nutritivo puede servir como alimento para el ganado. Un gran número de subproductos pueden ser substituidos en dietas de rumiantes por la gran capacidad del rumen de procesar alimentos altos en fibra. La producción láctea de las vacas lecheras no se ha visto comprometida al usar subproductos, y ciertos subproductos, de hecho,

pueden aumentar la producción de leche y la producción de grasa más que los granos de cereales (Stern y Ziemer, 1993).

Metabolismo mamario de aminoácidos

Una vaca lechera sintetiza entre 3 y 5 kg de proteína al día (Bequette et al., 1996b; Lapierre et al., 2002; Raggio et al., 2006b), lo cual representa una cantidad considerablemente en exceso al compararla con la proteína ingerida diariamente o de la proteína absorbida desde el tracto gastrointestinal (Lapierre et al., 2002). En la práctica, los requerimientos de suplementación de proteína metabolizable o, más importante, los aminoácidos constituyentes son determinados por la fracción de proteína sintetizada para propósitos anabólicos (p. ej. proteína de la leche, proteína excretada en heces y la descamación más tejidos retenidos) más los aminoácidos que son catabolizados. En este sentido, en la base de datos utilizada en la revisión realizada por Lapierre (2012), en las vacas control, la secreción de proteína verdadera representó un cuarto de la proteína metabolizable suplementada, indicando que la glándula mamaria es la mayor utilizadora neta de aminoácidos suplementados. La ruta desde los aminoácidos que pasan hacia la circulación portal desde la digestión intestinal de proteína hasta la secreción de proteína de la leche no es, sin embargo, un proceso directo e involucra interacciones complejas entre varios órganos mayores, aunque la glándula mamaria juega un rol obvio central en la parte metabólica.

Producción de aminoácidos de la leche.

Hay dos formas de medir la composición de aminoácidos de la leche; una es mediante la proporción U:O [Por sus iniciales en inglés, uptake:output (consumo: producción) de la leche, o la calculada por Swaisgood (1995), el cual fue obtenido mediante la media de la composición de la leche de las principales proteínas y la composición de aminoácidos de esas proteínas calculado de la

secuencia de aminoácidos y las secuencias de bases de DNA. De este modo 1 kg de proteína hidrolizada de la leche, produce 1.13kg de aminoácidos, debido a la adición de H₂O por cada esqueleto de péptido hidrolizado y la presencia de fosfoserina. Estos cálculos no son tomados desde la proteína secretada en leche, sino que son tomados desde las albúminas e inmunoglobulinas transferidas desde la sangre (Waghorn y Baldwin, 1984; Creamer et al., 2003). La composición de aminoácidos de la leche se basó más en la proteína verdadera que en la proteína cruda, ya que la fracción de NNP varía según los tratamientos.

Efecto del nivel de proteína metabolizable en la producción de leche y la utilización de nitrógeno en vacas lactantes.

Idealmente la proteína cruda de la dieta debe de suplir niveles adecuados de proteína degradable en rumen (RDP, por sus siglas en inglés, Rumen Degradable Protein) para la producción de leche y proteína en términos del contenido de sus aminoácidos (NRC, 2001), aunado a cantidades adecuadas de proteína no degradable en el rumen (RUP, por sus siglas en inglés Rumen Undegradable Protein) que complemente a la proteína microbial sintetizada a partir de la RDP con la máxima productividad pero el menor desecho de N. El modelo de NRC (2001) predice que la concentración dietaria de proteína cruda necesaria para la producción de leche decrece cuando la RUP suplementada aumenta en la dieta. Si ésta suposición es verdadera, la eficiencia de conversión de nitrógeno dietario a proteína de la leche puede ser mejorada y se puede obtener un beneficio económico debido a la reducción de costos de alimentación y el incremento de la producción.

Se espera una buena relación entre cambios en el suplemento de PM (proteína metabolizable) y cambios en la secreción de proteína de la leche, dado que la PM dada, es un factor clave que determina la secreción de proteína de la leche en vacas lecheras en lactación (NRC, 2001; Broderick et al., 2010).

Las vacas altas productoras son alimentadas con altas cantidades de proteína de gran valor, ya que la degradación de la proteína bacteriana no está acoplada a la síntesis microbiana de proteína (MPS), usualmente la producción de amoníaco (NH_3) es excesiva y finalmente excretada como nitrógeno por la orina. Incrementando el nivel de almidón rápidamente degradable en rumen, ya sea aumentando el contenido dietético de maíz con alta humedad (Vagnoni y Broderick, 1997) o moliendo finamente el maíz de alta humedad (Ekinci y Broderick, 1997) se reducen las concentraciones ruminales de amoníaco e incrementa la proteína de la leche (Ekinci y Broderick, 1997; Vagnoni y Broderick, 1997) probablemente a partir de la síntesis microbiana de proteína (Vagnoni y Broderick, 1997). La forma del nitrógeno ruminalmente degradable también tiene un efecto en el crecimiento microbial y la producción de proteína.

Si la hidrólisis de aminoácidos y la tasa de producción de amoníaco son mayores que la utilización de proteína microbiana, los niveles de amoníaco ruminal y de urea en el plasma incrementarán considerablemente, resultando en un desperdicio del nitrógeno y posibles niveles tóxicos urea para el animal (Becht, 1987).

La suplementación de PNDR ha mostrado efectos inconsistentes en la producción de leche cuando se le compara con la pasta de soja (Santos et al., 1998). Sin embargo, algunas fuentes de PNDR como expeler de pasta de soya (ESBM, por sus siglas en inglés, Expeller SoyBean Meal) mejoraron la producción de leche cuando se administraron en dietas que contenían silo de alfalfa (Broderick et al., 1990) o silo de alfalfa más silo de maíz (Reynal y Broderick, 2003). Estudios recientes (Broderick, 2003; Olmos Colmenero y Broderick, 2006a) mostraron que dietas basadas en silo de alfalfa y silo de maíz y suplementado con pasta de soya (extraída con solventes) arrojaron un máximo de producción de proteína y leche con 16.5% PC. Acorde con los mismos autores cualquier incremento en el contenido de PC de esta dieta incrementará los residuos de N en la orina y disminuirá la eficiencia de conversión del N.

Por sí sola, la variación en los niveles de la proteína de sobrepaso o proteína no degradable en rumen no explican las variaciones en la producción de leche (Santos et al., 1998;NRC 2001). Cuando este dato reciente se reevaluó usando este enfoque, fue claro que los cambios en la producción de leche estaban relacionados más bien con la proteína metabolizable que con la proteína no digestible en rumen o proteína cruda (Metcalf et al., 1996;Wright et al., 1998).

Tanto la proteína microbiana ruminal, la RUP y la proteína endógena, contribuyen a el flujo de aminoácidos en el intestino delgado (proteína metabolizable), donde la proteína microbiana ruminal aporta la mayor parte del flujo total de aminoácidos (Clark et al., 1992;Santos y Huber, 1995). Por lo tanto, la suplementación de PM es una forma directa de incrementar los aminoácidos que entran al duodeno. Sin embargo, una sobrealimentación de proteína puede resultar en una excesiva excreción de nitrógeno urinario, la forma medioambiental más lábil de nitrógeno excretado (Varel et al., 1999).

Diferentes suplementos proteicos como la pasta de canola (CM) o granos secos de destilería (DDG) son ahora ampliamente usados en Norte América en raciones de ganado lechero en una alternativa económica a la harina de soya (SBM). Con la continua expansión de la industria del etanol en Norte América, los DDG han llegado a ser un ingrediente común en ganado, usados para suplir ambos, proteína y energía (Schingoethe et al., 2009;Zhang et al., 2010). Por otra parte, cambios para mejorar el proceso de la fermentación del etanol de maíz tiene resultados en nuevos productos, como DDG de alta proteína.

Por ejemplo, en algunos estudios realizados para evaluar tipos de suplemento proteico, en vacas control, la secreción de proteína verdadera de la leche representa la mitad de proteína metabolizable suplementada, indicando que la glándula mamaria es la mayor utilizadora de aminoácidos suplementados (Lapierre et al. 2012).

Como medida para evitar esta contaminación al medio ambiente por parte del nitrógeno, se ha recurrido y recomendado disminuir los niveles de PC de la dieta, sin embargo disminuyendo la concentración de PC de la dieta, puede resultar en una suplementación deficiente de los requerimientos de PC (NRC, 2001) y comprometer la productividad de la vaca debido a un decremento en la producción de leche y de proteína de la leche (Cabrita et al., 2011; Lee et al., 2011b).

