

Utilización de granos de destilería secos con solubles (DDGS)
provenientes del maíz en la alimentación de vacas lecheras
pastoreando forraje Estrella Africana (*Cynodon nlemfluensis*).

SOFÍA MACAYA QUIRÓS

TESIS PRESENTADA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO
AGRÓNOMO EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADA EN ZOOTECNIA

ESCUELA DE ZOOTECNIA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

2008

II

Utilización de granos de destilería secos con solubles (DDGS) provenientes del maíz en la alimentación de vacas lecheras pastoreando forraje Estrella Africana (*Cynodon nlemfluensis*).

SOFÍA MACAYA QUIRÓS

TESIS PRESENTADA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO
EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADA EN ZOOTECNIA

TRIBUNAL EXAMINADOR

----- Ing. Augusto Rojas Bourrillon M. Sc. -----	Director i.a. de Escuela Director de Tesis
----- Ing. Jorge Manuel Sánchez G. M. Sc. -----	Miembro del Tribunal
----- Ing. Luis Villalobos Villalobos -----	Miembro del Tribunal
----- Ing. Ramiro Sosa Quirós M. Sc. -----	Miembro del Tribunal
----- Ing. Rodolfo WingChing Jones M. Sc. -----	Miembro del Tribunal
----- Sofía Macaya Quirós	Sustentante

ESCUELA DE ZOOTECNIA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

2008

III

DEDICATORIA

A mis papás, por todo el apoyo que me dieron y me han dado siempre,
por el cariño y por darme el ejemplo de luchar para alcanzar todo lo que
me proponga

A mis hermanas Nene y Cristi, por ser mis amigas, por siempre estar ahí
y hacer que todo sea más fácil. Las amo chicas.

A Hans, por aguantarme en todo momento, por entenderme, por toda la
ayuda que me dio aunque no se la pidiera, por quererme tanto.

A mis compañeros y amigos, gracias por todo lo que pasamos juntos,
cosas muy buenas y otras no tan buenas, pero al fin y al cabo de los
momentos más importantes en mi vida.

A los profes de Zootecnia, gracias por su dedicación y por todo lo que
aprendí gracias a ustedes.

AGRADECIMIENTO

A Augusto Rojas, muchas gracias por todo el apoyo que me dio desde mi primer día en la Universidad, por todo lo que me enseñó y por toda la ayuda que me brindó en la realización de la tesis.

A Bernardo Macaya, mi papá, por todos los consejos en la realización de la tesis, por permitirme disponer de la finca y los animales para el experimento, por toda la confianza.

A Evelio Víquez, por su toda su colaboración y por aportar valiosas sugerencias, las cuales fueron de mucha utilidad.

A Arturo Solano, por su disposición y su constante apoyo en las visitas realizadas durante el experimento.

A Don Jorge Sánchez, por el apoyo constante, por la gran influencia que tuvo en mi formación.

A Henry Soto, por la colaboración en el análisis estadístico.

A los miembros del tribunal, por su colaboración en la corrección de la tesis.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
ÍNDICE.....	V
LISTA DE CUADROS.....	VIII
LISTA DE FIGURAS.....	X
LISTA DE CUADROS DEL APÉNDICE.....	XI
RESUMEN.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
1. LA PRODUCCIÓN DE ETANOL Y ORIGEN DE LOS DDGS.....	4
2. COMPOSICIÓN DE NUTRIENTES EN LOS DDGS.....	6
3. RESPUESTA DE LOS ANIMALES A LA UTILIZACIÓN DE DDGS.....	10
3.1. Producción.....	12
3.2. Nitrógeno ureico en leche.....	13
3.3. Composición láctea.....	15
3.3.1. Origen de los componentes lácteos.....	16
3.3.2. Grasa láctea.....	16
3.3.2.1. Metabolismo de lípidos.....	17
3.3.2.2. Lipólisis o degradación ruminal de lípidos.....	17
3.3.2.3. Biohidrogenación ruminal.....	18

VI

3.3.2.4. Factores que afectan el contenido de grasa láctea.....	19
3.3.3. Proteína Láctea.....	28
3.3.4. Lactosa.....	34
4. NIVELES DE INCLUSIÓN RECOMENDADOS.....	36
5. ASPECTOS A CONSIDERAR EN UNA FORMULACIÓN.....	38
5.1. Grasa.....	38
5.2. Azufre.....	40
5.3. Fósforo.....	41
5.4. Lisina.....	42
5.5. Variabilidad.....	43
5.5.1. Variación en el contenido de nutrientes del maíz.....	45
5.5.2. Variación en la tasa de solubles añadidos a los granos.....	46
5.5.3. Diferencias en el tiempo y temperaturas de secado.....	48
5.6. Micotoxinas.....	49
6. DDGS Y RUMENSIN®.....	53
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	58
1. PROCEDIMIENTO Y METOLOGÍA.....	58
2. ANIMALES Y DIETAS.....	59
3. ANÁLISIS MARGINAL INGRESOS VS. EGRESOS.....	64
4. PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN.....	64
5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	65
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	66
1. PRODUCCIÓN.....	66
2. PRODUCCIÓN CORREGIDA AL 4% DE GRASA.....	69

VII

3. PERSISTENCIA.....	70
4. MUN.....	70
5. COMPONENTES LÁCTEOS.....	74
5.1. Grasa.....	74
5.2. Proteína.....	79
5.3. Lactosa.....	83
5.4. Sólidos Totales.....	85
6. ANÁLISIS ECONÓMICO.....	86
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	91
1. Producción.....	91
2. Componentes lácteos.....	92
3. Análisis económico.....	96
VI. LITERATURA CITADA.....	97
VII. ANEXO.....	111

VIII

LISTA DE CUADROS

1. Contenido Nutricional de DDGS de diferentes fuentes.....	8
2. Consumo (MS), producción de leche, porcentaje de grasa, y contenido de proteína láctea con dietas conteniendo diferentes niveles de inclusión de DGS secos y húmedos.....	11
3. Promedios e intervalos en la composición de nutrientes seleccionados (base seca) entre 32 fuentes de DDGS de EUA.....	43
4. Factores que influyen sobre la composición de nutrientes de los co-productos de destilería.....	44
5. Contenido y variabilidad de nutrientes de granos de destilería y solubles de destilería (base seca).....	47
6. Fórmulas de los diferentes alimentos balanceados.....	59
7. Fórmula de la dieta total para cada tratamiento.....	60
8. Composición nutricional de los diferentes alimentos balanceados utilizados en el experimento.....	61
9. Composición nutricional de la dieta total (% MS) para cada tratamiento.....	62
10. Análisis bromatológico de las muestras de pasto Estrella Africana recolectadas en los potreros durante el período experimental	63
11. Resultados obtenidos para producción de leche (kg), producción corregida al 4% grasa (kg), Persistencia (%) y MUN (mg/dl), para los diferentes tratamientos.....	72

12. Resultados obtenidos para contenido (%) y producción (kg) de grasa, proteína, lactosa, y sólidos totales, para los diferentes tratamientos.....	80
13. Variables de pago de la leche establecida por la Cooperativa de productores de leche Dos Pinos al 05/04/2008.....	87
14. Producción (kg) de componentes lácteos en los tratamientos con 0, 22, 32 y 42% de DDGS en el alimento balanceado.....	87
15. Ingresos para cada tratamiento por pago de leche, según la producción de sólidos.....	88
16. Egresos por compra de alimento balanceado.....	89
17. Ingreso Neto para cada tratamiento.....	89

LISTA DE FIGURAS

1. Proceso para la producción de etanol y sus co-productos.....	6
2. Lipólisis y biohidrogenación de ácidos grasos esterificados en el rumen.....	20
3. Isómeros <i>trans</i> y metabolismo de lípidos.....	22

LISTA DE CUADROS DEL APÉNDICE

1 A. Análisis proximal de DDGS originarios de nuevas plantas de etanol en Minnesota y Dakota del Sur comparados a una muestra de una planta de etanol más antigua (OMP) y a otros valores publicados.....112

2 A. Niveles de aminoácidos esenciales de DDGS originarios de nuevas plantas de etanol en Minnesota y Dakota del Sur comparados a una muestra de una planta de etanol más antigua (OMP) y a otros valores publicados.....113

3 A. Composición de minerales de DDGS originarios de nuevas plantas de etanol en Minnesota y Dakota del Sur comparados a una muestra de una planta de etanol más antigua (OMP) y a otros valores publicados.....114

4 A. Análisis de muestras de DDGS ingresados en el mes de setiembre de 2007 a la planta de concentrados de la Cooperativa Dos Pinos.....115

5 A. Análisis de muestras de DDGS ingresados en el mes de octubre de 2007 a la planta de concentrados de la Cooperativa Dos Pinos.....116

6 A. Análisis de muestras de DDGS ingresados en el mes de noviembre
de 2007 a la planta de concentrados de la Cooperativa
Dos Pinos.....117

7 A. Análisis de muestras de DDGS ingresados en el mes de diciembre
de 2007 a la planta de concentrados de la Cooperativa
Dos Pinos.....118

RESUMEN

Los granos de destilería secos con solubles (DDGS) provenientes del maíz es un co-producto resultante de la producción de etanol, el cual es utilizado como fuente proteica en las dietas, como una materia prima alternativa, la cual resulta más económica que ingredientes tradicionales como lo son la soya y el maíz.

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de diferentes niveles de inclusión de DDGS en la dieta de vacas lecheras pastoreando forraje Estrella Africana (*Cynodon nlemfluensis*), sobre la producción de leche, así como la composición láctea.

Para esto se escogieron en total 36 vacas Holstein de acuerdo al nivel de producción (\bar{x} = 25 Kg) y estado en la lactancia (posterior al pico de lactancia). Posteriormente fueron agrupadas en cuatro lotes diferentes (9 vacas por tratamiento) y aleatorizadas en los siguientes tratamientos: 0, 22, 32 y 42% de inclusión de DDGS en el alimento balanceado (Vap Feed®), sustituyendo ingredientes proteicos y energéticos contenidos originalmente en el alimento balanceado. Estos niveles corresponden a contenidos promedios de DDGS de 0, 8.8, 12.9, y 17% de la MS total consumida, respectivamente, asumiendo un consumo de total de 19.5 kg (MS) y un promedio de consumo de alimento balanceado de 9 kg/animal/día (relación leche: concentrado de 2.8:1).

Con respecto a la producción de leche, ésta aumentó hasta llegar al nivel de 32% de DDGS en el alimento balanceado. La adición del concentrado de 32% DDGS (12.9% DDGS en la ración total) provocó un aumento de 1,38 kg/día comparado con el tratamiento control (0% DDGS), sin embargo al llegar al nivel de 42% DDGS se da una disminución significativa ($P \leq 0.05$) de 2.05 kg/día al pasar del tratamiento de 32% DDGS (12.9% en la ración total) al

tratamiento de 42% DDGS (17% de la ración total) y de 0.66 kg/día con respecto al grupo control.

Con respecto a la producción corregida al 4% de grasa y a la persistencia, el comportamiento fue similar a la producción de leche, presentando los valores más altos para el tratamiento de 32% DDGS (22.42 kg/día y 94.42%, respectivamente) y los menores valores para el tratamiento de 42% (19.68 kg/día y 79.64%, respectivamente).

Para la composición láctea, el porcentaje de grasa láctea tuvo una tendencia a disminuir conforme aumentó el porcentaje de inclusión de DDGS en la dieta (3.88, 3.55, 3.62, 3.44% de grasa para 0, 22, 32, y 42% DDGS en el alimento balanceado), mostrando una disminución de aproximadamente 0.3 unidades porcentuales entre el grupo control (0% DDGS) y los tratamientos de 22% y 32% (porcentaje de inclusión en el concentrado), y una depresión adicional de 0.18 unidades porcentuales al pasar al tratamiento de 42% DDGS.

En cuanto a la proteína láctea, los porcentajes mayores fueron los correspondientes a los dos tratamientos con menor nivel de inclusión de DDGS en la dieta (3.42% y 3.37%, para los tratamientos de 0 y 22% DDGS, respectivamente) y solo se dio una diferencia significativa al pasar al tratamiento de 32% DDGS (3.23% proteína láctea), valor que permaneció constante para el tratamiento de 42% (3.29% de proteína láctea). De la misma manera se comportó el porcentaje de lactosa presentando valores de 4.73, 4.76, 4.63, y 4.56% para los tratamientos de 0, 22, 32, y 42% DDGS en el alimento balanceado, respectivamente.

El porcentaje de sólidos totales mostró una disminución lineal al aumentar el nivel de inclusión de DDGS en la dieta (12.63, 12.26, 12.18, y 12.00% de sólidos totales para los tratamientos de 0, 22, 32, y 42%, respectivamente).

La producción de grasa, proteína, lactosa y sólidos totales, presentó los valores mayores en los tratamientos de 0 y 32% DDGS (en el alimento balanceado) y se dio una disminución muy marcada en el tratamiento de 42% DDGS (17% ración total) en todos los casos (grasa, proteína, lactosa, sólidos totales).

Los DDGS son una excelente fuente de alimentación para el ganado lechero siempre y cuando se manejen los niveles de inclusión adecuados al sistema de alimentación utilizado. Además deben tener un precio competitivo para poder utilizarlos en lugar de ingredientes tradicionales como lo son la harina de soya y el maíz.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la producción de etanol se ha ido expandiendo exponencialmente a nivel mundial, en especial en los Estados Unidos. Esto es debido a que además del etanol producido para el consumo humano, éste se está empleando cada vez más para extender el volumen de la gasolina ya que actúa como amplificador de octano y como agente oxigenador preferido para ésta. Además, por su habilidad para contribuir a disminuir la contaminación ambiental y la salud pública, ya que reduce las emisiones peligrosas de los vehículos (Kaiser 2006).

Las plantas refinadoras y generadoras de etanol destinadas para la producción de combustible, utilizan el maíz como principal grano, al cual se le extrae el almidón, que luego se convierte en azúcar, y posteriormente se fermenta para producir etanol y CO₂.

Luego de remover el etanol por métodos de destilación, se realizan otros procesos de los cuales se obtienen varios subproductos, o co-productos como lo son los granos destilados secos de maíz más solubles (DDGS)¹.

Es por esto que los DDGS representan hoy en día una fuente de alimentación muy importante para los rumiantes, por su alta disponibilidad en el mercado, pero sobretodo por su contenido nutricional.

¹ Siglas en inglés

Los granos de destilería contienen aproximadamente tres veces más proteína, grasa y fibra que el maíz (Schingoethe 2006a). Sin embargo, prácticamente carecen de almidón, a diferencia de éste.

Como el contenido de fibra en los DDGS es altamente fermentable y además estos granos tienen un moderado contenido de grasa, se clasifican como un alimento alto en energía.

Aunque los destilados de maíz tienen un alto contenido de fibra detergente neutro (FDN), por su pequeño tamaño de partícula, esta fibra no es del todo efectiva por lo que se estipula que niveles de inclusión muy altos de este subproducto en la dieta de los rumiantes va a provocar una disminución en la grasa láctea, ya que se disminuye la salivación y por lo tanto la producción de ácido acético.

Se han realizado estudios en condiciones de zona templada donde incluyen hasta un 30% de DDGS en la ración total sin causar ningún efecto negativo en la producción ni en la composición láctea (Kalscheur 2005). Sin embargo, se carece de información del uso de los DDGS bajo condiciones de pastoreo en ambientes tropicales.

La optimización, tanto a nivel productivo como económico, del nivel de DDGS en la ración del ganado lechero en condiciones tropicales, es importante debido a que permitiría una menor dependencia de ingredientes como la harina de soya y maíz para la formulación de las dietas.

OBJETIVOS

a. General:

1. Evaluar el efecto de diferentes niveles de inclusión de DDGS en la dieta de vacas lecheras, sobre la producción de leche, así como la composición láctea.

b. Específicos:

1. Cuantificar el efecto de la adición de 0, 22, 32 y 42 % de DDGS en el concentrado sobre la producción diaria y corregida de leche.
2. Cuantificar el efecto de la adición de 0, 22, 32 y 42% de DDGS en el concentrado sobre los componentes lácteos.
3. Determinar el efecto de la adición de DDGS sobre los niveles de urea en leche.
4. Realizar un análisis marginal ingresos vs. egresos para los diferentes niveles de inclusión de DDGS.

II. Revisión Bibliográfica

1. LA PRODUCCIÓN DE ETANOL Y ORIGEN DE LOS DDGS

Los co-productos del etanol resultan de la fermentación de granos, generalmente del maíz, aunque igualmente se utilizan la cebada, trigo y sorgo para su producción, ya sea como combustible o para consumo humano, además de los granos destilados y otros subproductos.

La mayoría del etanol producido en E.E.U.U. se obtiene vía trituración seca del maíz, con los DDGS como los principales subproductos.

Durante el proceso para la obtención de etanol a partir del maíz, el grano entero limpio es molido para lograr un aumento en el área superficial. Seguidamente se le agrega agua y esa mezcla se cocina bajo presión. Durante la cocción se gelatiniza el almidón y se reduce la población microbiana. Luego, se enfría y se añaden enzimas para digerir la masa y convertir el almidón en azúcar. Seguidamente se agrega levadura para fermentar el azúcar, transformándola en alcohol y CO₂.

Después de remover el etanol a través de procesos de destilación, la mezcla se centrifuga y las partículas insolubles del grano son separadas de los sólidos disueltos. Estos sólidos disueltos son concentrados en un jarabe a través de evaporadores. El jarabe puede utilizarse como solubles de destilería

condensados (SDC)²; o puede secarse para producir solubles de destilería secos (SDS)³. Sin embargo, sólo bajos volúmenes de SDC o SDS son producidos actualmente (Kaiser *et al.* 2006). En la mayoría de las plantas, los solubles se añaden a los granos exhaustos o “cake” para convertirse en granos de destilería húmedos con solubles (GDHS)⁴; o granos de destilería secos con solubles (GDSS)⁵.

La Figura 1 muestra el proceso esquematizado de la producción de etanol y sus diferentes co-productos.

Los granos destilados de maíz más solubles pueden ser ofrecidos tanto secos como húmedos, causando una respuesta generalmente similar en el animal, aunque existen mínimas diferencias que favorecen los granos húmedos de destilería más solubles (Schingoethe 2006b).

El triturado en seco de 100 kg de maíz produce aproximadamente 40.2 L de etanol, 32.2 kg de DDGS y 32.3 kg de CO₂.

² Condensed distillers solubles (CDS), en inglés.

³ Dried distillers solubles (DDS), en inglés.

⁴ Distillers wet grain with solubles (DWGS), en inglés.

⁵ Distillers dry grain with solubles (DDGS), en inglés.