En un trabajo realizado por Wang et al. (2007), en el cual se evaluó el efecto del nivel de suplementación de proteína metabolizable se utilizaron 4 dietas en las que se incluía pasta de soya, semilla de algodón, harinolina y pasta de canola como suplementos proteicos, con los siguientes porcentajes de inclusión de PM Dieta A; 8.3%, Dieta B; 8.9%, Dieta C; 9.7% y Dieta D; 10.4%. En cuanto a la formulación de la dieta A, se basó en lo establecido por la Estación Animal China de Producción y Salud Animal, mientras que el porcentaje de PM de la dieta D, fue basado en el NRC (2001). De las 4 dietas, de la que se obtuvo mejores resultados fue de la dieta C, ya que en respuesta a la inclusión de niveles mayores de PM se observaron efectos negativos.

Los resultados de este estudio realizado por Wang et al. (2007) coincidieron con los resultados obtenidos previamente por Raggio et al. (2004) donde indicaron que la producción media diaria de leche aumentó de 33.9 a 36.2 kg/d conforme la PM incrementó de 8.1% a 10.2% de la MS, a la vez que un incremento del 30% de la PM incrementó tanto la producción de leche como su contenido de proteína (Metcalf et al., 1996; Wright et al., 1998).

En contraste a lo anteriormente señalado, reportes previos mostraron que la producción de leche no aumentó cuando la proteína de la dieta incrementó de 17.2% a 19% (Sannes et al., 2002), de 16.8 a 19.4% (Davidson et al., 2003) de 16.7 a 18.4% (Broderick, 2003) ni de 15 a 18.7% (Groff y Wu, 2005). En el estudio realizado por Wang et al. (2007), la producción diaria media por vaca incrementó

2.6 kg/d, comparando el nivel más alto de PM (10.2 %) añadido en la dieta, con el nivel más bajo (8.1%), equivalente a aumentar 1.2 kg/d cada 1% en el aumento de la proteína metabolizable (PM).

En respuesta a un incremento de la PM de 8.2 a 10.3%, la eficiencia de conversión (proteína de la leche:CP ingerida) decreció (Wang et al., 2007), lo cual coincide con lo observado por otros investigadores (Dinn et al., 1998). Diversos autores (Wang et al. 2007;Wright et al., 1998;Castillo et al., 2001;Raggio et al., 2004) han obtenido similares resultados, mencionando que el nitrógeno excretado o transferido en la leche aumenta en respuesta a un incremento en la suplementación de proteína metabolizable en la dieta; por lo tanto, la eficiencia de conversión de nitrógeno ingerido a leche disminuye cuando la cantidad de PM aumenta. Esto implica que un incremento en el nivel de PM de la dieta puede resultar en un incremento de la salida (excreción) de nitrógeno al medio ambiente (Wang et al., 2007), debido a que la excreción urinaria de urea es proporcional a la concentración de urea en sangre (Ciszuk y Gebregziabher, 1994).

En un estudio realizado por Sannes et al. (2002), concluyeron que las concentraciones de urea en sangre aumentan incrementando el nivel de la PC y a su vez, estuvo incrementada en dietas en donde se suministró pasta de soya en comparación con dietas en las que se incluyó urea.

La concentración de nitrógeno ureico en leche y plasma están estrechamente relacionados (Wang et al., 2007;Baker et al.,1995;Campanile et al. 1998 y Broderick y Clayton, 1997). Con un incremento de los niveles de PM de la dieta aumentan también la cantidad de nitrógeno ureico en suero, orina y leche; es decir, al aumentar la PM en la dieta, la eficiencia de conversión a leche disminuye por un aumento en la excreción de nitrógeno en orina leche y suero. Por lo tanto, el contenido de PM en la dieta no debe basarse únicamente en la producción de leche, sino también deben tomarse en cuenta la excreción de nitrógeno y el daño al medio ambiente que este causa (Wang et al., 2007).

Suplementación de aminoácidos protegidos del rumen

La suplementación individual de aminoácidos (AA) puede afectar los parámetros productivos. Se ha estimado y reportado que la metionina es el primer AA limitante en dietas típicas norteamericanas (NRC, 2001), y por lo tanto la suplementación con metionina protegida del rumen (MetPR) ha sido propuesta para mejorar la producción de leche en ganado lechero. Sin embargo, los resultados en experimentos en los que se evalúa el rendimiento que tiene la suplementación de la MetPR han sido inconsistentes (Patton, 2010; Robinson, 2010). Respuestas positivas en producción (producción de leche, concentración de grasa de la leche y proteína de la leche) a la suplementación de MetPR han sido reportados (Samuelson et al., 2001; Leonardi et al., 2003; Berthiaume et al., 2006), mientras respuestas negativas también han sido observadas (Socha et al., 2005; Davidson et al., 2008; Benefield et al., 2009). Estas discrepancias entre los estudios no están completamente entendidas, pero pueden ser debidas a factores tales como el nivel de proteína dietaria suplementada. Por ejemplo, suplementando en exceso los requerimientos, se incrementa las tasas de oxidación de algunos AA esenciales en el epitelio del intestino, hígado y tejidos periféricos, resultando en una baja eficiencia en la conversión de producción de proteína de la leche (Lapierre et al., 2006). Por lo tanto, suplementando MetPR puede ser más efectivo en vacas alimentadas con niveles bajos de proteína en la dieta. Sin embargo, muchas investigaciones en MetPR suplementada se han llevado a cabo con dietas con contenido adecuado de proteína, pero usualmente consideradas deficientes de metionina (Patton, 2010).

Efecto de niveles de DDG´S sobre producción de leche

Leonardi et al. (2005), en un estudio en el cual incluyeron 4 niveles de DDG´S en la dieta (0, 5, 10 y 15%) encontraron que al incluir DDG´S a niveles de 10 a 15%, se aumentó en promedio 1.7 kg/d de leche en comparación a la dieta

control (0%), atribuyendo esta respuesta al aumento de energía en la dieta (Tabla 1). No se observaron efectos significativos en respuesta a la adición de 5% de DDG'S. Por su parte, Anderson et al. (2006), en un estudio donde adicionaron 0, 10 y 20% de DDG'S en la dieta, encontraron diferencias significativas sobre la dieta control, con una producción láctea de 39.8, 40.9 y 42.5 kg/d (0, 10 y 20% de DDG'S, respectivamente), observándose una diferencia de 2.7 kg/d al comparar 0 vs 20% (Tabla 1).

En un estudio realizado por Macaya y Rojas (2009), después de adicionar DDG'S a un nivel del 13% en la ración, obtuvieron 1.38 kg/d más de leche en comparación al tratamiento control (0% DDG'S). Sin embargo, al adicionar un 17% la producción de leche disminuyó en 0.66 kg/d. Estos autores señalan que este tipo de respuestas puede ser debido a factores tales como una elevada concentración de lípidos en la dieta o a un posible daño a las proteínas originado por los procesos de altas temperaturas a los que son expuestos los DDG'S durante la destilación. Incrementos en la producción de leche en respuesta a la suplementación de DDG'S han sido observados por otros autores (Kleinschmit et al., 2006), quienes al realizar un estudio donde sustituyeron maíz y harina de soya por DDG'S a 2 niveles en la dieta (0 vs 20%; Tabla1), observaron un incremento de 3.8 kg/d de leche en respuesta a la inclusión de 20% de DDG'S en comparación a la dieta control (0%).

Al mismo tiempo, en dos experimentos realizados con vacas lecheras en producción se observó que la inclusión de DDG'S en sustitución de harina de soya aumentó la producción de leche en aproximadamente 1 kg/vaca/día (Powers et al., 1995; Nichols et al., 1998). Por su parte, Kleinschmit et al. (2006), no obtuvieron respuestas significativas sobre la eficiencia productiva al incluir un 20% tres diferentes tipos de DDG'S (Tabla 1). Asimismo, se han reportado resultados similares en la producción de leche en respuesta a la suplementación de metionina y lisina (Nichols et al., 1998).

Cuadro 1. Reportes de producción y componentes de la leche al incluir DDG'S en las dietas de vacas lecheras

Experimento (Autores)	Niveles % DDG	% producción (kg/vaca/d)	Proteína (%)	Grasa (%)	Lactosa (%)
Anderson et al. (2006)¹	0	39.8	3.05	3.23	4.91
	10	40.9	3.01	3.16	4.92
	20	42.5	3.02	3.2	4.93
Leonardi et al. (2005)¹	0	44.6	3.08	3.38	4.86
	5	43.8	3.05	3.35	4.85
	10	46.4	3.10	3.33	4.86
	15	46.2	3.09	3.24	4.85
Macaya y Rojas (2009)²	0	22.57	3.42	3.88	4.73
	22	21.32	3.37	3.55	4.76
	32	23.96	3.23	3.62	4.63
	42	21.91	3,29	3.44	4.56
Kleinschmit et al. (2006)³	0	31.2	3.28	3.69	4.90
	20-1	35.0	3.13	3.60	4.96
	20-2	34.3	3.19	3.53	4.92
	20-3	34.6	3.17	3.67	4.93
Palmquist y Conrad (1982)²	0	31.1	3.00	3.59	
	48	28.8	2.85	3.69	

¹ Porcentaje total de DDG'S en la dieta.

² Porcentaje de DDG'S en el concentrado.

³ El 20% en las dietas con 3 tipos diferentes de DDG'S.

Kleinschmit et al. (2006), al sustituir maíz y harina de soya por DDG´S a 2 niveles en la dieta (0 vs 20%) y 3 tipos de DDG´S, observaron un incremento de 3.8 kg/d de leche en respuesta a la inclusión de 20% de DDG´S en comparación a la dieta sin DDG´S.

Cuando Grings et al. (1992), realizaron un estudio con vacas Holstein para probar DDG´S como fuente de proteína en una dieta en base a alfalfa a niveles de 0, 10.1, 20.8 y 31.5% (la proteína cruda en estas dietas fue de 13.9, 16, 18.1 y 20.3%), observaron que la producción de leche incrementó linealmente con el incremento de proteína cruda (PC) en la dieta, obteniendo 37.8, 40.2, 41.9 y 42 kg/d en producción de leche en respuesta al incremento de DDG´S. Esto indica que un consumo de PC de 4,8 kg/d era adecuada para una producción de leche de 42 kg/d cuando los DDG´S eran la fuente de proteína suplementaria. Sobre la base de la NRC las estimaciones de las necesidades de proteínas para las vacas a este ritmo de producción de leche y suponiendo el 3.0% de grasa de leche, 3.7 kg de PC debería haber sido suficiente. El hecho de que las vacas requieran más PC de lo previsto para una producción de leche de 42 kg/d indica que los requisitos de PC para las vacas que consumen dietas a base de alfalfa puede ser mayor de lo indicado, lo que podría estar relacionado con la gran proporción de la proteína que se degrada rápidamente en rumen que se encuentra en la alfalfa. La producción de leche puede haber sido limitado a 42 kg/d por la energía dietética, otros nutrientes o capacidades genéticas de las vacas, pero no por la concentración de PC de la dieta, como se evidencia por la falta de cualquier aumento adicional en la producción de leche cuando la PC de la dieta se incrementó de 18,1 a 20,3%.

Janicek et al. (2008), al evaluar el efecto del incremento de las concentraciones de DDG´S sobre la producción de leche en vacas Holstein, observaron valores de 27.4, 28.5, 29.3 y 30.6 kg/d de producción de leche (con un aumento lineal $P=0.02$) en respuesta a la inclusión de 0, 10, 20 y 30% DDG´S en las dietas, atribuyendo estos resultados a factores tales como el aumento de

materia seca y la mejora en el consumo de energía. Es interesante mencionar que en un segundo experimento en el cual utilizaron 2 dietas con 0 y 30% de DDG'S, obtuvieron respuestas de 33.2 y 34.2 kg/d respectivamente y a diferencia del experimento anterior no encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. Palmquist y Conrad (1982), en un estudio realizado con vacas Jersey y Holstein encontraron que al incluir un 24% de DDG'S en la dieta de vacas Jersey aumentó 3.5 kg/d la producción de leche, mientras que en vacas Holstein, a diferencia al resto de los estudios la producción, bajó significativamente 3.1 kg/d en comparación a la dieta control.

Efecto de diferentes fuentes de proteína sobre la producción de leche

El efecto de la suplementación de diversas fuentes de proteína sobre la producción de leche ha sido estudiado por varios autores. Christen et al. (2010), no observaron diferencias en la producción de leche en respuesta a la inclusión de 4 fuentes de proteína: harina de soya (SBM) granos secos de la destilería altos en proteína (HPDDG), harina de canola (CM) y DDG'S. Al mismo tiempo, Owen y Larson (1991), en un estudio realizado con vacas Holstein donde utilizaron dietas con 50% de ensilaje de maíz y 50% de concentrado, donde compararon 5 fuentes de proteína: 1) urea (14.5% PC); 2) SBM (14.5% PC); 3) DDG'S (14.5% PC); 4) SBM (18% PC) y 5) DDG'S 18% PC, no observaron efecto sobre producción de leche al comparar SBM vs DDG'S, sin embargo, al comparar el tratamiento 1 vs el 3, observaron un incremento significativo ($P < 0.05$) sobre producción de leche (2.3 kg) en respuesta a la inclusión de DDG'S. Al mismo tiempo, otros investigadores (Oba et al., 2010), no observaron diferencias estadísticamente significativas ($P > .10$) sobre la producción de leche al estar comparando granos secos de destilería de trigo (TDDG'S), granos secos de destilería de maíz (CDDG'S), harina de canola (CM) y harina de soya (SBM).

Hubbard et al. (2009), realizaron un estudio donde sustituyeron la harina de soya por granos de destilería con alta proteína (HPDDG) a niveles del 20%, observando un incremento en la producción de leche de 2.3 kg/d ($P < .05$) en respuesta a la inclusión de HPDDG'S. Sobre esto mismo, Mulrooney et al. (2009), desarrollaron un estudio para tratar de determinar el nivel de respuesta a la sustitución parcial o total de la harina de canola por granos secos de destilería con solubles. Las dietas formuladas contenían 0, 3.24, 6.63 y 10.40% de DDG'S, obteniendo valores de 35.2, 35.8, 34.5 y 34.2 kg/d de leche, respectivamente. No observaron diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.10$) entre los tratamientos.

Efecto de diferentes subproductos sobre producción de leche

Sasikala-Appukuttan et al. (2007), al comparar granos condensados de destilería con solubles (CCDS) y DDG'S con una dieta basal de 27.5% de ensilaje de maíz y 27.5% de heno de alfalfa, utilizaron los siguientes tratamientos: 1) 0% de granos de destilería; 2) 18.5% de DDG'S; 3) 10% CCDS; 4) 20% CCDS y 5) una combinación con 18.5% de DDG'S con la 10% CCDS. Estos autores reportaron un incremento en la producción de leche (2.4 kg/d) en respuesta a la inclusión de los granos de destilería, en comparación con el grupo control (dieta 1), respuesta que acorde con estos mismos autores pudo deberse a un mayor aporte energético, especialmente de grasa, en las dietas conteniendo subproductos de la obtención del etanol.

Al mismo tiempo, Kelzer et al. (2009), en un estudio donde compararon los siguientes tratamientos 1) 0% coproductos, 2) DDG'S, 3) harina de germinación deshidratada (germ) y 4) granos secos de destilería con alta proteína (HPDDG), observaron valores de 30.6, 30.9, 32.1 y 30.3 kg/d, sin encontrar diferencias entre los diferentes tipos de granos de destilería. Así mismo, Mjoun et al. (2010), compararon 2 tipos de DDG'S: el utilizado normalmente y los reducidos en grasa

(RFDGS). Los tratamientos consistieron en: 1) 0% DDG´S o RFDGS, 2) 22% de DDG´S y 3) 22% de RFDGS. Los valores para producción de leche fueron de 39.2, 38.9 y 39.8 kg/d, no observándose diferencias estadísticamente entre los tratamientos indicados.

Ranathunga et al. (2010) evaluaron la sustitución de almidón por DDG´S y cáscaras de soya SH (la SH aumentó de manera lineal junto los DDG´S sustituyendo la harina de soya): 29% almidón con 0% DDG´S, 26% almidón con 7% DDG´S, 23% almidón con 14% DDG´S y 20% almidón 21% DDG´S. Las dietas contenían 27% ensilaje de maíz, 22% heno de alfalfa y 51% de mezcla de concentrado. Respecto a la producción de leche, encontraron resultados de 39.4, 37.4, 37.7 y 38.3 kg/d para las dietas con 0, 7, 14 y 21% de DDG´S sin detectar diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

Urđl et al. (2006), investigaron la eficiencia de la utilización de los granos secos de destilería con solubles de trigo y maíz como fuentes de proteína para ganado lechero. El forraje de las dietas consistió en 50% ensilaje de pasto, 30% ensilaje de maíz y 20% de heno. Utilizaron 3 dietas: DDG´S-W (trigo) 15.8% y DDG´S-C (maíz) 17%. En producción de leche obtuvieron valores de 26.16, 25.91 y 26.40 kg/d para las dietas control, DDG´S-W y DDG´S-C sin encontrar diferencias entre tratamientos. Similares resultados fueron observados por Oba et al. (2010), quienes no obtuvieron diferencias estadísticamente significativas sobre la producción de leche en respuesta a la suplementación de 16.9% de DDG´S de trigo o 14.7% de DDG´S de maíz en la dieta de vacas Holstein.