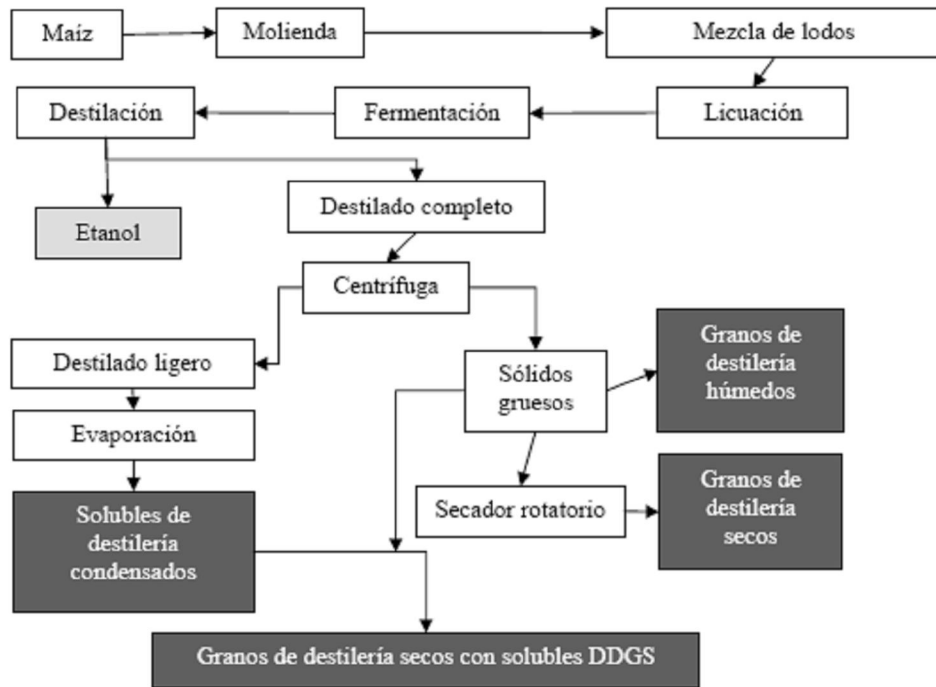


Figura 1. Proceso para la producción de etanol y sus co-productos

Fuente: Erickson *et al.* 2005

2. COMPOSICIÓN DE NUTRIENTES EN LOS DDGS

Los granos de destilería secos con solubles (DDGS) son el subproducto que se obtiene en mayor abundancia de la producción de etanol, los cuales, aunque se encuentran casi desprovistos de almidón, son una excelente fuente de energía, proteína, fibra y fósforo (Schroeder 2003) para la alimentación del ganado lechero.

Luego de la extracción del almidón, aproximadamente un tercio de la materia seca es remanente. Como resultado, todos los nutrientes se incrementan al triple ya que la mayoría de los granos contienen

aproximadamente dos tercios de almidón. Esto quiere decir que los DDGS tienen tres veces más proteína, grasa y fibra que el maíz.

Los DDGS tienen generalmente contenidos mayores de 30% de proteína cruda, así como una buena fuente de energía (ENL= 2.25 Mcal/kg de MS)⁶. Además, es una buena fuente de proteína no degradable en el rumen⁷ (RUP= 55% de MS). Tienen un contenido importante de grasa (EE= 10%), el cual junto con el alto nivel de fibra fácilmente degradable en el rumen (39% de FDN), contribuyen al alto contenido energético en los DDGS (Schingoethe 2006a).

El contenido nutricional de los DDGS del maíz así como de trigo, cebada y sorgo están indicados en el Cuadro 1. Los valores en el cuadro indican principalmente los reportados en NRC (1996, 2001), los cuales fueron modificados con datos reportados más recientemente como lo son los de Spiehs *et al.* (2002) y Birkelo *et al.* (2004) para las fuentes energéticas de los granos destilados.

Los DDGS de maíz son los que están disponibles en mayor cantidad en EEUU, mientras que los DDGS de trigo y cebada se obtienen en mayor cantidad en Canadá y Europa. Actualmente en el suroeste de los Estados Unidos de está produciendo DDGS a partir de sorgo.

Los valores de proteína y energía son similares para los granos destilados con o sin solubles, sin embargo el contenido de fósforo es más

⁶ ENL: Energía Neta de Lactancia.

⁷ RUP, siglas en inglés.

elevado cuando se incluyen los solubles, mientras que el contenido de grasa es ligeramente menor en los granos destilados de maíz sin solubles.

Cuadro 1. Contenido Nutricional de DDGS de diferentes fuentes

	Fuente			
	Maíz	Trigo	Cebada	Sorgo
	% Materia Seca			
Proteína Cruda (%)	30.1	36.2	15.4	32.0
RUP (%)	55.0	37.2	49.0	50.0
ENm (Mcal/kg)	2.07	2.18	1.87	2.11
ENg (Mcal/kg)	1.41	1.50	1.24	1.39
ENI (Mcal/kg)	2.26	2.02	1.73	1.91
FDN (%)	41.5	41.4	74.3	46.0
FDA (%)	16.1	17.3	34.1	28.4
Extracto Etéreo (%)	10.7	6.7	6.0	11.5
Cenizas (%)	5.2	5.4	4.2	3.6
Calcio (%)	0.22	0.30	-	0.10
Fósforo (%)	0.83	1.05	-	0.84
Magnesio (%)	0.33	0.60	-	-
Potasio (%)	1.10	1.70	-	-
Sodio (%)	0.30	0.23	-	-
Azufre (%)	0.44	0.57	-	-

Datos tomados de NRC (1996, 2001), Spiels *et al.* (2002); Birkelo *et al.* (2004).

Adaptado por Schingoethe (2006a).

Es por esto que si un producto de DDGS contiene valores muy elevados de fósforo (eg>1.0%) así como un valor de grasa mucho más elevado (eg>15%), es muy probable que hayan sido mezcladas cantidades mayores de

solubles de los destilados con los granos destilados, o bien que el procesador haya tenido problemas con la separación de materiales durante el manejo de los solubles (Schingoethe 2006a).

Estas variaciones son útiles para reconocer la importancia de obtener datos analíticos del producto recibido, así como que los proveedores entreguen productos estandarizados y uniformes.

Los DDGS tienen contenidos altos de FDN y contenidos bajos de lignina, lo que los hace una fuente de fibra fácilmente digestible. Esas fuentes de fibra puede reemplazar parcialmente los forrajes en momentos donde la disponibilidad de éstos es limitada; sin embargo, debido al tamaño de partícula pequeño, los DDGS pueden carecer de suficiente fibra efectiva que sirva para prevenir una depresión de la grasa en leche (Cyriac *et al.* 2005).

Normalmente, el contenido de carbohidratos no fibrosos (CNF) y almidón de las raciones para ganado lechero no debe exceder 35-40 % y 25-30% (MS) respectivamente. Las dietas que exceden estos niveles pueden causar acidosis ruminal (Kaiser 2006). Los DDGS tienen una ENL igual al maíz sin contribuir en forma apreciable a la carga de almidón en el rumen. Sin embargo, el bajo contenido de CNF y el contenido alto de grasa presentan otros retos nutricionales (Kaiser 2006).

Los DDGS de maíz son una buena fuente de proteína no degradable en el rumen o sobrepasante (RUP⁸), lo cual permite el aporte de aminoácidos a nivel intestinal. La mayoría de los valores informados se encuentran en un rango de 47% a 69% de RUP, por lo que un valor acertado puede ser de 55% de PC como RUP (Schingoethe 2007).

La mayoría de las proteínas fácilmente degradables en el maíz fueron degradadas durante el proceso de fermentación, de esta manera, la proteína restante en los DDGS va a ser proporcionalmente mayor en RUP que en el grano original. Sin embargo, si los valores de RUP para DDGS de maíz son bastante altos (eg>80% PC), puede ser aconsejable revisar si hay daño por calor, lo que ocasiona proteína no digestible (Schingoethe 2006a).

Pamp *et al.* (2006) reportaron que un incremento en la RUP en dietas con DDGS, incrementa la producción de leche así como un aumento en los componentes lácteos. Este aumento en la RUP fue aún mayor que el obtenido cuando se utilizó harina de soya como suplemento.

3. RESPUESTA DE LOS ANIMALES A LA UTILIZACIÓN DE DDGS

Al ser los DDGS un co-producto que con los años ha mejorado su calidad, así como su disponibilidad debido a la creciente producción de etanol a nivel mundial, resultan cada vez de mayor interés para los investigadores, para así lograr una correcta utilización de los mismos en las dietas, aprovechando

⁸ Ruminally undegraded protein, en inglés.

sus cualidades y conociendo sus debilidades para no caer en ningún error en la formulación.

Desde hace ya varios años se ha reportado diferentes resultados en lo que concierne a la producción y composición láctea de animales alimentados con DDGS.

El Cuadro 2 presenta una recopilación de datos realizada por Kalscheur (2005), provenientes de investigaciones realizadas desde 1982, en los cuales los destilados de maíz, ya sea húmedos o secos, fueron ofrecidos a vacas lactantes, en diferentes niveles de inclusión con el fin de realizar comparaciones.

Cuadro 2. Consumo (MS), producción de leche, porcentaje de grasa y contenido de proteína láctea con dietas conteniendo diferentes niveles de inclusión de DGS secos y húmedos.

Nivel de inclusión	Consumo MS	Leche	Grasa	Proteína
(% de MS)	(kg/día)			(%)
0	22.1	33.0	3.39	2.95
4-10	23.7	33.4	3.43	2.96
10-20	23.4	33.2	3.41	2.94
20-30	22.8	33.5	3.33	2.97
>30	20.9	32.2	3.47	2.82

Adaptado por Kalscheur (2005)

3.1. PRODUCCIÓN

Se aprecia en el cuadro anterior que la producción fue la misma o mayor cuando se alimentó con DGS que cuando se alimentó con las dietas control en todos los experimentos, excepto probablemente cuando se alimentó con cantidades muy grandes (i.e. 30% de MS en la dieta) de DGS húmedos (Kalscheur 2005). Indica el autor que en experimentos donde se comparan los DDGS con la harina de soya como suplemento proteico, la producción fue similar o mayor utilizando DDGS que con soya.

Investigaciones (Powers *et al.* 1995) indicaron mayor producción de leche cuando se utilizan DDGS de la producción de whisky y de las plantas para producción de combustible que cuando se alimentó con harina de soya. Sin embargo, cuando se alimentó con productos de DDGS que fueron más oscuros y posiblemente dañados por el calor, la producción de leche fue menor que cuando se utilizó un producto más claro (DDGS dorados), pero permanece similar en producción que cuando se alimenta con harina de soya.

Cuando Kleinschmith *et al.* (2006) utilizaron un DDGS con estándar de buena calidad para evaluar la respuesta de dos productos de DDGS especialmente procesados con la intención de obtener una calidad aún mejor, cuantificaron una mayor producción de leche para los tres productos de DDGS evaluados, que para la dieta control basada en harina de soya, con solo pequeñas diferencias en la respuesta debida a la mejora de la calidad de los DDGS.

Según Schingoethe (2006a), en una investigación utilizando 15% de DDGS en la MS de la ración total para vacas lecheras de primero y segundo parto, no hubo cambios en producción (31.7 y 33.6 kg/día para la dieta control y la dieta con DDGS, respectivamente), porcentaje de grasa (3.75 y 4.07%), y porcentaje de proteína (3.29 y 3.41%).

Kleinschmith *et al.* (2006) mostraron que mientras puede haber diferencia en la calidad de proteína de varias fuentes de DDGS presentes hoy, las diferencias en producción de leche y contenido de proteína en la leche pueden ser leves, a menos que un producto sea dañado por calor.

3.2. Nitrógeno ureico en leche (MUN)

Cuando un animal consume algún alimento, las fuentes de nitrógeno aprovechable que llegan al rumen, son fraccionadas y tomadas por los microorganismos ruminales para transformarlas en aminoácidos, péptidos y en proteína bacterial (Rojas 2005).

La utilización eficiente de la proteína a nivel ruminal va a depender tanto de su degradabilidad como de la energía disponible que haya en el rumen. Es por esto que si hay una inadecuada disponibilidad de carbohidratos solubles en solución detergente neutro (CSSDN), los cuales se caracterizan por ser rápidamente fermentables en el rumen (almidón, azúcares y pectinas), esto favorece un aumento en la concentración de amoníaco a nivel ruminal, aunque haya altas cantidades de proteína soluble e insoluble (Herrera 2006).

El amoníaco que no es incorporado a la proteína microbial, se difunde a través de la pared ruminal hacia el plasma sanguíneo donde es convertido en urea la cual es una pequeña molécula, que se difunde dentro y fuera de los espacios en los tejidos corporales.

El contenido de urea en sangre (BUN, en inglés) y el contenido de urea en leche (MUN, en inglés), son útiles para saber si hay una utilización eficiente del nitrógeno en la vaca lactante (Broderick y Murray 1997), donde el contenido de MUN corresponde a un 85 a 90% del contenido de BUN.

Según Firkins (2008), un valor de MUN considerado como bueno es 10-12 mg/dl, lo cual difiere un poco del valor propuesto por Linn y García (1998), quienes consideran un valor de referencia para el MUN de 14 mg/dl. Sin embargo, ellos consideran una desviación estándar de 4 mg/dl, por lo que las concentraciones pueden variar entre 10 y 18 mg/dl.

Según Linn y García (1998), un valor de MUN considerado como bajo (< 12 mg/100ml), puede ser debido a dietas con bajo contenido de proteína cruda o de alguna fracción proteica.

Por otro lado, valores de MUN muy altos (> 18mg/100ml) puede deberse a un exceso en la dieta de alguna fracción proteica o bien un exceso de proteína soluble, en relación con un bajo contenido de carbohidratos rápidamente

fermentables que provoquen una desincronización de sustratos (Linn y García, 1998).

Según Broderick y Murray (1997), las concentraciones de MUN se utilizan para monitorear consumo de PC y acercar cada vez más los aportes en la dieta a los requerimientos del animal. Si existe un exceso de N en la dieta, puede causar problemas de fertilidad. Además, un incremento en el consumo de PC incrementaría los requerimientos de energía en 13.3 kcal de Energía Digestible por gramo de PC que se dé en exceso (Broderick y Murray 1997). También los suplementos proteínicos tienen un costo elevado por lo que el desperdicio provocaría grandes pérdidas económicas.

3.3. COMPOSICIÓN LÁCTEA

La composición láctea puede ser manipulada por la dieta hasta cierto punto, ya sea deprimiendo el porcentaje y/o producción de los componentes (grasa, proteína y lactosa) en la leche, o bien incrementándolos.

Se ha visto que la grasa y la proteína lácteas pueden variar constantemente y tener cambios muy notables; sobretodo el contenido de grasa. Sin embargo, la lactosa tiende a permanecer casi constante, sufriendo cambios mucho menores. Estos comportamientos se dan por diversas razones, tanto de origen bioquímico como de origen dietético, lo cual se detalla a continuación.

3.3.1. Origen de los componentes lácteos

La lactosa es el principal constituyente osmóticamente activo de la leche. Este se sintetiza en el aparato de Golgi y luego es secretado en vesículas, que se mueven a la membrana apical y liberan su contenido en el alveolo. Como la lactosa es osmóticamente activa pero no puede pasar fuera del aparato de Golgi ni de las vesículas secretorias, la concentración de lactosa en leche permanece casi constante (Sutton 1989).

Tanto los triglicéridos en la grasa láctea como la proteína láctea son sintetizados en el retículo endoplasmático. La proteína pasa al aparato de Golgi y seguidamente es secretado en las mismas vesículas que la lactosa. Por otro lado, las gotitas de grasa pasan a la membrana apical y son secretadas en los alveolos en forma de glóbulos de grasa láctea (Sutton 1989).

Así, la ruta secretoria de lactosa y de proteína es la misma y es muy distinta que la de la grasa. Este puede ser el principal motivo del por qué la relación proteína: lactosa permanece muy constante mientras que la relación grasa: lactosa varía mucho (Sutton 1989). Sin embargo, siempre existen excepciones.

3.3.2. Grasa láctea

La grasa es un componente que puede variar considerablemente según la dieta que se suministre. Para lograr comprender esta variación es importante

conocer el metabolismo de los lípidos en los rumiantes y sus procesos, los cuales se detallan a continuación.

3.3.2.1. Metabolismo de lípidos

En el metabolismo de los lípidos en los rumiantes, se dan dos pasos sumamente importantes que son la lipólisis (o degradación ruminal de lípidos) y la biohidrogenación ruminal.

3.3.2.2. Lipólisis o degradación ruminal de lípidos

Justo después de que los animales consuman los lípidos de origen vegetal, éstos son hidrolizados por las lipasas microbiales, provocando una liberación de ácidos grasos (Figura 2). *Anaerovibrio lipolytica* produce una esterasa y una lipasa. Ésta lipasa, hidroliza los acilgliceroles completamente generando ácidos grasos libres y glicerol. El glicerol es fermentado rápidamente por diversos microorganismos, produciendo ácido propiónico como producto principal. Además de producir ácidos grasos libres y glicerol, un pequeño porcentaje de los triglicéridos puede sobrepasar el rumen, escapando de la lipólisis, donde se da una hidrólisis por medio de la lipasa pancreática (Jenkins 1993).

Los ácidos grasos de cadena larga liberados pueden tomar diferentes rutas: 1) ser incorporados en los lípidos microbiales 2) formar jabones de calcio 3) ser adsorbidos en la superficie sólida de la digesta y posiblemente en la

pared celular del microorganismo 4) continuar hacia el proceso de biohidrogenación, el cual se da en mayor porcentaje.

La actividad lipolítica en el rumen es suficiente para convertir la mayoría de los triglicéridos de la dieta a ácidos grasos libres en un tiempo corto, sin embargo, se ha informado que las tasas de lipólisis y biohidrogenación pueden ser alteradas por la madurez del forraje, el contenido de nitrógeno y el tamaño de partícula del alimento (Rojas 2005a).

3.3.2.3. Biohidrogenación ruminal

Luego de completarse el proceso de lipólisis se da la biohidrogenación, la cual consiste en el proceso de saturación de los ácidos grasos insaturados libres mediante la hidrogenación ruminal (Figura 2).

Los ácidos grasos insaturados libres tienen una permanencia corta en el rumen ya que rápidamente son hidrogenados por los microorganismos para convertirse en productos finales más saturados.

De hecho, se habla de dos teorías del por qué del proceso de biohidrogenación. La primera se trata de un proceso de protección para los microorganismos contra los efectos tóxicos de los ácidos grasos insaturados. También se dice que la biohidrogenación contribuye en algún grado a disminuir la cantidad de hidrógeno ya que solamente un 1-2% de hidrógeno metabólico es utilizado para este propósito (Czerkawski y Clapperton 1984).

El primer paso en el proceso de biohidrogenación es una reacción de isomerización que convierte el doble enlace *cis-12* en los ácidos grasos insaturados al isómero *trans-11*. La isomerasa no es funcional a menos que el ácido graso tenga un grupo carboxilo libre, lo que establece que la lipólisis es un requisito para que se de la biohidrogenación (Jenkins 1993).

Una vez formado el enlace *trans-11* por acción de la isomerasa, se da la hidrogenación del enlace *cis-9* por una reductasa microbial para obtener C18:2. Por último se da una hidrogenación de *trans-11* C18:1 a C18:0 (Jenkins 1993).

3.3.2.4. Factores que afectan el contenido de grasa láctea

El control de la grasa láctea y la composición de ácidos grasos debido a la adición de fuentes de grasa en las dietas es muy complejo. Esto es debido a que la transferencia de ácidos grasos insaturados (provenientes de la dieta) a la leche puede verse significativamente reducida por diversos factores como lo son su biohidrogenación por los microorganismos del rumen, poca tasa de absorción a nivel intestinal, y su deposición en el tejido adiposo en lugar de la utilización de éstos por la glándula mamaria (Jenkins y McGuire 2005).

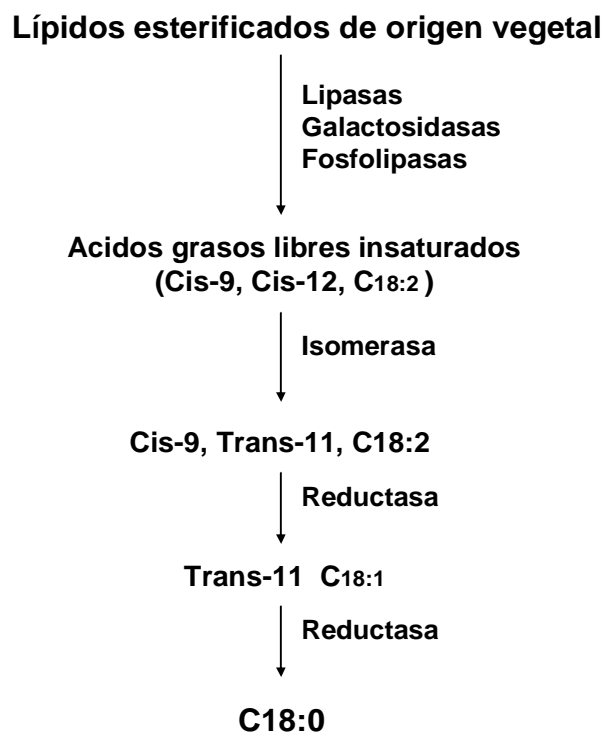


Figura 2. Lipólisis y biohidrogenación de ácidos grasos esterificados en el rumen (Jenkins 1993).

Los factores dietéticos que tienen una relación directa con la reducción de grasa láctea (Sutton 1989), o bien el incremento en la concentración de ácidos grasos insaturados son el contenido de granos y el contenido de grasas que se utilizan para la alimentación (Jenkins 1993). Además se habla de la composición de la dieta, por ejemplo, el tipo de forraje que se utiliza (Sutton 1989).

Alimentación con granos

Así como los granos como el maíz en una dieta para vacas lecheras son una excelente fuente de energía digestible para mantener altos niveles de producción de leche, consumos muy altos de estas fuentes pueden también deprimir el porcentaje de grasa en la leche y alterar la composición de ácidos grasos.

Años atrás se hablaba que las razones por las cuales los granos podían inducir una reducción en la grasa láctea o bien alterar la composición de ácidos grasos eran: 1) no había una producción adecuada de acetato y butirato a nivel ruminal para colaborar en la síntesis de grasa láctea 2) el propionato proveniente del consumo de granos estimulaba la circulación en la concentración de insulina, lo que remitía los metabolitos fuera del tejido mamario (Jenkins y McGuire 2005).

En el 2003, Bauman y Griinari propusieron la teoría de la biohidrogenación, la cual hasta el momento parece ser la más acertada. Esta teoría involucra alteraciones en la biohidrogenación ruminal de los ácidos grasos poliinsaturados suministrados en la dieta (ya sea provenientes de los granos o bien suplementados en forma de aceites) y una inhibición específica de la síntesis de grasa láctea a nivel de la glándula mamaria. Concluyeron que bajo algunas circunstancias, la ruta típica para la biohidrogenación ruminal se ve alterada y produce los inusuales ácidos grasos intermedios que inhiben la síntesis de grasa láctea. El ácido linoleico conjugado *trans*-10, *cis*-12 ha sido

identificado como ejemplo de un isómero que está correlacionado con la inhibición de la síntesis de grasa láctea en la glándula mamaria (Figura 3).

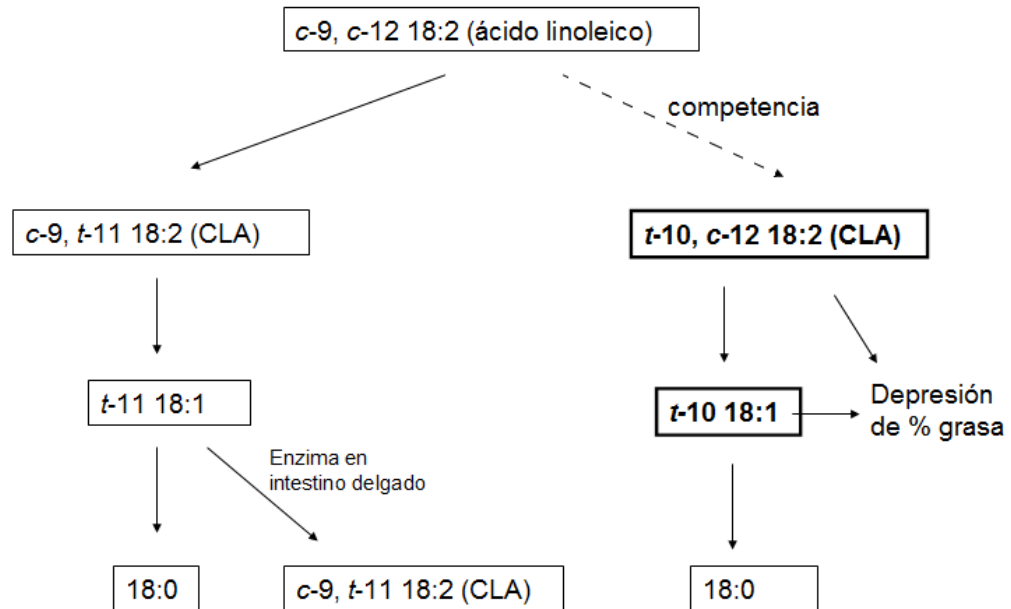


Figura 3. Isómeros *trans* y metabolismo de lípidos

(Firkins 2008)

Bauman y Griinari (2003), encontraron una severa depresión en la grasa láctea en vacas a las que se les suministró el isómero *trans*-10, *cis*-12 CLA, mientras que con *cis*-9, *trans*-11 CLA no hubo ningún efecto negativo.

En éstas investigaciones realizadas con isómeros puros, se demostró que *trans*-10, *cis*-12 CLA es un potente inhibidor de la síntesis de grasa láctea, y similar a la depresión de grasa láctea inducida por la dieta, el mecanismo involucra una reducción en la cantidad de ARNm necesario para las enzimas clave involucradas en las rutas bioquímicas de la síntesis de grasa (Bauman y Griinari 2003)

Es por esto que actualmente se dice que el factor causante de la depresión en la grasa láctea debido a la alimentación es la producción del isómero *trans*-10, *cis*-12 CLA.

Suplementación con lípidos

El principal propósito de incluir grasas y aceites en las dietas del ganado lechero es para incrementar el consumo de energía y la producción de leche. Sin embargo, desde hace mucho tiempo se ha descubierto que dichos suplementos también tienen efectos específicos en la grasa láctea y en la composición de ácidos grasos en la misma (Sutton 1989).

Como la grasa en DDGS de maíz es insaturada, con más de 60% de ácido linoleico, se espera un pequeño aumento en la concentración de ácidos grasos insaturados en la leche producida (Schingoethe *et al.* 2006). Leonardi *et al.* (2005) también reportaron aumentos en el ácido graso *cis*-9, *trans*-11 ácido linoleico conjugado (CLA) y su precursor ácido vaccénico (*trans*-11 C18:1).

Los aceites vegetales que no son tratados, son altos en ácidos grasos insaturados y tienen una habilidad limitada para alterar la composición de ácidos grasos en la leche. La razón de esto se atribuye a la población microbial del rumen que transforma los ácidos grasos insaturados provenientes de la dieta. Por lo tanto, la liberación de ácidos grasos insaturados al tejido mamario es limitada, inclusive cuando la suplementación por medio de la dieta es elevada.

Así como desde hace muchos años se ha utilizado grasa en la alimentación de las vacas para proveer más energía para la producción de leche, en los últimos años se ha buscado desarrollar grasas de sobrepaso que minimicen los problemas de digestibilidad que ocurría anteriormente cuando se suplementaba con aceites insaturados. Esto ha conllevado a un desarrollo comercial muy importante de una gran variedad de grasas sobrepasantes, incluyendo sales de calcio de ácidos grasos y productos enriquecidos con ácidos grasos saturados (Jenkins y McGuire 2005).

Al utilizar una fuente de lípidos es importante considerar los factores propios de la alimentación como lo son la cantidad de suplemento, la composición de ácidos grasos de la fuente y la forma física; así como los factores externos que son los efectos que esto tiene sobre la producción de leche, la concentración de grasa y la composición de los ácidos grasos (Sutton 1989).

La inclusión de lípidos hasta un máximo de 6 a 8% de la materia seca total en la dieta, generalmente incrementa la producción de leche (Sutton 1989), sin embargo la concentración en la grasa láctea tiene resultados variables, lo cuales dependen de la cantidad, la fuente y la forma física del lípido (Smith *et al.* 1978).

Según Van der Honing *et al.* (1981), cantidades moderadas de grasas saturadas tienden a incrementar la concentración de grasa en leche en pequeñas cantidades, pero similares cantidades de lípidos insaturados o

mayores cantidades de cualquier lípido a menudo provoca una depresión en grasa láctea, algunas veces de más de una unidad porcentual.

Es importante también rescatar, el valor que se le ha dado a los intermediarios del proceso de biohidrogenación para producir grasa láctea, como lo ha sido el ácido linoleico conjugado (CLA) (cis-9, trans-11 principalmente) el cual tiene propiedades anticarcinogénicas en los humanos. El isómero cis-9, trans-11 CLA se origina de la biohidrogenación del ácido linoleico (Jenkins 2006).

A raíz de esto se ha dado un enorme interés en incrementar la cantidad de estos intermediarios de la biohidrogenación en la leche y se continúa investigando sobre el tema, para así determinar el origen y posible aumento de isómeros de ácidos grasos producidos en el rumen que puedan resultar beneficiosos para la salud humana.

Composición de la dieta base

La composición de la dieta base de los animales también puede influenciar en cómo una fuente de lípidos puede afectar la fermentación ruminal. Los lípidos que generalmente pueden inhibir la fermentación y digestión a menudo causan menos inhibición cuando el contenido de heno en la dieta es alto (Jenkins 1993).

Según Firkins (2008), dietas donde la fuente de forraje es mayormente alfalfa o algún pasto, en lugar de ensilaje de maíz, puede permitir un mayor uso de fuentes de grasas insaturadas. Informa que esto es prácticamente fundamental en dietas con niveles importantes de DDGS.

En diversos experimentos (Doreau *et al.* 1991, Mir 1988, Smith *et al.* 1992), donde se utilizó un forraje con un buen aporte de fibra efectiva en dietas conteniendo un aporte alto de ácidos grasos insaturados (10% de aceite de oleaginosas aproximadamente), no se observó problemas en la fermentación ruminal ni en la digestión, demostrando una fuerte interacción positiva entre la fuente de lípidos y la fuente de forraje. Sin embargo, Canale *et al.* (1990) y Klusmeyer *et al.* (1991) en experimentos utilizando sales inertes de calcio como fuente de grasa, no encontraron ninguna ventaja al incrementar el contenido de fibra en la dieta.

Según Sutton (1989), no solamente es importante la presencia de forraje que brinde fibra efectiva al sistema. También es fundamental conservar las propiedades de la misma evitando cortar muy fino el forraje. Se ha propuesto una medida de 0.6 cm a 0.8 cm al cortar el forraje, para así mantener la calidad de la fibra y no afectar la grasa en la leche (Allen y Beéde 1996, Woodford *et al.* 1986).

Relación forraje: concentrado

Se ha demostrado que la relación forraje: concentrado es un factor que tiene grandes repercusiones en el contenido de grasa en leche. Se ha visto que en dietas con más de 50% de forraje, un cambio en la relación forraje: concentrado provoca cambios muy pequeños en la grasa láctea. Sin embargo, con proporciones de forraje menores al 50%, la depresión en la concentración de grasa láctea es muy marcada (Thomas y Martin 1988).

Una alternativa de carbohidratos rápidamente fermentables en el rumen (en lugar del almidón proveniente del maíz, por ejemplo), es la fibra de alta calidad que existe en diversos subproductos como el gluten de maíz y la pulpa de cítricos. Estos ingredientes se caracterizan por su bajo contenido de almidón y sus altas concentraciones de FDN, así como carbohidratos solubles y pectinas. Estos subproductos reducen la depresión en la grasa láctea a diferencia de los concentrados con alto contenido de almidones (MacGregor *et al.*, 1983).

Se ha encontrado que por una unidad porcentual de la materia seca que la FDA disminuya en una dieta, la concentración de grasa láctea se deprime en 0.17% (Broster *et al.* 1985, Sutton *et al.* 1987, Sutton *et al.* 1985). Estos resultados se dieron únicamente en dietas conteniendo entre 9 y 22% de FDA, lo que propone que aproximadamente un 22% de FDA es la concentración mínima requerida para prevenir la depresión en la grasa láctea.

3.3.3. Proteína Láctea

Las diferentes fracciones de nitrógeno contenidas en la leche pueden ser divididas en tres categorías: caseína, suero y nitrógeno no proteico (NNP). La fracción de caseína comprende la mayoría del nitrógeno en la leche (78%). Seguidamente, el suero comprende el 17%, y el nitrógeno no proteico el 5% del total de Nitrógeno presente en la leche. Los factores más discutidos en los últimos años con respecto a su influencia en el contenido de proteína láctea son la relación forraje: concentrado, la cantidad y fuente de la proteína proveniente de la dieta, y la cantidad y fuente de lípidos proveniente de la dieta. (De Peters y Cant 1992, Bequette *et al.* 1998).

Relación forraje: concentrado

En muchos casos, al reducir la proporción de forraje en la dieta de la vaca se da un incremento tanto en el contenido de proteína como en la producción. El contenido de proteína láctea puede aumentar 0.4 unidades porcentuales o más, si la proporción de forraje en la dieta se reduce a 10% del total de materia seca (Jenkins y McGuire 2005). Como se necesita de un mínimo de 40% de forraje en las dietas de vacas lactantes para evitar problemas digestivos y metabólicos, éste no es un método del todo práctico para aumentar el contenido de proteína láctea.

También es importante determinar si el forraje es la causa directa de la disminución en la proteína láctea, o si esto es un efecto indirecto de disminuir el

consumo de energía, ya que se ha demostrado que el contenido de fibra en una ración tiene una leve relación con el contenido de proteína en la leche.

Según Jenkins y McGuire (2005), los carbohidratos rápidamente fermentables en el rumen se asocian actualmente al contenido de proteína láctea, ya que en diversos experimentos, aumentando la cantidad de estos carbohidratos a la vez que se realizaban infusiones de caseína en el abomaso, se daban aumentos substanciales en la proteína láctea. Así, cuando se provee carbohidratos rápidamente fermentables en el rumen, se da una mayor producción de propionato y proteína microbiana, lo que lleva a una mayor producción de leche y de proteína láctea.

Cantidad y fuente de proteína dietética

Con respecto a la cantidad de proteína en la dieta, así como con la fuente de ésta, con un cambio dramático en cualquiera de los dos causa apenas cambios modestos en el contenido de proteína láctea (Jenkins y McGuire 2005). Según Emery (1978), por cada 1% de incremento en la proteína dietética, el contenido de proteína presente en la leche aumenta solo 0.02% aproximadamente.

La razón de que cueste tanto aumentar los niveles de proteína láctea a través de cambios importantes en la proteína de la dieta es porque solamente un 25-30% de la proteína consumida por el animal pasa a la leche. El flujo sanguíneo en la glándula mamaria es una de las causas de ésta pobre captura

de proteína, la cual forma parte del proceso completo para la sincronización en la distribución de nutrientes a la glándula mamaria (Bequette et al. 1998).

Según Jenkins y McGuire (2006), estudios realizados han demostrado que tanto el flujo sanguíneo en la glándula mamaria como la extracción de aminoácidos pueden ajustarse, conllevando a realzar la producción de proteína en la leche. Esto sugiere que la glándula mamaria tiene la capacidad de alterar los sustratos del suministro arterial en respuesta a cambios en las concentraciones de aminoácidos a nivel arterial, al flujo sanguíneo en la glándula mamaria y a la actividad metabólica para mejorar la producción de proteína láctea.

Cantidad y fuente de lípidos en la dieta

Se ha visto que la presencia de lípidos en las dietas como una fuente energética, puede ir acompañada de una disminución en el contenido de proteína láctea.

En promedio, el contenido de proteína presente en la leche puede disminuir 0.03% por cada 100 g de grasa suplemental ingerida, o bien alrededor de 0.1 a 0.3 unidades porcentuales para la mayoría de los niveles típicos en la utilización de grasa en una dieta (Jenkins y McGuire 2005).

Cuando la suplementación con grasa provoca una disminución en el contenido de proteína, la fracción que más disminuye es la de la caseína. El

efecto que tiene la grasa sobre la fracción del suero no ha mostrado resultados consistentes y el nitrógeno no proteínico generalmente aumenta (Jenkins y McGuire 2006). Sin embargo, hay que tener mucho cuidado ya que, como la utilización apropiada de grasa en la dieta hace que se de un aumento en la producción de leche, la producción total de proteína láctea va a ser la misma o inclusive puede verse ligeramente aumentada a pesar de que hay una disminución en el contenido de proteína.

Según De Peters y Cant (1992), la suplementación con más de 2% de grasa adicionada en dietas para vacas lecheras mejora la producción de leche y el porcentaje de grasa en leche, pero hay una depresión en el contenido de proteína láctea de 5 a 10%.

Esta depresión en la proteína se le ha atribuido a un “efecto de dilución”, debido a un aumento mayor en la producción de leche que en la producción de proteína. Sin embargo, esto no explica los mecanismos por los cuales la grasa en la dieta puede afectar la producción de leche y de proteína láctea (Jenkins y Maguire 2006).

En un experimento realizado por Casper y Schingoethe (1989) se alimentó a los animales con dietas conteniendo un concentrado a base de harina de soya y maíz o dietas con grasa adicional proveniente de oleaginosas. Durante el periodo experimental la producción de leche aumentó aproximadamente un 7.3% mientras que el porcentaje de proteína en la leche disminuyó en las vacas alimentadas con grasa adicional. El consumo de

materia seca y el peso corporal permanecieron igual en ambos tratamientos. En los animales con suplementación extra de grasa, el nivel de aminoácidos en la glándula mamaria fue numéricamente menor para todos los aminoácidos esenciales y se vieron reducidos significativamente los siguientes: histidina, isoleucina, leucina, fenilalanina, treonina, valina.

Se propuso que el agregar una fuente de lípidos inhibe la liberación de somatotropina en la glándula pituitaria anterior, reduciendo la extracción de aminoácidos en la glándula mamaria por causa del papel de la somatotropina de participar en dicha extracción. Según Casper y Schingoethe (1989), la administración de somatotropina exógena puede aliviar la depresión en la proteína láctea asociada a este tipo de dietas.