Efecto de niveles de DDG´S sobre porcentaje de grasa en leche

Otros de los aspectos importantes estudiados al incluir DDG´S a la alimentación de las vacas lactantes son los componentes de la leche; sobre esto, el porcentaje de grasa es uno de los más importantes. Leonardi et al. (2005), reportaron niveles de 3.38, 3.35, 3.33 y 3.24% para niveles de inclusión de DDG´S

de 0, 5, 10 y 15% respectivamente, obteniendo una disminución lineal de la grasa en la leche según el incremento de los DDG´S. Al mismo tiempo, Macaya y Rojas (2009), reportaron efectos similares al observar niveles de grasa en la leche 3.88, 3.55, 3.62 y 3.44% en respuesta a la adición de 0, 22, 32, y 42% de DDG´S.

Las respuestas del efecto de diferentes niveles de DDG´S sobre los valores de grasa en leche han sido inconsistentes. Anderson et al. (2006), no observaron efectos significativos sobre el porcentaje de grasa en leche al incluir niveles de 0, 10 y 20% de DDG´S en la dieta total. Por su parte Palmquist y Conrad (1982), no obtuvieron diferencias en el porcentaje de grasa en leche tanto en vacas Jersey (5.05 y 4.82%) como en Holstein (3.64 y 3.69%) al consumir dietas con 0 y 24% de DDG´S, respectivamente. Estos resultados concuerdan con los presentados por Sasikala-Appukuttan et al. (2007), quienes no encontraron diferencias (3.04 y 2.87%;) en respuesta a la inclusión de 0 y 18.5% de DDG´S, respectivamente. Sobre esto mismo, Janicek et al. (2008), realizaron dos experimentos sin obtener diferencias en el primero encontraron una producción de grasa láctea de 3.70, 3.64, 3.73 y 3.55% en respuesta a la suplementación de DDG´S a niveles de 0, 10, 20 y 30%, mientras que en el segundo experimento obtuvieron valores de 3.67 y 3.65% de grasa en leche para las dietas con 0 y 30% de DDG´S. Respuestas similares son reportadas por Ranathunga et al. (2010), en respuesta a la inclusión de 0, 7, 14 y 21% de DDG´S en la dieta total.

Efecto de diferentes fuentes de proteína sobre porcentaje de grasa en leche

Mientras que Christen et al. (2010), observaron una disminución de los valores de grasa (4.21, 4.21, 4.07 y 3.78%) en respuesta a la inclusión de SBM, HPDDG, CM, y DDG´S como fuentes de proteína, Owen y Larson (1991), no encontraron diferencias al comparar: 1) dieta control 14.5% CP, 2) SBM 14.5% PC, 3)DDG´S 14.5% PC(18% de DDG´S en la ración total), 4) SBM 18% PC y 5)

DDG'S 18% PC (35.5% de DDG'S en la ración total). Los valores de grasa observados fueron de 3.55, 3.65, 3.62, 3.68 y 3.76%, respectivamente.

Hubbard et al. (2009) tampoco observaron diferencias al sustituir harina de soya por granos de destilería con alta proteína (HPDDG) a un nivel de 20%, obteniendo valores de 3.85 y 4.07% de grasa, respectivamente. Similares resultados fueron reportados por Mulrooney et al. (2009), quienes no observaron diferencias al sustituir parcial y totalmente la harina de canola como fuente de proteína por DDG'S, obteniendo valores de 3.81, 4.05, 3.97 y 3.87% de grasa en leche para las dietas con 0, 3.24, 6.36 y 10.4% de DDG'S. De igual forma, Oba et al. (2010), no observaron diferencias obteniendo niveles de 3.35, 3.58, 3.48 y 3.40 en cuanto al porcentaje de grasa láctea al comparar dietas con TDDG'S (16.9%), CDDG'S (17.4%), CM (13%) y SBM (10.2%) respectivamente.

Efecto de diferentes subproductos sobre porcentaje de grasa en leche

Al-Suwaiegh et al. (2002), realizaron un estudio donde compararon granos de destilería húmedos y secos de maíz y sorgo a un nivel del 15% en dietas a base alfalfa y ensilaje de maíz. Obtuvieron valores de 3.7, 3.6, 3.5 y 3.5% de grasa en la leche para las dietas con granos secos de destilería de maíz (CDDG 15%), granos húmedos de destilería de maíz (CWDG 15%), granos secos de destilería de sorgo (SDDG 15%) y granos húmedos de destilería de sorgo (SWDG 15%) respectivamente, sin observar diferencias entre tratamientos. En posteriores estudios (Kleinschmit et al., 2006), tampoco se observaron diferencias estadísticamente al comparar tres diferentes tipos de DDG'S incluidos a un nivel del 20% de la dieta. Asimismo, Urdl et al. (2006), no observaron diferencias en el contenido de grasa láctea (4.43, 4.48 y 4.46%) en respuesta a la dieta control, TDDG'S y CDDG'S, respectivamente.

Efecto de niveles de DDG´S sobre porcentaje de proteína en leche

El efecto de la inclusión de diferentes niveles de DDG´S en la dieta de vacas en producción sobre la cantidad de proteína en leche ha arrojado respuestas contradictorias. Grings et al. (1992), reportaron un incremento lineal del nivel de proteína en leche con valores de 2.63, 2.66, 2.78 y 2.80% en respuesta a la inclusión de 0, 10, 20 y 30% de DDG´S en la dieta, respectivamente. En este mismo sentido, Leonardi et al. (2006), reportaron un incremento lineal acorde con el aumento de los DDG´S en la dieta. Registraron valores de 3.08, 3.05, 3.10 y 3.09% de proteína en leche con dietas en respuesta a la inclusión de 0, 5, 10 y 15% de DDG´S respectivamente, atribuyendo esta respuesta efecto de la energía que aporta el aceite del maíz en los DDG´S.

Contrario a los reportes anteriores, Palmquist y Conrad (1982), observaron una disminución en el porcentaje de proteína (3.83 vs 3.40%) al incluir 13 y 27% de DDG´S en dietas de vacas Jersey. Acorde con estos últimos investigadores, Macaya y Rojas (2009), observaron una tendencia a disminuir de la proteína láctea (3.42, 3.37, 3.23 y 3.29%) a medida que los DDG´S aumentaban en la dieta (0, 22, 32 y 42% respectivamente). Acorde con Schingoethe et al. (1999), esta leve disminución en la proteína láctea ocurre generalmente con dietas conteniendo grasa adicional, como es el caso de los DDG´S. Lo mismo concluyeron Mielke y Schingoethe (1981), De Peters et al. (1985), Casper et al. (1988), Mohamed et al. (1988) y Stegeman et al. (1992), quienes también observaron una disminución de los valores de proteína láctea al utilizar dietas altas en ácidos grasos insaturados provenientes de oleaginosas. Acorde con Palmquist y Conrad, (1982), la presencia de una disminución en el porcentaje de proteína láctea en respuesta a la inclusión de DDG´S pudiera deberse a un suministro desbalanceado de aminoácidos, particularmente por insuficiencia de lisina, ya que en dietas conteniendo DDG´S la lisina es el primer aminoácido limitante para la síntesis de proteína.

Por otra parte, Palmquist y Conrad (1982), al suplementar vacas Holstein en lactación con 13 y 27% de DDG'S en la dieta total, no observaron diferencias estadísticamente significativas (2.93 vs 2.85%) en cuanto a los valores de proteína en la leche, lo cual concuerda con lo observado por Anderson et al. (2006), quienes obtuvieron porcentajes similares de proteína (3.05, 3.01 y 3.02) para dietas con 0, 10 y 20% de DDG'S. Al mismo tiempo, Sasikala-Appukuttan et al. (2007), reportaron valores similares de proteína (2.92 y 2.88%) en respuesta a la inclusión de 0 y 18.5% de DDG'S en la dieta. Otros autores (Janicek et al., 2008), tampoco observaron diferencias al realizar dos experimentos en ganado lechero. En el primer experimento observaron valores de proteína de 3.18, 3.19, 3.16 y 3.14% al incluir 0, 10, 20 y 30% de DDG'S respectivamente, mientras que en el segundo experimento los valores fueron de 2.98 y 2.99% para los animales alimentados con 0 y 30% de DDG'S.