Por otro lado, según Cant *et al.* (1991), la depresión en la proteína láctea inducida por lípidos en la dieta permaneció evidente durante la infusión de caseinato de sodio en el abomaso de vacas de primera lactancia, indicando una limitación en la síntesis de proteína láctea que no era causada por efectos en la disponibilidad de aminoácidos a nivel intestinal, asimismo sugirió que los efectos de la grasa en la dieta pueden ser perjudiciales a nivel de glándula mamaria.

Seguidamente, Cant *et al.* (1993) realizaron un nuevo experimento para determinar las características de la utilización de aminoácidos por la glándula mamaria en vacas alimentadas con grasa suplementaria.

El ritmo en el flujo de sangre en la glándula mamaria disminuyó un 7% en los tratamientos de mayor nivel de grasa, previniendo el incremento en la remoción de aminoácidos, los cuales son indispensables para colaborar en la mejora de la eficiencia de la síntesis de leche. Esto se dio en evidencia al haber una reducción importante en la proporción del flujo de sangre en la glándula mamaria con respecto al volumen de leche, resultando en una depresión del contenido de proteína láctea.

Los mismos autores propusieron que la grasa reduce la concentración de proteína láctea debido a la reducción del flujo sanguíneo a la glándula mamaria, causando una menor extracción de aminoácidos en la sangre. Explican que el volumen de leche es aumentado por la cantidad mayor de ácidos grasos que inhibe la nueva síntesis de grasa, empleando el acetato para oxidación y más glucosa disponible para lactosa y síntesis de leche.

Según Rojas (1995), la reducción en el contenido de proteína láctea al utilizar dietas altas en grasa se ha asociado a:

- a) Un efecto de dilución al incrementar la producción de leche al usar grasas.
- b) Reducción en la disponibilidad de proteína debido al efecto de la grasa sobre el crecimiento bacterial.
- c) Reducción en la síntesis de proteína microbial debido a la disminución en la disponibilidad de almidón en la ración.

- d) Deficiencia de glucosa debido a la sustitución de energía de carbohidratos (granos) por grasa.
- e) Efecto directo sobre el proceso de síntesis de proteína en la glándula mamaria (alteración del metabolismo glandular).
- f) Resistencia a la insulina, afectando la captura de aminoácidos por la glándula mamaria.
- g) Alteración en el flujo de sangre, reduciendo la captura de aminoácidos.
- h) Insuficiencia de aminoácidos disponibles para la glándula mamaria asociado al incremento en el volumen lácteo.

3.3.4. Lactosa

Se considera que la concentración de lactosa en la leche no puede ser modificada por la dieta a menos que exista un caso de subalimentación severa. Sin embargo, se han observado cambios muy pequeños e inconsistentes, que generalmente no tienen significancia estadística debido a que esos cambios están asociados a un coeficiente de variación muy bajo.

Existe evidencia en ciertos experimentos que reduciendo la relación forraje: concentrado en las dietas, con consumos de energía constantes, puede ocurrir un incremento en la concentración de lactosa de un 0.2% (Sutton *et al.* 1985, Gordon y Forbes 1971). Sin embargo, en otros casos, esto no se ha observado.

Por otro lado, la suplementación con ingredientes altos en grasa, ya sea grasa libre o protegida, ha reportado una disminución en la concentración de lactosa de aproximadamente 0.2% (Sutton 1989).

De Peters *et al.* (1987), probando dietas con 0, 3.5 y 7% de inclusión de grasa animal, obtuvieron porcentajes de lactosa de 4.70, 4.65 y 4.52%, respectivamente, observando una disminución lineal conforme aumentaba el nivel de inclusión de grasa en la dieta.

En otro experimento, Dunkley *et al.* (1977) utilizaron diferentes niveles de suplementación con grasas protegidas (0, 15 y 30% de inclusión de un suplemento conteniendo 60% de harina de soya y 40% de grasa). Con respecto al porcentaje de lactosa, hubo una ligera disminución pasando de 5.07% a 4.90% de lactosa. De la misma manera, la producción de lactosa disminuyó pasando de 11.3 kg/semana a 10.7 kg/semana.

Utilizando grasas animales protegidas con formaldehído, MacLeod *et al.* (1977) observaron una disminución en el contenido de lactosa; sin embargo, con dietas similares y utilizando la misma grasa protegida con formaldehído, Bines *et al.* (1978) observaron resultados muy variables en el contenido de lactosa.

Esto sugiere que a pesar de que es erróneo pensar que el contenido de lactosa no puede ser modificado por la dieta, los resultados a través de los

años han seguido siendo inconsistentes para poder ser utilizadas con confianza.

4. NIVELES DE INCLUSIÓN DE DDGS RECOMENDADOS

Se ha demostrado que los productores de leche pueden utilizar sin ningún problema un 20% de la ración total en DDGS de maíz (MS). Con un consumo de alimento típico de vacas lactantes, esto va a ser aproximadamente 4.5 a 5.5 kg de DDGS.

Generalmente no hay problemas de palatabilidad y usualmente se puede formular hasta ese nivel de DDGS en la dieta utilizando la mayoría de combinaciones posibles de forrajes y concentrados.

Cuando se alimenta con más de 20% de DDGS, se tiende a un exceso de proteína, a menos que los forrajes sean todos o en mayoría ensilaje de maíz y/o heno de alguna gramínea (Schingoethe 2006).

Grings *et al.* (1992) observaron un consumo de MS y producción de leche similar cuando los animales fueron alimentados con dietas que contenían hasta un 31.6% MS de DDGS. Schingoethe *et al.* (1999) utilizaron un poco más de 30% de la ración total con DGS húmedos, observando una disminución en el consumo de materia seca pero no en producción de leche, reflejando claramente el contenido mayor ENL de las dietas con DGS húmedos (Birkelo *et al.* 2004).

Sin embargo, en una investigación realizada por Hippen *et al.* 2004 en la cual una inclusión de hasta 40% MS en la ración total con DDGS, indicó posibles problemas a partir de los 20-25% MS de la ración. El consumo de MS bajó con un correspondiente descenso en la producción de leche cuando se suplió con más de 20% de DDGS en la ración total (MS) (Hippen *et al*/2003).

Kalscheur *et al.* (2005) observaron una mayor producción de leche cuando suministró 20-30% de DDGS en la ración total, pero cuando utilizó 30-40% DDGS en la dieta tanto la producción como el consumo de MS se vieron disminuidos.

Es importante tener en cuenta que las compañías que patrocinan los trabajos de investigación de los Estados Unidos, siempre se aseguran que los baches de DDGS sean los ideales antes de enviarlos al investigador universitario. Es por esto que Firkins* cree casi imposible que el investigador pueda recibir algún bache con productos con alto contenido de grasa, que pueda alterar los resultados.

Para Firkins*, un nivel de inclusión efectivo de DDGS en la dieta total puede ser entre 10 y 20%, siendo el valor de 20% un porcentaje de inclusión máximo para dietas sin alguna otra fuente de grasa insaturada y con suficiente aporte de fibra efectiva. El mismo autor propone un valor de 15% de DDGS como un valor “seguro”.

* Firkins J. Comunicación personal
Universidad del Estado de Ohio

En caso de que se estuviera utilizando Rumensin[®], Firkins* prefiere un nivel de inclusión de DDGS máximo de 15% (de la dieta total).

5. ASPECTOS A CONSIDERAR EN UNA FORMULACIÓN

Los DDGS tienen características muy especiales, entre ellas, un alto contenido de grasa, azufre, fósforo, así como un bajo contenido de lisina. Además es un producto en el que se dan muchas variaciones en su contenido nutricional, y puede presentar niveles altos de micotoxinas. Si estos factores no se toman en cuenta en el momento de una formulación, estas características pueden volverse perjudiciales, en vez de ser aprovechadas por el nutricionista.

5.1 Grasa

Para dietas típicas de ganado lechero, Firkins (2008a) recomienda un máximo de 8% de inclusión de lípidos en una dieta para ganado lechero, de los cuales 3% debían ser ácidos grasos insaturados provenientes forrajes y concentrados. El 5% restante debe ser de fuentes de grasa añadidas, en donde un máximo de 2.5 a 3% debería provenir de grasas insaturadas (oleaginosas o aceites de oleaginosas) y el otro 2.5% de grasas saturadas.

Sin embargo, hay que tener en consideración que a pesar de que los DDGS son un ingrediente con un contenido alto de ácidos grasos insaturados,

éstos son un caso particular ya que su alto contenido de aceite libre⁹ lo hace parecerse más a una fuente de grasa que a un grano como tal, lo cual puede interferir con la fermentación ruminal y causar una disminución en la grasa láctea (Schingoethe 2006). Se dice que este aceite libre puede representar un 15 a 30% del total de la grasa en los DDGS.

Según Firkins*, observando los datos de DDGS en los Estados Unidos, 20% (de la dieta total) es el máximo nivel a utilizar, lo cual corresponde aproximadamente a 2% de grasa proveniente de los DDGS.

Destaca que cuando la grasa está en forma de aceite libre, existe un potencial mucho mayor para causar problemas con respecto a la depresión de grasa. Estos problemas se pueden ver empeorados si se utiliza ensilaje de maíz como fuente forrajera. Firkins* recomienda 2-3% de grasa total suplementada proveniente de fuentes insaturadas, y un porcentaje menor del 2% de formas de aceite libre.

Según Firkins (2008), el gran contenido de aceite libre en los DDGS causa una disponibilidad inmediata de los ácidos grasos insaturados, mientras que sería mucho más conveniente una liberación lenta. Es por esto que recomienda mantener la grasa proveniente de estas fuentes en menos de 0.25 kg/día.

⁹ Se refiere al aceite que no está ligado al grano, lo que lo hace mas rápidamente disponible (free oil, en inglés)

* Firkins J. Comunicación personal
Universidad del Estado de Ohio

Esta liberación inmediata de los ácidos grasos insaturados en el rumen va a contribuir a la formación de isómeros *t*-10, *c*-12 18:2 (CLA), causantes de la depresión en grasa láctea, mientras que una liberación lenta favorecería la formación de *c*-9, *t*-11 18:2 (CLA) (Firkins 2008), previniendo la disminución en la grasa en leche (Figura 3).

5.2 Azufre

Los DDGS generalmente poseen un alto contenido de azufre (0.44%, aproximadamente). Este es un factor a considerar ya que un exceso de este mineral en la dieta puede causar severos problemas en los rumiantes.

El principal problema se da cuando se utilizan niveles altos de azufre en la dieta. Cuando se utilizan fuentes de alimentación altas en azufre, esto resulta en un consumo excesivo del mineral (incluyendo agua, granos y forraje). Cuando el consumo total de azufre excede de 0.4% del total de materia seca consumida, se puede desarrollar polioencefalomalacia (PEM).

Polioencefalomalacia es un desorden neurológico en rumiantes que se caracteriza por una necrosis de la corteza cerebral. El animal sufre de ceguera, descoordinación y algunas veces ataques severos (Tjardes y Wright 2002).

Los subproductos del maíz (DDGS) y de la caña de azúcar, tienen generalmente un alto contenido de azufre, aparentemente debido a la adición de agentes acidificantes que contienen niveles considerables de azufre (The

Merck Veterinary Manual 2006). Últimamente se ha asociado problemas de PEM en rumiantes al consumo de éste tipo de subproductos como ingredientes en la dieta.

Otra razón por la cual el exceso de azufre en la dieta puede ser problemático para el animal es que éste interfiere en la absorción y el metabolismo del cobre. Este antagonismo es aún mayor en presencia de molibdeno (Shurson y Noll 2005).

Por lo tanto, en zonas en las que se encuentran niveles altos de azufre en los forrajes y en el agua, será necesario reducir el nivel de DDGS que se añade en la dieta (Tjardes y Wright 2002).

5.3 Fósforo

Los DDGS poseen un alto contenido de fósforo, en ocasiones lo suficiente para disminuir o hasta eliminar la suplementación de este mineral en las dietas basadas en forraje, por lo que es importante considerarlo en la formulación de una ración (Tjardes y Wright 2002).

Sin embargo, cuando se utiliza niveles altos de DDGS en la dieta se puede estar dando un exceso de fósforo resultando en un exceso de éste en las heces.

La relación calcio: fósforo recomendada es 2:1 para evitar problemas en el desempeño del animal y cálculos urinarios. Esta relación debe ser estrictamente mayor a 1,2: 1 y nunca mayor de 7: 1 (Shurson y Noll 2005)

Como los DDGS son altos en fósforo y un bajo nivel de calcio, para mantener la relación adecuada entre el calcio y el fósforo deben añadirse fuentes de calcio suplementario a la dieta para así lograr una relación Ca:P entre 1.8:1 y 1.2: 1.

5.4. Lisina

Como en la mayoría de los productos de maíz, la lisina es el primer aminoácido limitante en los DDGS de maíz para vacas lactantes, sin embargo éstos son una muy buena fuente de metionina (Cuadro A2), presentando aproximadamente una relación Lys:Met de 1.2:1. Los requerimientos de NRC (2001) estimados para Lisina y Metionina son 7.2% y 2.4% de la Proteína Metabolizable, lo que sugiere una relación Lys:Met de 3:1

Por lo tanto, en ciertos casos se espera un aumento en la producción de leche (Nichols *et al.* 1998) cuando se suplementa con lisina protegida y metionina en los DDGS, o bien cuando los DDGS fueron mezclados con otros suplementos proteicos que contengan más lisina.

Un cuidado adicional que se debe tomar en cuenta con los DDGS es que a pesar de que tiene niveles bajos de lisina, por ser subproducto de la

producción de etanol, éste puede contener baja disponibilidad de la misma por daño con calor. Así que el contenido de lisina disponible en los DDGS podría ser mucho menor que lo que se considera (Firkins 2008).

5.5. Variabilidad del producto

Uno de los puntos más criticados por los nutricionistas y productores es la variabilidad que existe en el contenido y la digestibilidad de los nutrientes de las fuentes de DDGS. Para formular dietas exitosas se precisa de consistencia en la calidad de los ingredientes utilizados en los alimentos balanceados.

Spiehs (2002), presentó una base de datos para la utilización en cerdos que muestra los análisis realizados en DDGS provenientes de diferentes plantas de los Estados Unidos. El Cuadro 3 presenta una recopilación de esos datos mostrando la variación que existe entre las diferentes fuentes.

Cuadro 3. Promedios e intervalos en la composición de nutrientes seleccionados (base seca) entre 32 fuentes de DDGS de EUA

Nutriente	Promedio (C.V.)	Intervalo
Proteína Cruda (%)	30.9 (4.7)	28.7-32.9
Grasa Cruda (%)	10.7 (16.4)	8.8-12.4
Fibra cruda (%)	7.2 (18.0)	5.4-10.4
Cenizas (%)	6.0 (26.6)	3.0-9.8
EM (cerdos) (kcal/Kg)	3810 (3.5)	3504-4048
Lisina (%)	0.90 (11.4)	0.61-1.06
Arginina (%)	1.31 (7.4)	1.01-1.48
Triptofano (%)	0.24 (13.7)	0.18-0.28
Metionina (%)	0.65 (8.4)	0.54-0.76
Fósforo (%)	0.75 (19.4)	0.42-0.99

En 1986, Olentine realizó un listado de las diferentes variables, tanto en las materias primas así como en los factores de procesamiento, que son causantes de la variación en la composición de nutrientes de los DDGS. Esos factores se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Factores que influyen sobre la composición de nutrientes de los co-productos de destilería (Olentine 1986).

<p>Materias primas</p> <ol style="list-style-type: none">1) Tipos de granos2) Variedad de granos3) Calidad de granos<ul style="list-style-type: none">• Condiciones de la tierra• Fertilizante• Clima• Métodos de producción y cosecha4) Fórmula del grano
<p>Factores de procesamiento</p> <ol style="list-style-type: none">1) Procedimiento de molienda<ul style="list-style-type: none">• Fineza• Duración2) Cocción<ul style="list-style-type: none">• Cantidad de agua• Cantidad de pre malta• Temperatura y tiempo• Fermentación continua o por lotes• Tiempo de enfriamiento3) Conversión<ul style="list-style-type: none">• Tipo, cantidad y calidad de malta• Amilasa fúngica• Tiempo y temperatura

4) Dilución de granos convertidos

- Gastos de volumen y galones por bushel o granos
- Calidad y cantidad de productos de granos

5) Fermentación

- Calidad y cantidad de levadura
- Temperatura
- Tiempo
- Enfriamiento
- Agitación
- Control de acidez y producción
- Destilación
- Tipo: vacío o atmosférico, continuo o por lotes
- Calentamiento directo o indirecto
- Cambio en el volumen durante la destilación
- Procesamiento
- Tipo de malla: estacionaria, rotatoria o vibratoria
- Uso de centrifugas
- Tipo de prensas
- Evaporadores
- Temperatura
- Número
- Secadores
- Tiempo
- Cantidad de mieles mezcladas con grano

A grandes rasgos, se ha encontrado que los factores que más influencia tienen sobre la variabilidad del contenido de nutrientes en los DDGS son la variación en el contenido de nutrientes del maíz enviado a la planta de etanol, las variaciones en la relación de mezcla de los dos componentes de DDGS en la planta y las diferencias en el tiempo y temperaturas de secado.

5.5.1. Variación en el contenido de nutrientes del maíz

Se sabe que la variación en los nutrientes contenidos en el maíz se debe sobretodo a la diferencia entre las distintas variedades existentes. Otra gran

parte se puede deber a la ubicación geográfica en donde se cultiva, así como el manejo que se le dé al cultivo.

Hay que tener en cuenta también que en el proceso de molienda seca, conforme se elimina el almidón de los granos de maíz para la producción de etanol, los nutrientes en los DDGS (co-producto) se concentran, por lo que la variabilidad que podría haber en el maíz como tal puede resultar mucho más pronunciada en los DDGS.

5.5.2. Variación en la tasa de solubles añadidos a los granos

Para la producción de DDGS se mezclan dos corrientes de salida del proceso de producción de etanol: los solubles condensados de destilería y la fracción de granos. Existe diferencia entre cada planta de procesamiento en la relación de mezcla de los dos componentes (Knott *et al.* 2004). Por ejemplo, en algunas plantas pueden agregar un poco más de solubles que en otras. Entonces, como cada corriente de salida tiene un contenido típico de nutrientes diferente, es muy común que entre planta y planta haya diferencias en la composición de nutrientes de los DDGS (Cuadro 5).

El aumentar los niveles de solubles añadidos a los granos húmedos para obtener los DDGS, puede tener repercusiones en el color, tamaño de partícula, así como en el contenido de nutrientes en el co-producto.

Cuadro 5. Contenido y variabilidad de nutrientes de granos de destilería y solubles de destilería (base seca)

	Promedio	Mínimo	Máximo
Fracción de granos			
Materia seca (%)	34.3	33.7	34.9
Proteína cruda (%)	33.8	31.3	36.0
Grasa cruda (%)	7.7	2.1	10.1
Fibra cruda (%)	9.1	8.2	9.9
Cenizas (%)	3.0	2.6	3.3
Calcio (%)	0.04	0.03	0.05
Fósforo (%)	0.56	0.44	0.69
Fracción solubles			
Materia seca (%)	27.7	23.7	30.5
Proteína cruda (%)	19.5	17.9	20.8
Grasa cruda (%)	17.4	14.4	20.1
Fibra cruda (%)	1.4	1.1	1.8
Cenizas (%)	8.4	7.8	9.1
Calcio (%)	0.09	0.06	0.12
Fósforo (%)	1.3	1.2	1.4

Fuente: Knott *et al.* (2004)

En el año 2006, Noll *et al.* concluyeron que conforme aumentaba el nivel de solubles añadidos (0, 30, 60 y 100% de la adición máxima posible de solubles a los granos), aumentó el tamaño de partícula siendo más variable conforme el nivel de solubles aumentaba. Con respecto al color, la adición de cantidades crecientes de solubles resultó en un color más oscuro en los DDGS.

La grasa, energía, cenizas, magnesio, sodio, fósforo, cloruro y azufre aumentaron con el aumento en la adición de solubles. Por otro lado, el contenido y digestibilidad de proteína cruda y aminoácidos no tuvieron un cambio significativo.

5.5.3. Diferencias en el tiempo y temperaturas de secado

Se ha visto que las diferencias en el tiempo y temperaturas de secado que se utilizan para producir los DDGS afectan directamente la digestibilidad de la lisina. La diferencia de temperatura de secado entre diferentes plantas de etanol puede variar entre 126.5 y 620.5 °C (260°-1150° F) a diferentes tiempos de secado, lo que genera mucha variación en la calidad de la proteína en los diferentes productos.

Se cree que el uso de menos calor en el proceso de secado podría mejorar la digestibilidad de los aminoácidos de los DDGS, pero falta información científica que determine el impacto que tienen estos procesos sobre la calidad final del producto.

Actualmente se utiliza el color como el indicador más consistente de la digestibilidad de lisina entre las fuentes de DDGS, en donde productos más oscuros son indicadores de menor digestibilidad, probablemente por daño por calor.

5.6. Micotoxinas

El tema de los micotoxinas se ha vuelto cada vez más importante cuando se habla de los DDGS. Esto no quiere decir que los granos de destilería tienen más posibilidades de ser contaminados que otros ingredientes, pero significa que las micotoxinas del maíz original pueden estar en el subproducto.

Las micotoxinas son metabolitos secundarios de bajo peso molecular, producidas por un hongo originado bajo condiciones naturales.

Según Chu (1992), su presencia en los alimentos es potencialmente dañina para la salud de los humanos y de los animales, y aunque es muy difícil remover las micotoxinas de las dietas de los humanos y de los animales, es posible disminuir el riesgo a su exposición.

Por otro lado, Whitlow (2008) dice que la mayor parte del maíz que se usa para producir DDGS se cultiva en la parte superior del Medio Oeste de los Estados Unidos donde hay un riesgo mínimo de producción de micotoxinas, excepto bajo condiciones de cultivo inusuales (alta temperatura y humedad).

Si se detectan micotoxinas, la mayoría de las plantas de etanol que reciben maíz de esas áreas van a usar "luz negra" para monitorear el maíz que entra y muchos van a fijar un nivel máximo permisible para evitar concentrar las aflatoxinas en los DDGS.

El problema radica en que si se utiliza maíz que contiene micotoxinas para producir el etanol y DDGS, esas micotoxinas se van a concentrar tres veces en comparación con el nivel inicial encontrado en el maíz.

Esto se da en el proceso de producción de etanol, ya que al remover el almidón del grano de maíz, una tercera parte del grano queda como residuo y los componentes restantes se concentran. Esto quiere decir que, así como el producto final (DDGS) contiene dos o tres veces más el contenido proteína grasa y fibra, la cantidad de micotoxinas presentes en el grano original del maíz también se incrementan al triple. En términos prácticos, si el maíz que entra contiene 1 ppm de una micotoxina, el DDGS resultante tendrá aproximadamente 3 ppm.

Según Whitlow (2008), las micotoxinas no son destruidas durante el proceso de destilación ni tampoco se ha encontrado rastros de las mismas en el etanol, por lo que cree que todo queda en los coproductos de destilería, aunque pequeñas cantidades de micotoxinas pueden ser destruidas en el proceso como sucede en otras condiciones de procesamiento.

Cabe recordar que las micotoxinas pueden ser también un problema externo al contenido en el grano original de maíz y al procesamiento en las plantas de producción de etanol. Estas pueden ser producidas posteriormente en el almacenamiento, si las condiciones son favorables para que las

micotoxinas se desarrollen por contaminación con moho o se multipliquen, sobretodo si contienen niveles altos de humedad (Lynch 1971).

La aflatoxina es la micotoxina de mayor preocupación hoy en día ya que se ha descubierto que es cancerígena y puede ser transferida a la leche de la vaca. En E.E.U.U., la FDA¹⁰ estableció un nivel de acción para la aflatoxina en la ración de >20 ppb y para leche de >0.5 ppb (Whitlow 2008).

Para la fumonisina, otra micotoxina, la FDA estableció que los ingredientes de la ración deberían estar por debajo de 10 ppm en dietas de ganado lechero. Con respecto al desoxinivalenol (DON), la FDA informa que los ingredientes de la ración para ganado lechero deberían contener <5 ppm (Whitlow 2008).

Es importante comprender que los niveles de tolerancia se basan en los niveles de micotoxinas en un alimento completo. Por ejemplo, si el maíz contiene 1 ppm de micotoxinas, y una dieta típica contiene 60% maíz, el nivel de micotoxinas en la dieta completa sería 0.60 ppm. De la misma manera, si los DDGS contienen 3 ppm de micotoxinas, y una dieta contiene 10% DDGS, el nivel de micotoxinas en la dieta completa final sería 0.3 ppm.

Aunque se hable de las diferentes micotoxinas individualmente, éstas actúan en conjunto ya que su efecto es sinérgico, lo que significa que las

¹⁰ FDA: Food and Drug Administration

combinaciones tienen mayor impacto que las toxinas individuales. Si un análisis de micotoxinas determina la presencia de un indicador de micotoxina, es probable que otras estén presentes, por lo que, si el nivel de micotoxinas encontrado en los análisis de la ración es considerado bajo, el problema no debe ser descartado (Whitlow 2008).

Con el objetivo de eliminar o disminuir la contaminación de las raciones con micotoxinas, se ha descubierto que muchos productos químicos y procesos pueden destruir algunas micotoxinas durante el proceso de fermentación o en la posproducción de granos de destilería.

Además se puede utilizar la aplicación de aditivos en el alimento (beta-glucanos) que tienen como función disminuir la toxicidad de las micotoxinas reduciendo su absorción por el animal, lo que hace que se dé una menor transferencia a la leche en rumiantes.

El monitorear las micotoxinas en los alimentos para animales se ha vuelto indispensable ya que no solo provee una dieta más saludable para los animales, sino que indirectamente previene la presencia de residuos de micotoxinas en los productos de consumo humano, como lo son la leche y la carne.

6. DDGS Y RUMENSIN®

Rumensin® es un producto comercial que tiene como ingrediente activo la Monensina. Ésta es clasificada como un ionóforo, el cual por definición es un componente que transporta iones metálicos y protones (H^+) a través de las membranas celulares.

El mecanismo de acción de la Monensina (al igual que cualquier ionóforo) se basa en alterar el pasaje de cationes a través de las membranas celulares. Este mecanismo comienza con la adhesión del ionóforo a la membrana celular de microorganismos ruminales gram positivos, causando una pérdida inmediata de potasio celular y una entrada de H^+ .

Seguidamente la Monensina cataliza la entrada de sodio y una salida de protones. A pesar de esa acción, los protones generalmente se acumulan en el interior de la célula, provocando una disminución en el pH intracelular. La célula intenta sacar el exceso de protones fuera de ésta, resultando en el gasto de ATP (adenosina trifosfato).

La falta de ATP impide el crecimiento de las células y contribuye a disminuir el número de bacterias gram positivas. Las bacterias ruminales gram positivas, debido a la naturaleza de sus membranas celulares, son más sensibles a la monensina que las gram negativas. Los organismos gram negativos son en gran parte responsables de la producción de ácido propiónico en el rumen.

Así, el efecto de incluir Rumensin[®] en el alimento es que la concentración de propionato aumenta, en contraste al acetato y butirato, los cuales disminuyen (Thomas 2006). El propionato es utilizado ya sea como fuente de energía o para la gluconeogénesis por el animal, mejorando la eficiencia en la producción de leche.

Según Bergen y Bates (1984), los beneficios derivados de la acción de los ionóforos se clasifican en tres áreas según el efecto que éstos producen sobre el animal:

1. Incremento en la eficiencia del metabolismo de energía en las bacterias ruminales y (o) en el animal.
2. Mejora en el metabolismo del nitrógeno de las bacterias ruminales y (o) del animal.
3. Disminución de desórdenes digestivos resultantes de una fermentación ruminal anormal.

Cada una de estas funciones debería proveer ventajas tanto nutricionales como metabólicas en los animales suplementados con ionóforos (Mc Guffey *et al.* 2001), sin embargo se ha observado diferentes resultados con respecto a la aplicación de Monensina en la dieta.

En algunos casos se ha visto un cambio mínimo en los componentes de la leche, en otros una reducción muy grande en el porcentaje de grasa láctea, sobretodo en dietas con alto contenido de ácidos grasos insaturados (AlZahal *et al.* 2008). También se ha observado un aumento en la producción, mientras que en otros casos se ha mantenido igual (Duffield *et al.* 2008a y b).

Los porcentajes de inclusión de DDGS en las dietas probadas a lo largo del tiempo generalmente llegan hasta un 20% sin producir disminuciones en producción de leche y componentes lácteos, sin embargo Firkins* destaca que no conoce ningún experimento que incluya el uso de monensina (Rumensin®). Recomienda monitorear permanente y cuidadosamente la composición láctea si se utiliza Rumensin® en dietas con 20% de DDGS. Sin embargo, considera como un buen nivel de inclusión un porcentaje entre 10 (nivel ideal) y 15% (nivel máximo) de DDGS en la dieta si se utiliza Rumensin®.

Luego de analizar las dietas y los resultados en varios casos, Thomas (2006) recomienda lo siguiente para poder utilizar exitosamente Rumensin® en las dietas de ganado lechero:

- Mantener los niveles de inclusión de FDN en un rango de 29% a 32% teniendo siempre presente el concepto de fibra efectiva. Algunos nutricionistas hacen los balances usando FDN como el parámetro primario. Firkins (2008) recomienda mantener la FDN menor al 40%

*Firkins J. Comunicación personal
Universidad del Estado de Ohio

- Incluir almidón en 21% a 23% (máximo 25%) en dietas con maíz alto en humedad, y entre 26% a 28% (máximo 30%) en dietas con maíz seco. Firkins (2008) recomienda mantenerse cerca del 25% de almidones, sin importar la fuente de maíz. Algunos nutricionistas hacen los balances usando almidón como el parámetro primario.
- Reducir la cantidad de maíz alto en humedad o reemplazar 3 o 4 libras por hojuelas de soya o pulpa de cítricos si la grasa en leche se ve reducida. Estos subproductos contienen bajos niveles de almidón (aproximadamente 5% versus 72% del maíz) y de grasas y aceites insaturados (2.4% o menos versus 4.3% del maíz), siendo aún fuentes con mayor energía digestible.
- Limitar el total de grasas insaturadas a un máximo de 6% de la materia seca. Limitar adición de aceites insaturados (oleaginosas) a un máximo de 2% a 3% de la materia seca.

Este último punto es de mucho cuidado si se utiliza DDGS en la dieta ya que según Firkins* son una fuente muy alta de ácidos grasos insaturados, por lo que niveles de inclusión muy elevados de este producto podría provocar una disminución en la grasa láctea.

*Firkins J. Comunicación personal
Universidad del Estado de Ohio

Existiendo datos reportados de depresión en la grasa láctea por causa del Rumensin, su interacción con fuentes altas en ácidos grasos insaturados (DDGS) puede tener consecuencias aún más graves, por lo que probablemente al utilizar este tipo de dietas, la inclusión de DDGS va a tener que ser menor que lo que se podría utilizar en ausencia de Rumensin® (Firkins*).

Firkins (2008) recomienda evaluar que tan beneficioso puede resultar la utilización de los DDGS y/o el Rumensin® en la producción y composición láctea, para así tomar decisiones de cambiar o eliminar alguno de estos ingredientes en caso de que la interacción provoque resultados poco convenientes.

* Firkins J. Comunicación personal
Universidad del Estado de Ohio

III. MATERIALES Y MÉTODOS

1. Procedimiento y Metodología

La investigación se realizó en una finca de ganado de leche localizada en San Rafael de Coronado, con una altura de 1500 msnm. En ésta se maneja un sistema de pastoreo intensivo de Estrella Africana (*Cynodon nlemfluensis*).

El área total de potreros destinada a pastoreo es aproximadamente 8 hectáreas, las cuales están divididas en 48 apartos de aproximadamente 1600 m². La ocupación es de medio día por potrero por lo que la rotación es de 24 días. Posterior a la ocupación de cada potrero se fertiliza con 20-4-0-6-(S). El ganado que se maneja es de raza Holstein y se mantiene generalmente un hato de 54 a 57 animales en ordeño, el cual se ordeña dos veces al día (2:00 a.m. y 1:00 p.m.).

Los animales se llevan al área de ordeño una hora antes de comenzar a ordeñar para brindar la suplementación en los cepos. Esta práctica consiste en recibir a los animales con 2 kg de pasto de corte (Estrella Africana) maduro, para crear un efecto de colchón ante la baja de pH ruminal que puede producir el alimento balanceado. Junto con ese pasto se proporciona 2 kg citropulpa deshidratada (Citrocom®) y sales minerales. Posteriormente se suministra alimento balanceado Vap-feed® en relación 2.8:1 (leche: concentrado).

La producción de leche promedio es 25 kg por vaca por día, por lo que en total, la suplementación por vaca por día corresponde 9 kg de concentrado (en promedio), 4 kg de citropulpa deshidratada, 4 kg de pasto de corte y sales minerales.

2. Animales y Dietas

Para el experimento se escogió en total 36 vacas Holstein de acuerdo al nivel de producción ($\bar{x} = 25$ kg) y estado en la lactancia (posterior al pico de lactancia). Posteriormente fueron agrupadas en cuatro lotes diferentes (9 vacas por tratamiento) y aleatorizadas en los siguientes tratamientos: 0, 22, 32 y 42% de inclusión de DDGS en el alimento balanceado (Vap Feed®), sustituyendo ingredientes proteicos y energéticos contenidos originalmente en el alimento balanceado (Cuadro 6). En el Cuadro 6 se muestran las fórmulas utilizadas para la elaboración de los 4 diferentes alimentos balanceados utilizados en el experimento.

Cuadro 6. Fórmulas de los diferentes alimentos balanceados

Ingredientes	Vap 0%	Vap 22%	Vap 32%	Vap 42%
Maíz amarillo	66.19	56.27	51.66	45.97
DDGS	0	22	32	42
Harina de soya 48%	19.49	8.7	3.81	0
Cascarilla soya hojuela	10	10	10	10
Base mineral	2	2	2	2
Prolac	2.29	1	0.5	0
Rumensin	0.03	0.03	0.03	0.03

Se estima que estos niveles corresponden a contenidos promedios de DDGS de 0, 8.8, 12.9, y 17% de la MS total respectivamente (Cuadro 7), asumiendo un consumo de total de 19.5 kg (MS) y un promedio de consumo de alimento balanceado de 9 kg/animal/día (relación leche:concentrado de 2.8:1).

Se estimó un consumo de ácidos grasos totales de 465, 475, 487, y 625 g (para los tratamientos de 0, 22, 32, y 42% DDGS, respectivamente), de los cuales 323, 361, 382 y 505 gramos (para los tratamientos de 0, 22, 32, y 42% DDGS, respectivamente) son insaturados

Cuadro 7. Fórmula de la dieta total para cada tratamiento

Materia Prima	Tratam. 0		Tratam. 22		Tratam. 32		Tratam. 42	
	kg MS	%	kg MS	%	kg MS	%	kg MS	%
Pasto Estrella (24 d)	7.04	36.10	7.04	36.10	7.04	36.10	7.04	36.10
Pasto Estrella (45 d)	0.96	4.92	0.96	4.92	0.96	4.92	0.96	4.92
Citrocom [®]	3.4	17.43	3.4	17.43	3.4	17.43	3.4	17.43
Sal Mineral	0.24	1.23	0.24	1.23	0.24	1.23	0.24	1.23
Pecutrín [®]	0.14	0.72	0.14	0.72	0.14	0.72	0.14	0.72
Alimento balanceado								
Maíz amarillo	5.12	26.39	4.36	22.47	4.00	20.62	3.56	18.35
DDGS	0	0	1.71	8.81	2.48	12.89	3.26	16.9
Harina soya 48%	1.51	7.78	0.67	3.45	0.29	1.49	0	0
Cascarilla de soya	0.77	3.99	0.77	3.99	0.77	3.99	0.77	3.99
Base Mineral	0.15	0.77	0.15	0.77	0.15	0.77	0.15	0.77
Prolac [®]	0.17	0.91	0.08	0.41	0.04	0.21	0	0
Rumensin [®]	0.002	0.01	0.002	0.01	0.002	0.01	0.002	0.01

Los 4 diferentes alimentos utilizados fueron balanceados tanto isoproteicos como isoenergéticos (Cuadros 8 y 9) y se ofreció en canoa previo al ordeño en relación 2.8:1 (leche: alimento balanceado) durante todo el periodo experimental con la finalidad de mantener una relación forraje: concentrado (%MS) de 60:40, aproximadamente. Los niveles de alimento balanceado se ajustaron semanalmente de acuerdo a la producción.

Cuadro 8. Composición nutricional estimada de los diferentes alimentos balanceados utilizados en el experimento

	Alimento Balanceado			
	0% DDGS	22% DDGS	32%DDGS	42% DDGS
MS (%)	88.16	87.77	87.6	87.46
Proteína Cruda (%)	16.00	16.00	16.06	16.43
Proteína sobrep. (%)	7.14	7.55	7.74	8.12
Grasa (%)	4.69	4.9	5.15	5.21
FDA (%)	6.13	9.76	11.42	13.08
FDN (%)	10.96	18.84	22.38	25.16
ENL (Mcal/kg)	1.87	1.89	1.90	1.92
Cenizas (%)	4.82	5.04	5.17	5.19
Carbohidratos no estruct. (%)	57.51	54.12	52.05	50.26
Calcio (%)	0.69	0.68	0.68	0.69
Fósforo (%)	0.52	0.59	0.65	0.71
Lisina (%)	0.74	0.65	0.58	0.51

A cada grupo de animales se le colocó un collar de nylon en el cuello de diferente color para facilitar el manejo de los animales en el periodo

experimental. A los animales del grupo control (0% DDGS) se les asignó el color amarillo. Los colores verde, azul y rojo fueron los correspondientes para los animales de los tratamientos con 22, 32, y 42%, respectivamente. De la misma manera se marcaron los sacos de alimento con pintura en spray para evitar confusiones al momento de la suplementación del concentrado.