Efecto de diferentes fuentes de proteína sobre porcentaje de proteína en leche

Mientras que Mulrooney et al. (2009) no encontraron diferencias en los valores de proteína (3.05, 3.06, 3.06 y 3.01%) en respuesta a la inclusión de 0, 3.24, 6.36 y 10.4% de DDG'S en las dietas como fuente de proteína en sustitución de harina de canola, Hubbard et al. (2009), al sustituir harina de soya HPDDG en una proporción del 20%, no encontraron diferencias al comparar el porcentaje de proteína en leche donde obtuvieron 3.05% para la dieta control y 3.02 para la suplementada con HPDDG.

Disminuciones en los valores de proteína en leche han sido observadas por varios investigadores al incluir diferentes fuentes de proteína en dietas de vacas en producción. En un estudio realizado por Owen y Larson (1991), se observó una disminución de los valores de proteína en respuesta a la sustitución de 18 o 36% de DDG'S en lugar de SBM en la dieta. Similares resultados fueron reportados por

Oba et al. (2010), quienes al estar trabajando con dietas conteniendo 17% TDDG'S, 17% DDG'S, 13% CM o 10% SBM, obtuvieron valores de proteína de 3.16 3.12 3.21 y 3.25 %, respectivamente. Estos autores señalan que las diferencias obtenidas, principalmente entre los subproductos de destilería y la harina de soya, pueden ser atribuibles a situaciones tales como daños por las altas temperaturas a las que son sometidos los granos o a un pobre nivel de amino ácidos característicos de los subproductos de destilería. Al mismo tiempo, la significativa disminución en el porcentaje de proteína láctea (3.33, 3.36, 3.33 y 3.23 %) observada por Christen et al. (2010), al comparar SBM, HPDDG, CM y DDG'S, es acorde con los mismos autores, atribuible a un limitado aporte de lisina como aminoácido limitante en la dieta suplementada con DDG'S.

Efecto de diferentes subproductos sobre porcentaje de proteína en leche

Mientras que Kleinschmit et al. (2006), observaron una disminución de la proteína láctea (3.28, 3.13, 3.19 y 3.17%) al comparar una dieta control contra tres diferentes tipos de DDG'S, lo cual asociaron a factores tales como los bajos niveles de lisina, ya que es el primer aminoácido para la síntesis de proteína en leche y al hecho de la presencia de grasa adicional producto de los niveles de DDG'S. Al-Suwaiegh et al. (2002), no encontraron diferencias sobre los valores de proteína láctea (3.4, 3.3, 3.2 y 3.2%) al comparar diferentes tipos de granos de destilería (CDDG, CWDG, SDDG y SWDG) respectivamente. Estos resultados concuerdan con los presentados por Urdl et al. (2006), quienes tampoco encontraron diferencias al comparar diferente fuentes de proteína en la dieta. El porcentaje de proteína en leche fue de 3.39, 3.34 y 3.33% para las dietas control, DDG'S-W y DDG'S-C respectivamente.

Efecto de diferentes niveles de DDG´S sobre porcentaje de lactosa en leche

Los diversos reportes publicados a la fecha demuestran que los niveles de lactosa en leche usualmente no han sido afectados por el nivel de DDG´s en las dietas. Sobre esto, Leonardi et al. (2005), no encontraron diferencias en los niveles de lactosa (4.86, 4.85, 4.86 y 4.85%) en respuesta a la adición de 0, 5, 10 y 15% de DDG´S. Anderson et al. (2006), observaron resultados similares (4.91, 4.92 y 4.93%) al valorar el efecto de la adición de DDG´S a niveles de 0, 10 y 20%. Utilizando un nivel de suplementación similar (0 y 18.5% de DDG´S), Sasikala-Appukuttan et al. (2007), tampoco encontraron cambios significativos en el porcentaje de lactosa, obteniendo valores de 4.84 y 4.83% respectivamente.

Macaya y Rojas (2009), al medir el efecto de la inclusión de 22 y 32% de DDG´S, sobre los niveles de glucosa en leche, obtuvieron resultados prácticamente iguales (4.73% y 4.76%). Aun cuando utilizaron niveles de hasta el 42% de la dieta, los niveles de glucosa permanecieron estables. Estos resultados concuerdan con los observados por otros investigadores (Mulrooney et al., 2009), al incluir niveles mucho menores de DDG´S. Como respuesta a la inclusión de 0, 3.24, 6.36 y 10.4% de DDG´S, observaron valores de lactosa de 4.91, 4.86, 4.87 y 4.92%, respectivamente.

Efecto de diferentes fuentes de proteína sobre porcentaje de lactosa en leche

Owen y Larson (1991), al comparar diferentes niveles de SMB y DDG´S como suplementos proteicos encontraron una disminución en el porcentaje de lactosa en respuesta a la inclusión de DDG´S. Resultados similares (4.75) fueron reportados por Christen et al. (2010), al comparar SBM, HPDDG, CM y DDG´S como suplemento proteico en las dietas).

Oba et al. (2010), tampoco encontraron diferencias entre tratamientos al comparar el efecto de 17% TDDG´S, 17% DDG´S, 13% CM y 10% SBM en la

dieta. Los valores de lactosa observados fueron de 4.46, 4.42, 4.38 y 4.40%, respectivamente. Finalmente, cuando Ranathunga et al. (2010) sustituyeron el almidón de la dieta e incorporaron DDG´S aniveles de 0, 7 14 y 21% de DDG´S, no encontraron diferencias entre tratamientos. Los valores de lactosa reportados fueron de 4.96, 4.91, 4.90 y 4.99%, respectivamente.

Efecto de diferentes subproductos sobre porcentaje de lactosa en leche

Al-Suwaiegh et al. (2002), no encontraron diferencias entre tratamientos en el nivel de lactosa (4.7, 4.6, 4.7 y 4.8%) al comparar CDDG, CWDG, SDDG y SWDG. Estos diferentes tipos de subproductos de destilería fueron incluidos a un nivel del 15% de la dieta. Los resultados presentados concuerdan con los registrados por Kleinschmit et al. (2006), quienes obtuvieron resultados donde el porcentaje lactosa fue similar en todas las dietas, correspondiendo valores de 4.9, 5.0, 4.9 y 4.9% de lactosa para las dietas control, DDG´S-1, DDG´S-2 y DDG´S-3 respectivamente. Así mismo, Urdl et al. (2006), al estar trabajando con la suplementación de DDG´S provenientes de trigo o maíz, obtuvieron valores de 4.71, 4.67 y 4.69% de lactosa para el tratamiento control, DDG´S-W Y DDG´S- C, respectivamente.

Efecto de niveles de DDG´S sobre conteo de células somáticas

Sasikala-Appukuttan et al. (2007), no encontraron diferencias al evaluar el efecto de 0 y 18.5% de DDG´S en la dieta, sobre el número de células somáticas en la leche, cuyos valores fueron de 94.9 y 101.2 10^3 cel/ml, respectivamente.

Efecto de diferentes fuentes de proteína sobre conteo de células somáticas

Mulrooney et al. (2009), en un estudio que realizaron sustituyendo la harina de canola por DGGS, no encontraron diferencias en el número de células

somáticas en leche. Estos autores obtuvieron 150.8, 196.3, 104.6 y 143.2 10^3 cel/ml para los tratamientos con 0, 3.24, 6.36 y 10.4% de DDG'S en la dieta. Resultados similares fueron reportados por Oba et al. (2010). Al comparar diferentes fuentes de proteína no encontraron diferencias en el conteo de células somáticas en leche entre tratamientos, obteniendo 114, 198, 189 y 85 10^3 cel/ml para TDDG'S (16.9%), DDG'S (17.4%), CM (13%) y SBM (10.2%), respectivamente. En otro estudio (Christen et al., 2010), aunque el número total de células somáticas reportado fue mayor (359, 359 y 324 10^3 cel/ml), en respuesta a la suplementación de SBM, HPDDG, CM y DDG'S, tampoco se encontraron diferencias entre los tratamientos.

Efecto de diferentes subproductos sobre conteo de células somáticas

Kleinschmit et al. (2006), obtuvieron resultados similares en el número de células somáticas en los diferentes tratamientos (59.6, 41.7, 79.2 y 65.4 $\times 10^3$ cel/ml al comparar una dieta en base a maíz rolado a vapor contra otras tres suplementadas con diferentes tipos de DDG'S.