La práctica de alimentación realizada en la finca antes del experimento se mantuvo para disminuir los errores por causas externas y para que la respuesta de los animales se diera bajo un sistema de alimentación típico de las lecherías de nuestro país. Es por esto que la suplementación con pasto de corte, citropulpa deshidratada y minerales, así como la manera de racionar el concentrado se realizó de la misma manera que la descrita anteriormente.

Cuadro 9. Composición nutricional de la dieta total (% MS) para cada tratamiento

	Tratamiento			
	0% DDGS	22% DDGS	32% DDGS	42% DDGS
MS (%)	40.2	40.2	40.2	40.2
PC (%)	13.6	13.6	13.6	13.6
Prot.sobrep.(%)	32.9	34.3	34.9	36.2
ENL (Mcal/kg)	1.58	1.59	1.59	1.60
FDN (%)	36.2	39.3	40.7	42
FDA (%)	22.8	24.2	24.9	25.5
CNF (%)	39	37.8	36.3	35.2
EE (%)	3.5	3.6	3.7	3.7

De la misma manera los animales pastorearon apartos de Estrella Africana (*Cynodon nlemfluensis*) de 24 días de rebrote. Se recolectó muestras de forraje cada siete días simulando lo cosechado por los animales mediante el método del Botanal®, obteniendo una disponibilidad de biomasa aproximada de 20 kg MS/vaca/día, y un consumo diario aproximado de 7 kg de MS/vaca/día.

Estas muestras de forraje se analizaron para obtener la composición química del forraje (Cuadro 10) así como para obtener un estimado del consumo de MS de los animales en cada tratamiento.

Cuadro 10. Análisis bromatológico de las muestras de pasto Estrella Africana recolectadas durante el período experimental

Muestra	% MS	% PC	% FDA	% FDN	% Ceniza	% EE	% Lign	% prot FDA	% prot FDN
10957	24.7	12.1	42.5	68.3	9.3	2.3	4.5	1.6	2.6
10958	25.7	13.9	37.1	65.8	8.9	2.6	2.9	1.9	2.9
10977	18.9	19.8	32.6	62.2	9.6	2.9	2.3	1.7	8.6
10978	23.7	15.2	40.1	67.4	9.1	2.4	3.3	1.5	6.8
10979	20.5	18.6	34.1	63.7	8.8	2.5	2.6	1.6	7.2
10980	10.0	19.9	34.0	60.0	9.0	2.4	3.0	1.6	6.5
11081	19.8	19.3	35.9	62.1	8.7	2.5	3.1	1.7	6.4
11082	23.0	18.8	29.4	69.2	9.2	2.4	3.5	1.7	7.0
11133	30.2	14.4	35.3	60.0	9.6	2.1	4.1	1.5	5.2
11134	31.9	10.4	39.7	67.0	7.6	2.3	3.7	1.5	4.4
11135	19.9	22.5	34.2	62.1	8.7	3.0	2.0	2.0	7.5
Promedio	22.63	16.81	35.90	64.35	8.95	2.50	3.19	1.67	5.92

Con respecto a los DDGS, se realizó análisis de laboratorio al variar el origen del lote en la planta de alimentos para detectar una posible variación en la calidad del producto (Cuadros 4A, 5A, 6A, y 7A).

3. Análisis marginal ingresos vs. egresos

Para la estimación de la utilidad económica del tratamiento se consideró los ingresos debidos a la producción de leche (diferencia de producción con respecto al grupo control) y los egresos causados por el costo de la dieta, es decir el costo extra que significaría incluir diferentes niveles de DDGS en la ración.

4. Parámetros de Producción

El período experimental fue de 110 días, considerando una fase previa de 2 semanas de adaptación durante el cual se incrementó paulatinamente las cantidades de DDGS establecidas para cada grupo experimental.

Una de las variables a evaluar es la producción de leche, la cual se midió semanalmente en forma individual mediante pesadores por goteo (Waikato[®]). La leche corregida al 4% de grasa fue calculada según la siguiente fórmula propuesta por Gaines (1928) y citada por Adams *et al.* (1995):

$$(0.4 * \text{libras de leche}) + [15 * (\% \text{ grasa} / 100) * \text{libras de leche}]$$

Otras variables a evaluar fueron la composición láctea y el contenido de urea en leche, las cuales se analizaron semanalmente para cada vaca en producción (unidad experimental) a partir de muestras compuestas, donde un 60% de la muestra provenía del ordeño de la madrugada y un 40% del ordeño de la tarde .

La persistencia fue calculada como:

$(\text{Promedio leche por tratamiento} / \text{promedio leche antes del tratamiento}) * 100$

(Kung y Huber 1983)

5. Análisis Estadístico

Estos datos, además del alimento consumido y la persistencia fueron analizados mediante el programa de cuadrados mínimos GLM de SAS, considerando como variables en el modelo los efectos de tratamiento (niveles de DDGS en la dieta) y de grupo (compuesto por el nivel de producción combinado con el estado de lactancia). Los efectos lineales y cuadráticos del número de parto, edad de la vaca y días de lactancia se consideraron como covariables y dentro del error se incluyeron los efectos animales y las semanas experimentales.

El análisis realizado para aquellas fuentes de variación que resultaron significativas se siguió de acuerdo a la prueba de Waller-Duncan, considerando una significancia de $P < 0,05$.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Seguidamente, se presentan y se discuten los resultados obtenidos en el experimento. Los resultados obtenidos para producción de leche (kg), producción de leche corregida al 4% de grasa (kg), persistencia (%), y contenido de nitrógeno ureico en leche (MUN) (mg/dl), son analizados primero. Seguidamente se discuten los resultados obtenidos para porcentaje y producción (kg) de sólidos totales, grasa, proteína, y lactosa.

1. Producción

En el Cuadro 11 se presenta la producción de leche (kg) obtenida para cada uno de los cuatro tratamientos. El tratamiento con el nivel de 32% de DDGS presentó el mayor valor de producción láctea ($P \leq 0.05$), siendo éste 23.96 kg/vaca/día.

Se puede ver una tendencia a aumentar la producción de leche conforme se aumenta el nivel de DDGS hasta un 32% en el alimento balanceado. Sin embargo al llegar al nivel de 42% DDGS se da una disminución significativa ($P \leq 0.05$), con un valor de 21.91 kg/vaca/día.

La adición del concentrado de 32% DDGS (aproximadamente 12.9% DDGS en la ración total) provocó un aumento de 1.38 kg/día comparado con el tratamiento control (0% DDGS). Powers *et al.* (1995) sustituyendo harina de

soya por DDGS observaron un incremento en la producción de leche pasando de niveles de 13% DDGS (ración total) a 26% DDGS.

Nichols *et al.* (1998) observaron lo mismo para dietas pasando de 0% a 20% de DDGS, sustituyendo por harina de soya, y observaron aún un mayor incremento en la producción cuando suplementaron con lisina y metionina protegidas.

En la presente investigación, el aumento en la producción pudo deberse al hecho de que en este nivel, se reemplazó aproximadamente el 22% del maíz y el 80.5% de la soya utilizados en la dieta control por los granos de destilería. Este subproducto generalmente tiene entre 9 y 12% de grasa, por lo que si se incorpora DDGS en sustitución de cierto porcentaje de maíz y harina de soya se incrementa el nivel de lípidos como fuente de energía en la dieta (Kleinschmith *et al.* 2006). Birkelo *et al.* (2004), concluyeron en su experimento que los granos destilados contenían mayor energía que el maíz en la alimentación de vacas lecheras.

Al aumentar los niveles de DDGS en la dieta, se está sustituyendo almidones por lípidos como fuente energética. Debido a esto se da una diferencia en el uso de la energía. Con mayor cantidad de lípidos, la eficiencia en el uso de la energía es mejor ya que los lípidos producen menor calor metabólico.

Una disminución significativa ($P \leq 0.05$) en producción de 2.05 kg/día ocurre al pasar del tratamiento de 32% DDGS (aproximadamente 12.9% en la ración total) al tratamiento de 42% DDGS (aproximadamente 17% de la ración total). Con respecto al grupo control, el tratamiento de 42% causó una disminución de 0.66 kg/día. La reducción de leche podría asociarse a posibles daños térmicos en la proteína de los DDGS y al incremento en el aporte de FDN del alimento balanceado (10.9 a 25.1%).

Estos daños sobre la digestibilidad de la proteína debido al daño por calor fueron informados por Van Horn *et al.* (1985), lo que causó disminuciones en la producción de leche al pasar de 15.9 a 41.6% DDGS. En el caso de Birkelo *et al.* (2004), al sustituir harina de soya por DDGS, se aumentó tanto el extracto etéreo como el porcentaje de FDN asociando este último incremento con una respuesta en producción de leche al uso de DDGS menor de lo esperado.

Como los DDGS son un co-producto con un contenido de lisina considerablemente bajo (al igual que el maíz), el hecho de disminuir el porcentaje de éste aminoácido limitante de 0.74% Lys en la dieta control (0% DDGS) a 0.51% Lys en la dieta con el concentrado de 42% DDGS, puede resultar en una disminución en la producción láctea.

Otro factor a considerar es la relación Ca: P en la dieta. En la presente investigación no se tomó en cuenta que los DDGS tienen un contenido de fósforo muy elevado. Al cambiar de una dieta a otra, el porcentaje de DDGS en

la dieta aumentó y por lo tanto también aumentó el porcentaje de fósforo haciendo que la relación calcio: fósforo disminuyera. El cambio en esta relación Ca: P fue de 1.33: 1 en la dieta control a 0.97: 1 en la dieta con mayor contenido de DDGS. Esto podría causar problemas en el desempeño del animal deprimiendo la producción de leche.

2. Producción corregida al 4% de grasa

Con respecto a la producción de leche corregida al 4% de grasa, la cual se presenta en el Cuadro 11 para los diferentes tratamientos, las mayores producciones fueron las pertenecientes a los tratamientos de 0 y 32% de DDGS, siendo estos 21.94 kg y 22.42 kg, respectivamente. Estos valores no difirieron significativamente ($P \geq 0.05$) entre sí.

El tratamiento de 22% DDGS y el de 42% DDGS fueron significativamente menores ($P \leq 0.05$) que los niveles de 0 y 32%, presentando producciones de 19.93 kg para el tratamiento de 22% y 19.68 kg para el de 42%. En este caso los tratamientos tampoco difirieron significativamente entre sí ($P \geq 0.05$).

Kleinschmith *et al.* (2006), observaron resultados crecientes en producción de leche y en producción de leche corregida al 4% de grasa, sustituyendo harina de soya por 20% de DDGS en la ración total. En la presente investigación los valores inferiores en la producción de leche corregida al 4% de grasa, pertenecientes a los tratamientos de 22 y 42%

DDGS, se le atribuye tanto a la baja producción de leche como al porcentaje de grasa.

3. Persistencia

En el Cuadro 11 se presentan los valores referentes a la persistencia. El tratamiento que presentó el mayor valor de persistencia fue de 32% de DDGS, con un porcentaje de 94.42%. Seguidamente el tratamiento control tuvo una persistencia de 90.25%, presentando un cambio significativo ($P \leq 0.05$) en comparación al grupo de 32%.

Por último, la menor persistencia se dio en los tratamientos de 22% y 42% de DDGS, con valores de 82.65% y 79.64%, respectivamente. Estos tratamientos se consideraron con persistencias similares ya que no existe diferencia significativa entre ambos.

Con respecto a la persistencia, se podría decir que tiene un comportamiento casi idéntico al comportamiento de la producción, a diferencia que en cuanto a la producción, el tratamiento de 42% significativamente fue un poco mayor que el tratamiento de 22%.

4. MUN

Los valores de nitrógeno ureico en leche se presentan para cada tratamiento en el Cuadro 11. Los tratamientos de 0 y de 22% de DDGS

presentaron los valores mayores de MUN ($P \leq 0.05$), siendo éstos 9.89 y 11.23 mg/dl.

Posteriormente, los tratamientos de 32 y 42% de DDGS fueron significativamente menores ($P \geq 0.05$), presentando valores de 8.59 y 9.02 mg/dl, respectivamente. Estos dos tratamientos no presentaron diferencias significativas entre sí.

La concentración de nitrógeno ureico en leche tiende a permanecer estable hasta el nivel de 22% de DDGS (en el alimento balanceado). A partir del nivel de 32% el MUN sufre una disminución pasando de 11.23 mg/dl a 8.59 mg/dl que permanece significativamente similar en el nivel superior (42% DDGS).

Los valores de MUN para los tratamientos de 32 y 42% tienden a ser menores, sugiriendo un indicio de falta de proteína degradable en esas dietas. En la presente investigación, los datos de proteína sobrepasante (Cuadro 9) son 32.9, 34.3, 34.9, y 36.2% (para los tratamientos de 0, 22, 32, y 42% DDGS en el alimento balanceado, respectivamente), lo que equivale a valores de proteína degradable de 67.1, 65.7, 65.1, y 63.8% respectivamente. Esto revela una disminución de 3.3 unidades porcentuales de proteína degradable entre el tratamiento control y el de mayor contenido de DDGS, lo que puede estar afectando los valores de MUN.

De la misma manera, Kleinsmith *et al.* (2006) observaron una disminución de MUN de 10.6 a 9.36 mg/dl al sustituir harina de soya por 20% de la ración total de DDGS. Según ellos, esta disminución puede deberse a un menor aporte de proteína degradable en las dietas con niveles superiores de DDGS.

Cuadro 11. Resultados obtenidos para producción de leche (Kg), producción corregida al 4% grasa (Kg), Persistencia (%) y MUN (mg/dl), para los diferentes tratamientos

VARIABLE	Nivel de inclusión DDGS (%) en el alimento balanceado				±Desv	Nivel signifs.
	0	22	32	42		
Producción leche¹ (kg)	22.57 ^b	21.32 ^c	23.96 ^a	21.91 ^{bc}	4.65	0.0001
Producción leche corregida 4% (kg)	21.94 ^a	19.93 ^b	22.42 ^a	19.68 ^b	4.28	0.0001
Persistencia (%)	90.25 ^b	82.65 ^c	94.42 ^a	79.64 ^c	17.25	0.0001
MUN (mg/dl)	9.89 ^{ab}	11.23 ^a	8.59 ^b	9.02 ^b	2.69	0.0018

1. ^{a,b,c,d} Medias con letra diferente dentro de una misma fila difieren entre sí, según la prueba de Duncan-Waller ($P \leq 0.05$).

Al aumentar los niveles de DDGS se está sustituyendo una fuente buena en proteína degradable por una fuente alta en proteína sobrepasante. Esta disminución de proteína degradable en el sistema puede estar provocando unos niveles más bajos de MUN al utilizar los niveles de 32% y 42% de DDGS.

Durante el proceso de fermentación para la producción de etanol, gran parte de la proteína degradable del maíz fue eliminada. Es por esto que los DDGS tienen un alto contenido de proteína sobrepasante (55%) pero un bajo contenido de proteína degradable (Schingoethe 2006a). Cuando entra poca cantidad de proteína degradable al rumen, va a haber un faltante de proteína microbiana, lo que va a provocar una disminución en el contenido de nitrógeno ureico en leche.

Kauffman y St-Pierre (2001) observaron una mayor cantidad de nitrógeno excretado vía heces en dietas conteniendo DDGS, lo cual se validó observando menores concentraciones de MUN en la leche de las vacas alimentadas con DDGS. Además, Kleinschmith *et al.* (2006) también observaron una menor digestibilidad de la proteína en las dietas conteniendo DDGS que para la dieta conteniendo harina de soya.

Leonardi *et al.* (2005) observaron disminuciones en el contenido de MUN a partir del nivel de 10% de DDGS (MS total) hasta el máximo nivel de inclusión (15% DDGS).

Estudios han demostrado que un buen predictor de MUN es la concentración de la proteína cruda dietética (Nousiainen *et al.* 2004) sin embargo en la presente investigación los cambios que hubo en la concentración de nitrógeno ureico no se comportaron de la misma manera que los pequeños cambios en la proteína cruda en la dieta.

En la presente investigación, se evaluó la condición corporal de los animales semana a semana y no hubo cambios entre los diferentes tratamientos. Esto sugiere que no hay posibilidad de que los valores superiores de MUN (tratamientos de 0 y 22% DDGS), se debieran a una remoción del tejido muscular por pérdida de peso del animal.

Como las cuatro dietas diferentes fueron formuladas tanto isoenergéticas como isoproteicas, no hay diferencias en el aporte de Energía Metabolizable que pueda beneficiar algún tratamiento y provocarle contenidos superiores de MUN.

Además de las variables de producción, en la presente investigación se realizaron análisis de los componentes lácteos (grasa, proteína, lactosa, y sólidos totales). Con los porcentajes obtenidos para cada tratamiento, se calculó la producción (kg) de cada componente, utilizando los datos obtenidos para producción láctea. Estos datos de porcentajes y producción de los componentes lácteos para cada tratamiento se presentan en el Cuadro 12.

5. Componentes lácteos

5.1. Grasa

En cuanto al porcentaje de grasa láctea, el nivel que presentó el mayor resultado fue el nivel de 0% de DDGS (3.88% de grasa). Seguidamente, el tratamiento de 32% de DDGS (3.62% de grasa) tuvo un comportamiento muy

similar al de 22% el cual presentó un valor de 3.55% de grasa. Los valores para estos niveles difirieron significativamente ($P \leq 0.05$) del tratamiento control. El tratamiento de 42% de DDGS (20% ración total) presentó el menor porcentaje de grasa láctea (3.44%), difiriendo de los demás tratamientos significativamente ($P \leq 0.05$).

Se puede observar que el porcentaje de grasa láctea tuvo una tendencia a disminuir conforme aumentó el porcentaje de inclusión de DDGS en la dieta (3.88, 3.55, 3.62, 3.44% de grasa para 0, 22, 32, y 42% DDGS en el alimento balanceado), mostrando una disminución de aproximadamente 0.3 unidades porcentuales entre el grupo control (0% DDGS) y los tratamientos de 22% y 32% (porcentaje de inclusión en el concentrado), y una depresión adicional de 0.18 unidades porcentuales al pasar al tratamiento de 42% DDGS.

De la misma manera, Leonardi *et al.* (2005) encontraron que al aumentar el nivel de DDGS en la dieta el contenido de grasa en leche disminuyó linealmente. Ellos utilizaron niveles de 0, 5, 10, y 15% de DDGS en la ración total y obtuvieron resultados de grasa láctea de 3.38, 3.35, 3.33 y 3.24%, donde el único cambio significativo se dio entre los tratamientos de 10 y 15% DDGS.

Con respecto a la producción de grasa láctea, los tratamientos de 0 y 32% (12.9% ración total) resultaron iguales, presentando las producciones más altas (0.861 kg y 0.854 kg, respectivamente). Este comportamiento se le atribuye únicamente a la producción de leche, la cual fue mayor para el nivel de

32% de DDGS, haciendo que para la producción de grasa, alcanzara al nivel de 0% significativamente ($P \leq 0.05$).

Los tratamientos de 22 y 42% de DDGS fueron similares en cuanto a producción de grasa (0.756 kg y 0.733 kg, respectivamente), y difirieron de los niveles de 0 y 32% ($P \leq 0.05$). De la misma manera la producción de leche (mayor en el tratamiento de 42% que en el de 22%), logró eliminar la diferencia significativa que existía entre éstos dos tratamientos, subiendo ligeramente el comportamiento de producción de grasa en el nivel de 42% de DDGS.

Probablemente, en el tratamiento de 42% DDGS (17% ración total), debido al alto contenido de ácidos grasos insaturados estimados (505 g) de los cuales un gran porcentaje se encuentran en forma de aceite libre (hay todavía mas tendencia a producirse los intermediarios), se generó una alteración en la ruta típica de la biohidrogenación ruminal, lo cual desencadenó la producción de isómeros *trans*-10, *cis*-12 18:2 (CLA), provocando una inhibición en la síntesis de grasa láctea a nivel de glándula mamaria (Bauman y Griinari 2003).

Cyriac *et al.* (2005) observaron una disminución en la concentración de grasa en leche mientras que la producción de grasa también disminuyó (debido a que la producción de leche permaneció constante) cuando las vacas fueron alimentadas con 0, 7, 14 y 21% de DDGS (MS), en lugar de ensilaje de maíz, aún cuando el contenido de FDN en la dieta permaneció sin cambios. La dieta control contenía 40% de ensilaje de maíz, 15% heno de alfalfa, y 45% de

alimento concentrado, lo que indica que la forma de lograr una composición láctea constante es alimentando con suficiente fibra proveniente del forraje.

Sin embargo, en la presente investigación la relación forraje: concentrado fue aproximadamente 60:40 donde el forraje era una excelente fuente de fibra efectiva, por lo que la depresión en la grasa láctea se dio por un motivo externo a la fuente de forraje y su aporte de fibra.

Kalsheur (2005), demostró que no había depresiones de contenido de grasa en leche cuando la dieta contenía DGS húmedos o DDGS en cualquier nivel, hasta un 40% de la ración total en MS. De hecho, el contenido de grasa en la leche fue ligeramente más alto para dietas conteniendo DDGS o DGS húmedos (Cuadro 2). Según el autor, el contenido de grasa en leche pudo haber sido menor con la utilización de granos destilados cuando las dietas contenían menos de 50% de forraje.

Es importante destacar que el presente trabajo tiene la particularidad de utilizar Rumensin® en todas las dietas a diferencia de la mayoría de experimentos que se han realizado con DDGS, es por esto que hay que tener en cuenta la interacción que existe entre una dieta con alto contenido de ácidos grasos insaturados y la inclusión de monensina sódica en la dieta, como ocurre en la presente investigación. Al respecto, AlZahal *et al.* (2008) cuantificaron que las dietas con monensina, con aceite y su interacción presentaron una disminución lineal en el porcentaje de grasa láctea. La disminución fue mayor para las dietas conteniendo dos niveles diferentes de aceite y con monensina

(16.6 y 35.1% de disminución) con respecto a tratamientos de aceite pero sin monensina (4.5 y 14.2% de disminución). El tratamiento con solamente monensina provocó una disminución de un 6.6% en la producción de grasa.

Con respecto al perfil de ácidos grasos, AlZahal *et al.* (2008) concluyeron que la interacción de la monensina con el aceite incrementó linealmente la concentración ácidos grasos *trans*-18:1 en la grasa láctea, incluyendo *trans*-6, *trans*-7, *trans*-8, *trans*-9, *trans*-10, *trans*-11, *trans*-12 18:1 y la concentración de isómeros de ácido linoleico conjugado incluyendo el *trans*-10, *cis*-12 18:2, el cual ha sido reportado como posible causante de la depresión en la grasa láctea. Asimismo, Duffield *et al.* (2008b) al observar un aumento de 22% en el ácido linoleico conjugado propusieron que las concentraciones crecientes de C18:1 en la dieta realzaron el efecto de la monensina en la disminución de la producción de grasa láctea. Sin embargo, a diferencia de lo observado por AlZahal *et al.* (2008), ellos concluyeron que la monensina sí deprimió el porcentaje de grasa láctea en 0.13 puntos porcentuales, aunque esto no tuvo repercusiones sobre la producción de grasa.

Probablemente en la presente investigación, de no existir la presencia de monensina en la dieta, el nivel de 42% no habría presentado una depresión tan importante en la grasa láctea y en la producción de grasa, por causa de una posible interacción monensina-DDGS, comportamiento que debe ser evaluado en futuras investigaciones.

5.2. Proteína

El porcentaje de proteína en la leche y la producción de proteína (kg), se muestran en el Cuadro 12. Las dietas con valores mayores de proteína láctea (%) fueron los correspondientes a los dos tratamientos con menor nivel de inclusión de DDGS en la dieta, los cuales no presentaron diferencias significativas ($P \geq 0.05$) entre sí. El tratamiento de 0% de DDGS presentó un valor promedio de 3.42% de proteína, y el tratamiento de 22% de DDGS presentó un valor de 3.37% de proteína láctea.

Los tratamientos de 32 y 42% de inclusión de DDGS presentaron los valores menores de proteína láctea (3.23 % y 3.29%, respectivamente), sin presentar diferencias significativas ($P \geq 0.05$) entre sí.

Se considera que el porcentaje de proteína láctea, tuvo una tendencia a disminuir conforme se aumentó el nivel de DDGS en la dieta. Resultados similares obtuvieron Schingoethe *et al.* (1999) con granos húmedos de destilería (31.2% DDGS en la ración total) y Owen y Larson (1991) reemplazando harina de soya por DDGS (37.5% en la ración total). Según Schingoethe *et al.* (1999), esta leve disminución en la proteína láctea ocurre generalmente con dietas conteniendo grasa adicional, como es el caso de los DDGS. Lo mismo concluyeron Stegeman *et al.* (1992), Casper *et al.* (1988), Mohamed *et al.* (1988), De Peters *et al.* (1985), y Mielke y Schingoethe (1981), en donde la proteína láctea también disminuyó con dietas altas en ácidos grasos insaturados provenientes de oleaginosas.

En 1989, Casper y Schingoethe propusieron que con dietas con altos niveles de lípidos se da una inhibición en la liberación de la somatotropina reduciendo la extracción de aminoácidos en la glándula mamaria por causa del papel de la somatotropina de participar en dicha extracción. Por otro lado, Cant *et al.* (1993), propusieron que los niveles altos de lípidos en la dieta reducen la concentración de proteína láctea debido a la reducción del flujo sanguíneo a la glándula mamaria, causando una menor extracción de aminoácidos en la sangre.

Cuadro 12. Composición y producción de componentes lácteos (Kg) por tratamientos.

VARIABLE	Nivel de inclusión DDGS (%) en el alimento balanceado				±Desv	Nivel signif
	0	22	32	42		
% sólidos ¹	12.63 ^a	12.26 ^b	12.18 ^{bc}	12.00 ^c	1.02	0.0001
% grasa	3.88 ^a	3.55 ^{bc}	3.62 ^b	3.44 ^c	0.59	0.0001
% proteína	3.42 ^a	3.37 ^a	3.23 ^b	3.29 ^b	0.30	0.0001
% lactosa	4.73 ^a	4.76 ^a	4.63 ^b	4.56 ^b	0.31	0.0001
kg sólidos	2.819 ^a	2.616 ^b	2.885 ^a	2.582 ^b	0.539	0.0001
kg grasa	0.861 ^a	0.756 ^b	0.854 ^a	0.733 ^b	0.183	0.0001
kg proteína	0.760 ^a	0.710 ^b	0.754 ^a	0.700 ^b	0.133	0.0001
kg lactosa	1.064 ^{ab}	1.024 ^{bc}	1.105 ^a	0.993 ^c	0.222	0.0001

1. ^{a,b,c,d} Medias con letra diferente dentro de una misma fila difieren entre sí, según la prueba de Duncan-Waller ($P \leq 0.05$).

Otra razón por la cual se dio una disminución en el porcentaje de proteína láctea en los niveles de 32 y 42% DDGS (en el alimento balanceado) puede ser un suministro desbalanceado de aminoácidos, particularmente por insuficiencia en lisina, ya que en dietas conteniendo DDGS la lisina es el primer aminoácido limitante para la síntesis de proteína (Palmquist y Conrad 1982). Concepto similar es mencionado por Kleinschmith *et al.* (2006), Nichols *et al.* (1998), y Liu *et al.* (2000) los cuales coincidieron en sus experimentos al observar una tendencia decreciente en las concentraciones de lisina arterial cuando se reemplazaba harina de soya o alguna otra fuente proteica por niveles crecientes de DDGS. Según Kalscheur (2005) este efecto puede ser más notable en dietas que contienen más de 30% DDGS.

Si bien, generalmente el contenido de proteína en la leche decrece aproximadamente 0.1% cuando se ofrece grasa de alguna fuente, la mayoría de los estudios con DDGS no muestran efectos negativos en el contenido de proteína en leche (Schingoethe, 2006a). Por ejemplo, Leonardi *et al.* (2005) no observaron cambios en el porcentaje de proteína láctea, pero sí un incremento lineal en la producción de proteína de 50 gramos por día, con niveles máximos de DDGS de 15% en la ración total. Similarmente, Nichols *et al.* (1998), con dietas en las cuales la alfalfa era la principal fuente de forraje y el nivel inclusión de DDGS en la dieta era de 20%, la producción de proteína aumentó con respecto a la dieta con harina de soya.

En la presente investigación, aunque el porcentaje de proteína disminuyó en el nivel de 32% (15% ración total), la producción de proteína

tendió a permanecer constante hasta presentar una disminución de 0.054 Kg/día en el nivel de 42%.

La adición de 32% mantuvo constante la producción de proteína láctea ya que ésta es función del aumento en producción de leche que se dio en ese nivel. Sin embargo, como el tratamiento de 22% presentó la producción de leche más baja, la producción de proteína disminuyó significativamente. En el nivel de 42%, tanto la producción de leche como el porcentaje de proteína disminuyeron, por lo que la producción de proteína láctea bajó con respecto a los demás tratamientos.

Resultados similares cuantificaron Kleinschmith *et al.* (2006), quienes obtuvieron porcentajes de proteína láctea menores en las dietas con DDGS (20% de la ración total) que en la dieta con harina de soya, sin embargo, la producción de proteína fue 0.07 kg/día mayor para las dietas con DDGS que para la dieta con harina de soya.

La interacción de la monensina con la utilización de DDGS también pudo haber afectado la concentración de proteína láctea. Duffield *et al.* (2008b) observaron en su experimento que la interacción de la monensina con la dieta alta en grasas insaturadas, provocó una disminución en el porcentaje de proteína láctea de 0.03 unidades porcentuales. Sin embargo, la producción de proteína aumentó 0.016 Kg/día debido al aumento que hubo en la producción de leche.

5.3. Lactosa

Los porcentajes de lactosa, también presentados en el Cuadro 12, presentaron el mismo comportamiento que la proteína. El tratamiento control presentó un valor de 4.73% de lactosa. El valor para el tratamiento de 22% DDGS fue 4.76% de lactosa, el cual resulta significativamente igual al contenido en el tratamiento de 0% DDGS.

A pesar de que se dice que es muy difícil modificar los contenidos de lactosa por medio de la dieta, en la presente investigación el porcentaje de lactosa tuvo un cambio significativo al pasar del nivel de 22% de DDGS (4.76% de lactosa) al nivel de 32% de DDGS (4.63% de lactosa).

El tratamiento de 42% de DDGS permaneció significativamente igual al tratamiento de 32% con respecto al porcentaje de lactosa, presentando un valor de 4.56%.

Con respecto a la producción de lactosa, los mayores resultados se dieron para los tratamientos de 0 y 32%, con valores de 1.064 y 1.105 Kg de lactosa, respectivamente.

Nuevamente, la baja producción de leche en los tratamientos de 22 y 42% provocaron menores resultados para la producción de lactosa (1.024 y 0.993%, respectivamente), sin embargo el mayor porcentaje de lactosa en el tratamiento de 22% DDGS comparado al de 42% permitió que este tratamiento

lo superara en producción de lactosa, a pesar de tener una producción de leche inferior al de 42%.

Se asume que en las dietas de 32 y 42% de DDGS no existió ningún caso de subalimentación, por lo que esta razón se descarta para justificar la ligera disminución en los porcentajes de lactosa en esos tratamientos.

La disminución en el porcentaje de lactosa a partir del nivel de 32% de DDGS, se debe probablemente al aumento en la grasa libre proporcionada por los niveles superiores de DDGS (Sutton 1989).

La diferencia entre el mayor y el menor porcentaje de lactosa fue de 0.2%, lo que coincide exactamente con el valor propuesto por Sutton (1989), quien sugirió que se puede observar una disminución de 0.2% en el porcentaje de lactosa debido a la utilización de fuentes con importantes aportes de grasa en una dieta.

De Peters *et al.* (1987) y Dunkley *et al.* (1977) también observaron en sus experimentos una disminución en el porcentaje de lactosa debido a la grasa en la dieta, lo cual sugiere que sí es posible una modificación en el contenido de lactosa por causa de los ingredientes de la dieta.

5.4. Sólidos totales

Con respecto al total de sólidos, el porcentaje tuvo un comportamiento con tendencia a disminuir linealmente conforme se aumentó el nivel de inclusión de DDGS en la dieta. Los valores fueron 12.63, 12.26, 12.18, y 12.00% de sólidos totales para los tratamientos de 0, 22, 32, y 42%, respectivamente. En este caso, en lo que respecta al porcentaje de sólidos totales, los cuatro tratamientos difirieron entre sí significativamente ($P \leq 0.05$).

Para la producción de sólidos totales, los valores mayores se dieron para los tratamientos de 0 y 32% (12.9% ración total), los cuales fueron 2.819 y 2.885 Kg, respectivamente. Estos dos tratamientos no difirieron significativamente ($P \geq 0.05$).

Los valores de 2.616 y 2.582 kg corresponden a los tratamientos de 22 y 42% de DDGS, respectivamente. Estos valores se consideran significativamente iguales entre sí y difieren de los valores correspondientes a los tratamientos de 0 y 32%, significativamente ($P \leq 0.05$).

Con respecto a la producción de sólidos totales, nuevamente la producción de leche fue la responsable de que los tratamientos de 22 y 42% DDGS presentaran los valores más bajos.

6. Análisis Económico

Si bien es cierto, los productores de leche buscan las materias primas de mejor calidad para poder ofrecer las mejores dietas posibles a sus animales, sin embargo el factor económico también es de suma importancia para lograr un sistema rentable.

El incremento en el precio del petróleo ha llevado a un aumento exponencial en la producción de etanol a partir del maíz y en consecuencia, una mayor disponibilidad de granos de destilería (García y Kalscheur 2007). Por otro lado, en los últimos años se ha dado un aumento ilimitado en los precios del maíz y la soya, los cuales son los ingredientes base en las fórmulas de nuestros concentrados.

En la presente investigación se planteó utilizar niveles crecientes de DDGS en el alimento balanceado para así, según el comportamiento en la producción y composición láctea, tener una guía de los niveles máximos que se podrían utilizar de DDGS, para así reducir los porcentajes de inclusión de soya y maíz en la dieta, y así disminuir el costo del alimento balanceado.

Cuadro 13. Variables de pago de la leche establecida por la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos para los meses de octubre, noviembre y diciembre del 2007.

Precio (colones) ¹	Octubre (2007)	Noviembre (2007)	Diciembre (2007)
KG GRASA	1766.44	1931.25	1973.35
KG PROTEÍNA	1766.44	1931.25	1973.35
KG LACTOSA Y MINERALES	1438.01	1572.25	1606.42

¹ Tipo de cambio del dólar al 31 de diciembre 2007: ¢500,97

Tipo de cambio del euro al 31 de diciembre 2007: ¢721,40

Para la evaluación económica primero se tomó los resultados de producción de grasa, proteína y lactosa obtenidos para los cuatro tratamientos diferentes (Cuadro 14) y se calculó los ingresos por el pago de leche (Cuadro 15) de acuerdo al sistema de pago establecido por la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos al mes de diciembre del 2007 (Cuadro 13).

Cuadro 14. Producción (Kg) de componentes lácteos en los tratamientos con 0, 22, 32 y 42% de DDGS en el alimento balanceado

	TRATAMIENTO			
	0 % DDGS	22% DDGS	32% DDGS	42% DDGS
Grasa (Kg/día)	0.86	0.76	0.85	0.73
Proteína (Kg/día)	0.76	0.71	0.75	0.7
Lactosa (Kg/día)	1.06	1.02	1.11	0.99
TOTAL	2.68	2.49	2.71	2.42
Sólidos Totales (Kg/día)	2.82	2.62	2.88	2.58
Minerales (Kg/día)	0.14	0.13	0.17	0.16
Lactosa+min (Kg/día)	1.2	1.15	1.28	1.15

Como los tratamientos de 0% y el de 32% (12.9% ración total) de DDGS fueron los que presentaron los mejores resultados en cuanto a la producción de componentes lácteos, éstos fueron los que mayores ingresos por producción de leche recibieron. Sin embargo, una diferencia de 0.05 kg de lactosa provocó que el tratamiento de 32% DDGS superara al de 0% DDGS por 89 colones/vaca/día.

Cuadro 15. Ingresos (¢) para cada tratamiento por pago de leche, según la producción de sólidos (Setiembre-Diciembre 2007).

	TRATAMIENTO			
	0 % DDGS	22% DDGS	32% DDGS	42% DDGS
Grasa (¢)	1 697.08	1 499.75	1677.35	1 440.55
Proteína (¢)	1 499.75	1 401.08	1480.01	1 381.35
Lactosa+min (¢)	1 927.70	1 847.38	2056.22	1 847.38
TOTAL Vaca/día	5 124.53	4 748.21	5 213.58	4 669.30

El segundo aspecto evaluado en el análisis económico fue la diferencia en el precio de los concentrados de los diferentes tratamientos, el cual disminuye conforme aumenta el nivel de inclusión de los DDGS en el concentrado (Cuadro 16).

Para cada tratamiento se calculó el costo del alimento por animal por día, asumiendo el consumo promedio de concentrado del hato en el momento del experimento el cual fue aproximadamente 9 kg, de acuerdo a la relación leche: concentrado de 2.8: 1 (Cuadro 16).

Cuadro 16. Egresos (¢) por compra de alimento balanceado (Setiembre-Diciembre 2007)

Colones	TRATAMIENTO			
	0 % DDGS	22% DDGS	32% DDGS	42% DDGS
Precio/quintal (¢)	6 843	6 450	6 286	6 144
TOTAL Vaca/día (¢)	1 328.22	1 251.94	1 220.11	1 192.55

Posteriormente, al ingreso por venta de leche se le restó el egreso por la compra del alimento balanceado para así obtener un ingreso neto y de esta manera poder comparar entre tratamientos para saber cuál dieta resulta más rentable (Cuadro 17).