Efecto de diferentes fuentes de proteína sobre porcentaje de sólidos no grasos en leche

Owen y Larson (1991) no encontraron diferencias significativas en los sólidos no grasos de la leche donde obtuvieron 8.67, 8.78, 8.70, 8.76 y 8.74% para las dietas 1) control negativo 14.5% CP, 2) SBM 14.5% PC, 3) DDG'S 14.5% PC (18% de DDG'S en la ración total), 4) control positivo con SBM 18% PC y 5) control positivo con DDG'S 18% PC (35.5% de DDG'S en la ración total) respectivamente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La presente investigación se realizó durante los meses de diciembre de 2016 a febrero de 2017, en las instalaciones de la Unidad de Producción Lechera del Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias de la Universidad Autónoma de Baja California, en el noroeste de México con una latitud de 32°40', una longitud de 115°28', una altitud de 10 m sobre el nivel del mar y condiciones desérticas, ubicada en km 3.5 carretera san Felipe, fracc. Campestre, Mexicali, baja california, México 21386.

Material biológico

Se utilizaron 12 vacas Holstein en su primer tercio de lactación. Las unidades experimentales se encontraban entre su segunda y cuarta lactancia (Cuadro 1). Cada unidad experimental se asignó a una corraleta con comedero individual y bebedero automático compartido para dos unidades experimentales. Durante todo el experimento los animales contaron con acceso al agua *ad libitum*.

Tratamientos

Los tres tratamientos consistieron en la fuente de proteína vegetal suplementaria: TMT1: Dieta tradicional a base de heno de alfalfa (Control); TMT2: harina de soya; TMT3: DDGs. Las dietas se prepararon 2 veces por semana, tanto el forraje como el concentrado se prepararon de manera separada. Se almacenó en cajones de madera, que se situaron frente a las corraletas. La dieta total por día se ofreció por partes iguales diariamente a 0800 y 1500 h. Las dietas experimentales se muestran en el cuadro 2. Se administró primero el forraje y por encima de este el concentrado, el cual incluyó el suplemento proteico.

Cuadro 1. Dietas Experimentales (%BMS).

	TMT1	TMT2	TMT3
Ingrediente			
Alfalfa heno, 32% FAD	67.90	67.90	67.62
Concentrado commercial, 18% PC	31.67		
Soya, pasta, 55% PC		4.00	
DDGs			16.25
Maíz rolado		27.67	15.70
Fosfato dicálcico	0.43	0.43	0.43
TOTAL	100.00	100.00	100.00
Composición, % MS			
MS	89.71	89.75	90.18
ENL (Mcal/kg)	1.53	1.53	1.53
PC	18.6	18.0	18.4
Extracto etéreo	3.40	3.27	4.37
FC	17.13	17.17	18.24
FAD	22.59	22.72	24.98
FND	31.75	31.74	37.47
Ca	1.06	1.07	1.07
P	0.32	0.34	0.39

Los animales consumieron las dietas *ad libitum*, asegurándose que en el comedero quedó alrededor del 5% del total ofrecido.

El experimento consideró un período de 14 días de adaptación a los tratamientos y 56 días de período de pesado de leche y toma de muestras, actividades que se realizaron semanalmente de acuerdo al cuadro 3. El pesado y la toma de muestras de leche se realizaron los días viernes durante el ordeño de

las 04:30 y 16:30 hrs. Inmediatamente después de salir los animales de la sala de ordeño se tomaron muestras de sangre vía punción vena caudal o coxígea. Se realizaron los análisis correspondientes para determinar la composición de las mismas, la cual consiste en la concentración de grasa, proteína, lactosa, sólidos totales y nitrógeno Ureico en Leche y sangre (NUL y NUS).

Cuadro 3. Condición Corporal de las Unidades Experimentales

UE*	104	142	158	5065	98	147	153	190	204	169	5167	5332
CC**	3.5	2.5	2.75	3.0	4.0	2.5	3.5	3.5	4.0	4.0	2.5	4.0

*Unidad experimental.

**Condición Corporal al inicio de la prueba.

Cuadro 4. Calendario de pesado de leche y toma de muestras

Fecha	Muestreo	Item
Dic-09-2016	0	Leche y sangre
Dic-23-2016	1	Leche y sangre
Dic-30-2016	2	Leche y sangre
Enero-06-2017	3	Leche y sangre
Enero-13-2017	4	Leche y sangre
Enero-20-2017	5	Leche y sangre
Enero-27-2017	6	Leche y sangre
Febrero-03-2017	7	Leche y sangre
Febrero-10-2017	8	Leche y sangre

Diseño del Experimento y Análisis Estadístico

El experimento fue analizado como un Diseño Completamente al Azar. Se utilizó un análisis de procedimientos GLM de SAS*. Además, se llevó a cabo el procedimiento MIXED para medidas repetidas con análisis de covarianzas para cada una de las variables, con un nivel de significancia exigida de $P \leq 0.05$. Se realizaron contrastes ortogonales para evaluar si los tratamientos provocan efectos lineales y/o cuadráticos, para los cuales se tomó como significancia exigida $P \leq 0.05$.

Toma de muestras.

Los viernes de cada semana (6 semanas), posteriores a las 2 semanas de adaptación se tomaron muestras de leche, sangre y además se midió la producción de leche. Las muestras de leche se recolectaron en vasos estériles, con una cantidad aproximada a los 50 ml. El pesaje de leche se llevó a cabo utilizando un pesador de flujo de la marca Waikato®. La toma de muestra de sangre se llevó a cabo con Vacutainer® en la vena coccígea.

Análisis de muestras.

Una vez obtenidas las muestras (leche y sangre) se enviaron al laboratorio inmediatamente para determinar, de la leche; contenido de proteína, grasa, lactosa, sólidos no grasos, densidad, agua y N-ureico, y para conocer el estado de salud de la ubre se realizó la CMT. Las muestras de sangre sirvieron para medir el N-ureico.

RESULTADOS Y DISCUSION

El efecto de los tratamientos sobre las variables de respuesta se muestra en la tabla 1. En relación a los resultados de los efectos de los tratamientos sobre la producción de leche, las medias de producción (Kg/d) fueron de 35.72, 35.69 y 34.39 para los tratamientos 1, 2 y 3 respectivamente. No se observó efecto estadísticamente significativo de los tratamientos sobre la producción de leche ($P < 0.05$). La producción de leche (Kg/d) se mantuvo estable durante todo el periodo de muestreo.

Cuadro 5. Efecto de los tratamientos sobre las variables de respuesta

VARIABLE	TMT 1 Control	TMT 2 Pasta de soya	TMT 3 DDGs	Pr > F
Producción, kg	35.72	35.69	34.39	0.92
Proteína, %	3.01	3.07	3.07	0.36
Proteína, kg/d	1.07	1.09	1.06	0.94
Grasa, %	3.28	3.30	3.33	0.99
Grasa, kg/d	1.17	1.17	1.13	0.95
Lactosa, %	4.27	4.36	4.37	0.32
Lactosa, kg/d	1.52	1.55	1.50	0.94
SNG, %	7.95	8.10	8.12	0.34
SNG, kg/d	2.84	2.89	2.79	0.94
Densidad, %	27.95	28.54	28.44	0.33
Densidad, kg/d	9.98	10.17	9.79	0.93
Solidos Totales, %	11.22	11.40	11.44	0.84
Solidos Totales, kg/d	4.01	4.07	3.92	0.93
NUL ¹ , mg/dL	19.064	14.574	21.040	0.0017
NUS ² , mg/dL	18.998	13.725	15.435	0.0066 ⁴⁶

Nuestros resultados concuerdan con los reportados por Sanchez y Claypool (1983), quienes no observaron diferencia significativa ($P < 0.05$) en producción de leche por día al comparar pasta de soya en dietas a base de heno de alfalfa. Asimismo, Brito y Broderick (2007), no encontraron diferencias significativas en producción de leche en su experimento al comparar diferentes suplementos proteicos (incluida pasta de soya) en dietas a base de silos de alfalfa.

LITERARURA CITADA

- Acosta, Y., M. I. Delucchi, M. Olivera y C. Dieste. 2005. Urea en leche: factores que la afectan. INIA, Uruguay.
- Al-Suwaiegh S., K. C. Fanning, R. J. Grant, C. T. Milton and T. J. Klopfenstein. 2002. Utilization of distillers grains from the fermentation of sorghum or corn in diets for finishing beef and lactating dairy cattle. *J. Anim. Sci.* 80:1105-1111.
- Anderson J. L., D. J., Schingoethe, K. F. Kalscheur, and A. R. Hippen. 2006. Evaluation of dried and wet distillers grains included at two concentrations in the diets of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 89:3133–3142.
- Arias, J., y A. Nesti de Alonso. 1999. Importancia de los niveles de nitrógeno ureico en leche y sangre en el ganado lechero. *Rev. Fac. Agro.* 16:553-561.
- Baker, L. D., J. D. Ferguson, and W. Chalupa. 1995. Responses in urea and true protein of milk to different protein feeding schemes for dairy cows. *J. Dairy Sci.* 78:2424–2434.
- Bath, D., J. Dunbar, J. King, S. C. Berry, and S. Olbrich. 1993. By-products and unusual feedstuffs. (Ref. Issue) *Feedstuff* 65 (30): 32.
- Becht, Richard R. 1987. "Effects of Isoacids on Ruminant Metabolism and Milk Production," *Iowa State University Veterinarian*: Vol.49: Iss. 1, Article 3.
- Benefield, B. C., R. A. Patton, M. J. Stevenson, and T. R. Overton. 2009. Evaluation of rumen-protected methionine sources and period length on performance of lactating dairy cows within Latin squares. *J. Dairy Sci.* 92:4448–4455.
- Bequette, B. J., J. A. Metcalf, D. Wray-Cahen, F. R. C. Backwell, J. D. Sutton, M. A. Lomax, J. C. Macrae, and G. E. Lobley. 1996b. Leucine and protein metabolism in the lactating dairy cow mammary gland: Responses to supplemental dietary crude protein intake. *J. Dairy Res.* 63:209–222.

- Berthiaume, R., M. C. Thivierge, R. A. Patton, P. Dubreuil, M. Stevenson, B. W. McBride, and H. Lapierre. 2006. Effect of ruminally protected methionine on splanchnic metabolism of amino acids in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 89:1621–1634.
- Brito, A. F., and G. A. Broderick. 2007. Effects of different protein supplements on milk production and nutrient utilization in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 90:1816–1827.
- Broderick, G. A. 2003. Effects of carrying dietary protein and energy levels on the production of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86:1370–1381.
- Broderick, G. A., D. B. Ricker, and L. S. Driver. 1990. Expeller soybean meal and corn by-products versus solvent soybean meal for lactating dairy cows fed alfalfa silage as sole forage. *J. Dairy Sci.* 73:453–462.
- Broderick, G. A., P. Huhtanen, S. Ahvenjarvi, S. M. Reynal, and K. J. Shingfield. 2010. Quantifying ruminal nitrogen metabolism using the omasal sampling technique in cattle—A meta-analysis. *J. Dairy Sci.* 93:3216–3230.
- Cabrita, A. R. J., R. J. Dewhurst, D. S. P. Melo, J. M. Moorby, and A. J. M. Fonseca. 2011. Effects of dietary protein concentration and balance of absorbable amino acids on productive responses of dairy cows fed corn silage-based diets. *J. Dairy Sci.* 94:4647–4656.
- Castillo, A. R., E. Kebreab, D. E. Beever, J. H. Barbi, J. D. Sutton, H. C. Kirby, and J. France. 2001. The effect of protein supplementation on nitrogen utilization in lactating dairy cows fed grass silage diets. *J. Anim. Sci.* 79:247–253.
- Castro, J. J., J. K. Bernard, N. A. Mullis and R. B. Eggleston. 2010. Brown midrib corn silage and Tifton 85 bermudagrass in rations for early-lactation cows. *J. Dairy Sci.* 93:2143-2152.
- Cherney D. J. R., J. H. Cherney, L. E. Chase, and W. J. Cox. 2004. Milk Production in High Producing Dairy Cows as Influenced by Corn Silage Quality. *The Professional Animal Scientist* 20:302–311.

- Christen K. A., D. J. Schingoethe, K. F. Kalscheur, A. R. Hippen, K. K. Karges and M. L. Gibson. 2010. Response of lactating dairy cows to high protein distillers grains or 3 other protein supplements. *J. Dairy Sci.* 93:2095-2104.
- Ciszuk, A. U., y T. Gebregziabher. 1994. Milk urea as an estimate of urine nitrogen of dairy cows and goats. *Acta Agric. Scand.* 44:87–95.
- Clark, J. H., T. H. Klusmeyer, and M. R. Cameron. 1992. Symposium: Nitrogen metabolism and amino acid nutrition in dairy cattle: Microbial protein synthesis and flows of nitrogen fractions to the duodenum of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 75:2304–2323.
- Creamer, L. K., Y. Zhang, K. Brew, L. Sawyer, N. W. Haggarty, H. Korhonen, and P. Marnila. 2003. Milk Proteins. Pages 1881– 1994 in *Encyclopedia of Dairy Sciences*, Vol. 3. H. Roginski, J. W. Fuquay, and P. F. Fox, ed. Academic Press, London, UK.
- Davidson, S., B. A. Hopkins, D. E. Diaz, S. M. Bolt, C. Brownie, V. Fellner, and L. W. Whitelaw. 2003. Effects of amounts and degradability of dietary protein on lactation, nitrogen utilization and excretion in early lactation Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 86:1681–1689.
- Davidson, S., B. A. Hopkins, J. Odle, C. Brownie, V. Fellner, and L. W. Whitlow. 2008. Supplementing limited methionine diets with rumen-protected methionine, betaine, and choline in early lactation Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 91:1552–1559.
- Dinn, N. E., J. A. Shelford, and L. J. Fisher. 1998. Use of the Cornell Net Carbohydrate and Protein System and rumen-protected lysine and methionine to reduce nitrogen excretion from lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 81:229–237.
- Ekinci, C., and G. A. Broderick. 1997. Effect of processing high moisture ear corn on ruminal fermentation and milk yield. *J. Dairy Sci.* 80:3298–3307.
- Grings E.E., R. E. Roffler and D. P. Deitelhoff. 1992. Responses of dairy cows to additions of distillers dried grains with soluble in alfalfa-based diets. *J. Dairy Sci.* 75:1946-1953.

- Groff, E. B., y Z. Wu. 2005. Milk production and nitrogen excretion of dairy cows fed different amounts of protein and carrying proportions of alfalfa and corn silage. *J. Dairy Sci.* 88:3619–3632.
- Hubbard K. J., P. J. Kononoff, A. M. Gehman, J. M. Kelzer, K. Karges and M. L. Gibson. 2009. The effect of feeding high-protein distillers dried grain on milk production of Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 92:2911-2914.
- Hurley, W. L. 2009. Milk Composition and Synthesis. <http://classes.ansci.Illinoisedu/ansc438/Milkcompsynth/milkcompsynthresources.html>
- Janicek B. N., P. J. Kononoff, A. M. Gehman and P. H. Doane. 2008. The effect of feeding dried distillers grains plus soluble on milk production and excretion of urinary purine derivatives. *J. Dairy Sci.* 91:3544-3553.
- Kelzer J. M., P. J. Kononoff, A. M. Gehman, L. O. Tedeschi, K. Karges and M. L. Gibson. 2009. Effects of feeding three types of corn-milling coproducts on milk production and ruminal fermentation of lactating Holstein cattle. *J. Dairy Sci.* 92:5120-5132.
- Kleinschmit D. H., D. J. Schingoethe, K.F. Kalscheur and A. R. Hippen. 2006. Evaluation of various sources of corn distillers dried grains plus solubles for lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 89:4784-4794.
- Lapierre, H., D. Pacheco, R. Berthiaume, D. R. Ouellette, C. G. Schwab, P. Dubreuil, G. Holtrop, and G. E. Lobley. 2006. What is the true supply of amino acids for a dairy cow? *J. Dairy Sci.* 89(E Suppl.):E1–E14.
- Lapierre, H., G. E. Lobley, L. Doepel, G. Raggio, H. Rulquin, and S. Lemosquet .2012. Mammary metabolism of amino acids in dairy cows *J. Anim. Sci.* 90:1708–1721.
- Lapierre, H., J. P. Blouin, J. F. Bernier, C. K. Reynolds, P. Dubreuil, and G. E. Lobley. 2002. Effect of supply of metabolizable protein on whole body and splanchnic leucine metabolism in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 85:2631–2641.
- Lee, C., A. N. Hristov, K. S. Hyler, T. W. Cassidy, M. Long, B. A. Corl, and S. K. R. Karnati. 2011b. Effects of dietary protein concentration and coconut oil

- supplementation on nitrogen utilization and production in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 94:5544–5557.
- Leonardi C., S. Bertics, and L.E. Armentano. 2005. Effect of increasing oil from distillers grains or corn oil on lactation performance. *J. Dairy Sci.* 88:2820-2827.
- Leonardi, C., M. Stevenson, and L. E. Armentano. 2003. Effect of two levels of crude protein and methionine supplementation on performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86:4033–4042.
- Macaya, S. y A. Rojas. 2009. Uso de granos secos con solubles (DDG'S) provenientes de la destilería del maíz en suplementos para vacas lactantes en pastoreo de estrella africana (*Cynodon nlemfluensis*). Tesis. Universidad de Costa Rica.
- Metcalf, J. A., D. Wray-Cahen, E. E. Chettle, J. D. Sutton, D. E. Beever, L. A. Crompton, J. C. MacRae, B. J. Bequette, and F. R. C. Backwell. 1996. The effect of dietary crude protein as protected soybean meal on mammary metabolism in the lactating dairy cow. *J. Dairy Sci.* 79:603–611.
- Mulrooney C. N., D. J. Schingoethe, K. F. Kalscheur and A. R. Hippen. 2009. Canola meal replacing distillers grains with soluble for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 92:5669-5676.
- National Research Council. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cows. 7th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.
- Neveu, C., B. Baurhoo and A. Mustafa. 2013. Effect of feeding extruded flaxseed with different forage:concentrate ratios on the performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 96: 3886-3894.
- Nichols, J. R., D. J. Schingoethe, H. A. Maiga, M. J. Brouk, and M.S. Piepenbrink. 1998. Evaluation of corn distillers grains and ruminally protected lysine and methionine for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 81:482–491.
- Oba M., G. B. Penner, T. D. Whyte and K. Wierenga. 2010. Effects of feeding triticale dried distillers grains plus soluble as a nitrogen source on productivity of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 93:2044-2052.

- Olmos Colmenero, J. J., and G. A. Broderick. 2006a. Effect of dietary crude protein concentration on milk production and nitrogen utilization in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 89:1704–1712.
- Owen F. G., and Larson L. L. 1991. Corn distillers dried grains versus soybean meal in lactation diets. *J. Dairy Sci.* 74:972-979.
- Palmquist, D.L., and H.R. Conrad. 1982. Utilization of dried grains plus soluble by dairy cows in early lactation. *J Dairy Sci* 65:1729-1733,
- Patton, R. A. 2010. Effect of rumen-protected methionine on feed intake, milk production, true milk protein concentration, and true milk protein yield, and the factors that influence these effects: A meta-analysis. *J. Dairy Sci.* 93:2105 2118.
- Powers, W. J., H. H. Van Horn, B. Harris, Jr., and C. J. Wilcox. 1995. Effects of variable sources of distillers dried grains plus soluble on milk yield and composition. *J. Dairy Sci.* 78:388–396.
- Raggio, G., D. Pacheco, R. Berthiaume, G. E. Lobley, D. Pellerin, G. Allard, P. Dubreuil, and H. Lapierre. 2004. Effect of level of metabolizable protein on splanchnic flux of amino acids in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87:3461 3472.
- Raggio, G., G. E. Lobley, S. Lemosquet, H. Rulquin, and H. Lapierre. 2006b. Effect of casein and propionate supply on whole body protein metabolism in lactating dairy cows. *Can. J. Anim. Sci.* 86:81–89.
- Ranathunga S. D., K. F. Kalscheur, A. R. Hippen and D. J. Schingoethe. 2010. Replacement of starch from corn with nonforage fiber from distillers grains and soyhulls in diets of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 93:1086-1097.
- Research and Market. 2011. Mexico milk and dairy products market outlook to 2015. AM Mindpower Solutions http://www.researchandmarkets.com/research/ce5bee/mexico_milk_and_da
- Reynal, S. M., and G. A. Broderick. 2003. Effects of feeding dairy cows protein supplements of varying ruminal degradability. *J. Dairy Sci.* 86:835–843.

- Rhoads, M. L., R. O. Gilbert, M. C. Lucy and W. R. Butler. 2004. Effects of urea infusion on the uterine luminal environment of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87:2896–2901.
- Rhoads, M. L., R. P. Rhoads, R. O. Gilbert, R. Toole and W. R. Butler. 2006. Detrimental effects of high plasma urea nitrogen levels on viability of embryos from lactating dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.* 91:1–10.
- Robinson, P. H. 2010. Impacts of manipulating ration metabolizable lysine and methionine levels on the performance of lactating dairy cows: A systematic review of the literature. *Livest. Sci.* 127:115–126.
- Samuelson, D. J., S. K. Denise, R. Roffler, R. L. Ax, D. V. Armstrong, and D. F. Romagnolo. 2001. Response of Holstein and Brown Swiss cows fed alfalfa hay-based diets to supplemental methionine at two stages of lactation. *J. Dairy Sci.* 84:917–928.
- Sanchez, J. M., y D. W. Claypool. 1983. Canola meal as protein supplement in dairy rations. *J. Dairy Sci.* 66:80–85.
- Sannes, R. A., M. A. Messman, and D. B. Vagnoni. 2002. Form of rumen-degradable carbohydrate and nitrogen on microbial protein synthesis and protein efficiency of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 85:900–908.
- Santos, F. A. P., and J. T. Huber. 1995. Effects of rumen undegradable protein on dairy cow performance: A 10 year literature review. *J. Dairy Sci.* 78(Suppl. 1):293. (Abstr.)
- Santos, F. A. P., J. E. P. Santos, C. B. Theurer, and J. T. Huber. 1998. Effects of rumen-undegradable protein on dairy cow performance: A12-year literature review. *J. Dairy Sci.* 81:3182–3213.
- Sasikala-Appukuttan A.K., D. J. Schingoethe, A. R. Hippen, K. F. Kalscheur, K. Karges, and M. L. Gibson. 2007. The feeding value of corn distillers soluble for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 91:279-287.
- Schingoethe, D. J., K. F. Kalscheur, A. R. Hippen, and A. D. Varga. 2009. Invited review: The use of distillers products in dairy cattle diets. *J. Dairy Sci.* 92:5802–5813.

- Schingoethe, D.J. 2006. Utilization of DDG'S by cattle. Dairy Science Department, South Dakota State University, Brookings, SD 57007-0647.
- Simopoulos, A. P. 2000. Human requirement for n-3 polyunsaturated fatty acids. *Poultry Science*
- Socha, M. T., D. E. Putnam, B. D. Garthwaite, N. L. Whitehouse, N. A. Kierstead, C. G. Schwab, G. A. Ducharme, and J. C. Robert. 2005. Improving intestinal amino acid supply of pre- and postpartum dairy cows with rumen-protected methionine and lysine. *J. Dairy Sci.* 88:1113–1126.
- Stern, M., and C. Ziemer. 1993. Consider value, cost when selecting nonforage fiber. *Feedstuffs* 65(2): 14.
- Svennersten-Sjaunja K., and K. Olsson. 2005. Endocrinology of milk production. *Domestic Animal Endocrinology*
- Swaisgood, H. E. 1995. Protein and amino acid composition of bovine milk. Pages 464–472 in *Handbook of Milk Composition*. R. G. Jensen, ed. Academic Press, London, UK.
- Urdl M., L. Gruber, J. Häusler, G. Maierhofer and A. Schauer. 2006. Influence of distillers dried grains with solubles (Strarprot) in dairy cow feeding. *Slovak J. Anim. Sci.* 39:43-50.
- Vagnoni, D. B., G. A. Broderick, M. K. Clayton, and R. D. Hatfield. 1997. Excretion of purine derivatives by Holstein cows abomasally infused with incremental amounts of purines. *J. Dairy Sci.* 80:1695–1702.
- Varel, V. H., J. A. Nienaber, and H. C. Freetly. 1999. Conservation of nitrogen in cattle feedlot waste with urease inhibitors. *J. Anim.Sci.* 77:1162–1168.
- Vélez, M. J.J Hincapié. I. Matamoros.; R. Santillán. 2002. *Producción de ganado lechero en el trópico*. Cuarta Edición. Zamorano Academic Press, Zamorano, Honduras. 326 p.
- Waghorn, G. C., and R. L. Baldwin. 1984. Model of metabolite flux within mammary gland of the lactating cow. *J. Dairy Sci.* 67:531–544.

- Wang, C., J. X. Liu, Z. P. Yuan, Y. M. Wu, S. W. Zhai, and H. W. Ye. 2007. Effect of Level of Metabolizable Protein on Milk Production and Nitrogen Utilization in Lactating Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 90:2960–2965.
- Wattiaux, M. A. 2011. Composición de la leche y valor nutricional. Instituto Babcock para la Investigación y Desarrollo Internacional de la Industria Lechera. Universidad de Wisconsin-Madison. USA.
- Wright, T. C., S. Moscardini, P. H. Luimes, P. Susmel, and B. W. McBride. 1998. Effects of rumen-undegradable protein and feed intake on nitrogen balance and milk protein production in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 81:784–793.
- Zhang, S. Z., G. B. Penner, W. Z. Yang, and M. Oba. 2010b. Effects of partially replacing barley silage or barley grain with dried distillers grains with soluble on rumen fermentation and milk production of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 93:3231–3242.