Cuadro 17. Ingreso Neto (¢) para cada tratamiento

Colones	TRATAMIENTO			
	0 % DDGS	22% DDGS	32% DDGS	42% DDGS
TOTAL Vaca/día	3 796.31	3496.27	3993.47	3 476.73

Según los resultados obtenidos en la investigación, el tratamiento de 32% es el que resulta más favorable económicamente. A pesar que la diferencia en los ingresos por vaca por día entre el tratamiento de 0 y el de 32% DDGS no parece ser mucha, una ventaja del tratamiento de 32% sobre el de 0% de 197.16 colones/animal/día representa un ingreso sumamente importante a nivel de hato.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Producción

Según los resultados de la investigación, la utilización creciente de DDGS provocó una respuesta mayor en cuanto a producción de leche y producción corregida al 4% de grasa hasta llegar a un nivel de 32% de inclusión de DDGS en el alimento balanceado, con valores de 23.96 kg/animal/día y 22.42 kg/animal/día, respectivamente. Este nivel de inclusión corresponde aproximadamente un 12.9% de inclusión de DDGS en la ración total, lo que equivale a 2.5 kg de DDGS al día, asumiendo un consumo de materia seca total de 19.5 kg.

Este aumento en la producción se debió al incremento en los lípidos de la dieta, los cuales al ser sustituidos por almidones, se produce una mayor eficiencia en el uso de la energía por parte del animal.

Para mantener un buen nivel de producción láctea utilizando el concentrado con 32% de DDGS, se recomienda mantener una relación forraje: concentrado de 60:40, con el mayor aporte posible de fibra por parte del forraje.

El tratamiento de 42% de DDGS, provocó una disminución en la producción de 2.05 kg por vaca por día. Se estima un consumo de 3.26 kg de DDGS por día, lo que corresponde a 17% de DDGS en la ración total.

En este caso se recomienda evaluar la misma dieta con una fuente de lisina protegida que supla el faltante que existe en la dieta por causa de un nivel de inclusión importante de DDGS. También se considera pertinente monitorear la calidad de los DDGS para evitar productos dañados por calor, lo que provocaría una menor disponibilidad de la lisina.

Además se recomienda una fuente extra de calcio para así mantener la relación Calcio: Fósforo entre 1.8:1 y 2:1, ya que en este nivel, por causa del gran aporte de fósforo por parte de los DDGS hay una relación de 0.97: 1.

Los valores mas bajos de MUN a partir del tratamiento de 32% (12.9% ración total) indican una desincronización de sustratos, debido a la sustitución de proteína degradable (proveniente de la soya) por proteína sobrepasante (proveniente de los DDGS).

2. Componentes lácteos

Con respecto al porcentaje de grasa, el tratamiento que presentó el valor mayor fue el grupo control, con un promedio de 3.88% de grasa láctea. A partir de ahí, los valores para los demás tratamientos tendieron a disminuir levemente hasta llegar a un 3.62% de grasa para el tratamiento de 32% de DDGS. Sin embargo, para el tratamiento con 42% de inclusión de DDGS, se dio una disminución más pronunciada, mostrando un valor de 3.44% de grasa.

En este caso, se considera que se puede estar dando una producción de isómeros *trans*-10, *cis*-12 18:2 (CLA), provocando una inhibición en la síntesis de grasa láctea a nivel de glándula mamaria. Esto debido a la fuente importante de grasas insaturadas provenientes de los DDGS, en los cuales, las grasas están en una alta proporción como aceite libre.

Es por esto que se recomienda mantener un máximo de 8% de inclusión de lípidos en una dieta, de los cuales 3% sean ácidos grasos insaturados provenientes forrajes y concentrados, y el 5% restante de fuentes de grasa añadidas, en donde un 2.5% provenga de grasas saturadas o sales de calcio y el otro 2.5% de grasas insaturadas (oleaginosas o aceites de oleaginosas). Si existen fuentes de formas de aceite libre, mantener este nivel a menos de un 2%.

En este caso también es recomendable mantener una fuente importante de fibra efectiva en el sistema.

Se considera también, que puede estar ocurriendo una interacción entre los DDGS y el Rumensin[®] utilizado en todas las dietas, la cual a partir de éste nivel de inclusión de DDGS puede estar potenciando la depresión en la grasa láctea. En este caso sería importante evaluar en futuras investigaciones si el tratamiento de 42% DDGS presentaría la misma depresión en la grasa láctea en ausencia de Rumensin[®].

En cuanto a la proteína láctea (%), los porcentajes con valores mayores fueron los correspondientes a los dos tratamientos con menor nivel de inclusión de DDGS en la dieta, presentando valores 3.42% y 3.37% de proteína láctea (para el tratamiento de 0 y 22% respectivamente) solo se dio una diferencia significativa al pasar al tratamiento de 32% DDGS (3.23% proteína), permaneciendo constante para el tratamiento de 42% (3.29% de proteína).

La disminución de proteína láctea a partir del nivel de 32% puede deberse a un efecto de dilución, ya que éste fue el tratamiento que mayor producción de leche presentó. Otra razón pudo haber sido una disminución en la proteína microbial por causa de la disminución de proteína degradable en el sistema (de 67.1% PC a 63.8% PC), así como una insuficiencia de aminoácidos (lisina) disponibles para la producción proteína a nivel lácteo.

También, la deficiencia de glucosa debido a la sustitución de carbohidratos provenientes de los granos por grasa proveniente de los DDGS, pudo haber causado una disminución en la proteína láctea. Según los datos presentados en el Cuadro 9, los porcentajes de CNF disminuyen linealmente al aumentar el porcentaje de inclusión de los DDGS en la dieta (39, 37.8, 36.3, y 35.2% CNF para los tratamientos de 0, 22, 32, y 42% DDGS, respectivamente), lo que evidencia la disminución de carbohidratos de fácil disponibilidad en la dieta conforme se agrega DDGS.

El porcentaje de lactosa se comportó igual al porcentaje de proteína, donde los valores mayores los presentaron los niveles de 0 y 22% (4.73 y

4.76% de lactosa, respectivamente) y los tratamientos de 32 y 42% presentaron valores de 4.63 y 4.56%, respectivamente.

La disminución en el porcentaje de lactosa al pasar del tratamiento de 22% al de 32% se le atribuye al contenido creciente de grasa en la dieta por causa de la inclusión de los DDGS.

El porcentaje de sólidos totales mostró una disminución lineal al aumentar el nivel de inclusión de DDGS en la dieta (12.63, 12.26, 12.18, y 12.00% de sólidos totales para los tratamientos de 0, 22, 32, y 42%, respectivamente).

La producción de grasa, proteína, lactosa, y sólidos se comportó igual para todos los tratamientos. Con respecto a la producción de los componentes lácteos, se dio una disminución muy marcada en el tratamiento de 42% DDGS (17% ración total) en todos los casos (grasa, proteína, lactosa, sólidos totales). Esto fue debido a que tanto la producción de leche como los porcentajes de los componentes lácteos se vieron disminuidos muy marcadamente en este tratamiento. La disminución que se dio en el tratamiento de 22% DDGS no fue tan marcado como el de 42%, y se le atribuye a la baja producción de leche que presentó.

Los niveles de 0 y 32% DDGS presentaron valores mayores en producción de grasa y proteína. Sin embargo, el tratamiento de 32% DDGS fue

significativamente mayor en producción de leche y de lactosa, lo que causó una mayor producción de sólidos totales para ese tratamiento.

3. Análisis económico

Debido a que el tratamiento de 32% de DDGS presentó la mejor producción de sólidos totales, en lo que concierne al pago por la venta de leche, este tratamiento recibió el ingreso bruto mayor, el cual fue 5 213.58 colones/animal/día, contra un valor de 5 124.53 colones/animal/día para el tratamiento control (0% DDGS) y 4 843.83 colones/animal/día para el tratamiento de 42% DDGS, el cual fue el menor de todos.

A pesar de que el tratamiento de 32% DDGS (12.9% ración total) tuvo ingresos por pago de leche (5 213.58 colones) muy similares al tratamiento de 0% (5 124.53 colones), los diferentes precios en el costo del concentrado marcó la diferencia, ya que el concentrado de 32% DDGS resultó 557 colones/quintal mas barato que el de 0% en ese momento. Finalmente, el ingreso neto resultó 3 993.47 colones/animal/día para el tratamiento de 32% DDGS y 3 796.31 colones/animal/día para el de 0%.

VI. LITERATURA CITADA

ADAMS R.R., COMEFORD J. W., FORD S.A. 1995. Dairy Reference Manual.

3º Ed.NRAES-63. Ithaca. NY. USA.

ALLEN M., BEÉDE D. 1996. Causes, detection and prevention of ruminal acidosis in dairy cattle. Tri-State Dairy Nutr. 55p.

ALZAHAL O., ODONGO N. E., MUTSVANGWA T., OR-RASHID M. M., DUFFIELD T. F., BAGG R., DICK P., VESSIE G., MCBRIDE B. W. 2008. Effects of Monensin and Dietary Soybean Oil on Milk Fat Percentage and Milk Fatty Acid Profile in Lactating Dairy Cows. J. Dairy Sci. 91: 1166-1174. (Abstr.)

BAUMAN D. E., GRIINARI J. M. 2003. Nutritional regulation of milk fat synthesis. Ann. Rev. Nutr. 23:203-227.

BEQUETTE B. J., BACKWELL F. R. C., CROMPTON L. A. 1998. Current concepts of amino acid and protein metabolism in the mammary gland of the lactating ruminant. J. Dairy Sci. 81:2540-2559.

BERGEN W. G., BATES D. B. 1984. Ionophores: Their effect on production efficiency and mode of action. J. Anim. Sci. 58:1465-1483.

- BINES J. A., BRUMBY P. E., STORRY J. E., FULFORD R. J., BRAITHWAITE G. D. 1978. The effect of protected lipids on nutrient intakes, blood and rumen metabolites and milk secretion in dairy cows during early lactation. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 91:135.
- BIRKELO C. P., BROUK M. J., SCHINGOETHE D. J. 2004. The energy content of wet corn distillers grains for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87:1815-1819.
- BRODERICK G. A., MURRAY K. C. 1997. A Statistical Evaluation of Animal and Nutritional Factors Influencing Concentrations of Milk Urea Nitrogen *J Dairy Sci.* 80: 2964-2971.
- BROSTER, W. H., SUTTON J. D., BINES J. A., BROSTER V. J., SMITH T., SIVITER J. W., JOHNSON V. W., NAPPER D. J., SCHULLER E. 1985. The influence of plane of nutrition and diet composition on the performance of dairy cows. *J. Agric. Sci. (Camb.)*, 104:535.
- CANALE C. J., BURGESS P. L., MULLER L. D., VARGA G. A. 1990. Calcium salts of fatty acids in diets that differ in neutral detergent fiber: effect on lactation performance and nutrient digestibility. *J. Dairy Sci.* 73: 103 1.
- CANT J. P., DEPETERS E. J., BALDWIN R. L. 1991. Effects of dietary fat and postruminal casein administration on milk composition of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 74:211-219.

- CANT J. P., DEPETERS E. J., BALDWIN R. L. 1993. Mammary amino acid utilization in dairy cows fed fat and its relationship to milk protein depression. *J. Dairy Sci.* 76:762-774.
- CASPER D.P., SCHINGOETHE D. J. 1989. Model to describe and alleviate milk protein depression in early lactation cows fed a high fat diet. *J. Dairy Sci.* 72:3327-3335.
- CASPER D. P., SCHINGOETHE D. J., MIDDAUGH R. P., AND BAER R. J. 1988. Lactational responses of dairy cows to diets containing regular and high oleic sunflower seeds. *J. Dairy Sci.* 71: 1267–1274.
- CHU F. S. 1992. Recent Progress on Analytical Techniques for Mycotoxins in Feedstuffs. *J. Anim. Sci* 70:3950-3963
- CYRIAC J., ABDELQADER M. M., KALSCHEUR K. F., HIPPEN A. R., SCHINGOETHE D. J. 2005. Effect of replacing forage fiber with non-forage fiber in lactating dairy cow diets. *J. Dairy Sci.* 88: 252.
- CZERKAWSKI J. W., CLAPPERTON J. L. 1984. Fats as energy-yielding compounds in the ruminant diet. Fats in *Animal Nutrition*. p. 249. J. Wiseman, *ed.* Butterworths. Boston, MA.
- DE PETERS, E.J., CANT J. P. 1992. Nutritional factors influencing the nitrogen composition of bovine milk: A review. *J. Dairy Sci.* 75:2043-2070.

- DE PETERS E. J., TAYLOR S. J., FINLEY C. M., SAMULA T. R. 1987. Dietary fat and nitrogen composition of milk from lactating cows. *J. Dairy Sci.* 70:1192.
- DE PETERS E. J., TAYLOR S. J., FRANFE A. A., AGUIRRE A. 1985. Effects of feedibg whole cottonseed on composition of milk. *J. Dairy Sci.* 68: 897.
- DOREAU M., LEGAY F., BAUCHART D. 1991. Effect of source and level of supplemental fat on total and ruminal organic matter and nitrogen digestion in *dairy* cows. *J. Dairy Sci.* 74:2233.
- DUFFIELD T. F., RABIEE A. R., LEAN I. J. 2008a. A Meta-Analysis of the Impact of Monensin in Lactating Dairy Cattle. Part 1. Production Effects. *J. Dairy Sci.* 91: 1334-1346. (Abstr.)
- DUFFIELD T. F., RABIEE A. R., LEAN I. J. 2008b. A Meta-Analysis of the Impact of Monensin in Lactating Dairy Cattle. Part 2. Production Effects. *J. Dairy Sci.* 91: 1347-1360. (Abstr.)
- DUNKLEY W. L., SMITH N. E., FRANKE A. A. 1977. Effects of feeding protected tallow on composition of milk and milk fat. *J. Dairy Sci.* 60:1683.

EMERY R. S. 1978. Feeding for increased milk protein. J. Dairy Sci. 61:825-828.

ERICKSON G.E., KLOPFENSTEIN T. J., ADAMS D. C., RASBY R.J. 2005. General overview of feeding corn milling coproducts to beef cattle. In: Corn Processing Co-Products Manual. University of Nebraska. Lincoln, NE, USA. Disponible en: www.ddgs.umn.edu.

FIRKINS J. 2008a. Feeding fat to dairy rations. Curso de actualización en nutrición de Ganado lechero. RAPCO. Atenas, Costa Rica. 4p.

FIRKINS J. 2008b. Protein consideration for dairy cows. Curso de actualización en nutrición de Ganado lechero. RAPCO. Atenas, Costa Rica. 4p.

GARCIA A. D., KALSCHEUR K. F. 2007. Crecimiento de vaquillas lecheras alimentadas con grano húmedo de destilería ensilado con otros alimentos. (Growth of dairy heifers fed wet corn distillers grains ensiled with other feeds) Latin American Congress of Animal Production. Cusco, Perú. 22-24 Octubre. Disponible en: http://dairysci.sdstate.edu/publications/18-García_Vaquillas.pdf

GORDON F. J., FORBES T. J. 1971. Effect of fibre level in the diet of the dairy cow on milk yield and composition. J. Dairy Res. 38:381.

GRINGS E. E., ROFFLER R. E., DEITELHOFF D. P. 1992. Response of dairy cows to additions of distillers dried grains with solubles in alfalfa-based diets. *J. Dairy Sci.* 75:1946-1953.

HERRERA C. 2006. Utilización práctica del BUN y el MUN en la alimentación del ganado lechero. *Revista ECAG INFORMA.* N°36 p.36-38.

HIPPEN A. R., LINKE K. N., KALSCHEUR K. F., SCHINGOETHE D. J., GARCIA A. D. 2003. Increased concentration of wet corn distillers grains in dairy cow diets. *J. Dairy Sci.* 86:340 (Abstr.)

HIPPEN A. R., KALSCHEUR K. F., SCHINGOETHE D. J., GARCIA A. D. 2004. Increasing inclusion of dried corn distillers grains in dairy cow diets. *J. Dairy Sci.* 87: (Abstr.)

JENKINS T. C. 1993. Lipid metabolism in the rumen. *J. Dairy Sci.* 76:3851-3863.

JENKINS T. C., McGUIRE M. A. 2006. Major Advances in Nutrition: Impact on Milk Composition *J. Dairy Sci.* 89:1302–1310.

JENKINS T. C., McGUIRE M. A. 2005. Effects of Nutrition on Milk Composition: A 25-Year Review of research reverted in the *Journal of Dairy Science*. Tri-State Dairy Nutrition Conference. 51-60.

- KAISER R. M. 2006. Utilizando el creciente abasto de granos de destilería. Novedades lácteas. Universidad de Wisconsin. Instituto Babcock. No 902.
- KALSCHEUR K. F. 2005. Impact of feeding distillers grains on milk fat, protein, and yield. Proc. Distillers Grains Technology Council, 10th Annual Symposium, Louisville, KY.
- KAUFFMAN A. F. ST-PIERRE N. R. 2001. The Relationship of Milk Urea Nitrogen to Urine Nitrogen Excretion in Holstein and Jersey Cows. J Dairy Sci 84: 2284-2294.
- KLEINSCHMIT D. H., ANDERSON J. L., SCHINGOETHE D. J., KALSCHEUR K. F., HIPPEN A. R. 2007. Ruminant and intestinal digestibility of distillers grains plus solubles varies by source. J. Dairy Sci. 90: 2909-2918.
- KLEINSCHMIT D. H., SCHINGOETHE D. S., KALSCHEUR K. F., HIPPEN A.R. 2006. Evaluation of various sources of corn distillers dried grains plus solubles for lactating dairy cattle. J. Dairy Sci. 89:4784–4794.
- KLUSMEYER, T. H., LYNCH G. L., CLARK J. H., NELSON D.R. 1991. Effects of calcium salts of fatty acids and proportion of forage in diet on ruminal fermentation and nutrient flow to duodenum of cows. J. Dairy Sci. 74:2220.

KNOTT J., SHURSON G. C., GOIHL J. 2004. Effects of the nutrient variability of distiller's solubles and grains within ethanol plants and the amount of distiller's solubles blended with distiller's grains on fat, protein and phosphorus content of DDGS. Disponible en: <http://www.ddgs.umn.edu/articles-proc-storage-quality/2004-Knott-%20Nutrient%20variability.pdf>.

KUNG L.J.R., HUBER J.T. 1983 Performance of high producing cows in early lactation fed protein of varying amount sources and degradability. J. Dairy Sci. 66: 227.

LEONARDI C., BERTICS S., ARMENTANO L. E. 2005. Effect of increasing oil from distillers grains or corn oil on lactation performance. J. Dairy Sci. 88:2820-2827.

LIU C., SCHINGOETHE D. J., STEGEMAN G. A. 2000. Corn distillers grains versus a blend of protein supplements with or without ruminally protected amino acids for lactating cows. J. Dairy Sci. 83:2075-2084.

LINN J. GARCÍA A. 1998. Practical consideration for monitoring milk urea nitrogen. Tri- State Dairy Nutrition Conference. Fort Wayne, Indiana. P. 205-215.

LYNCH G. P. 1971. Mycotoxins in Feedstuffs and Their Effect on Dairy Cattle. Journal of Dairy Sci. Vol 55, No 9. 1243p.

- MACGREGOR C. A., STOKES M. R., HOOVER W. H., LEONARD H. A., JUNKINS L. L., SNIFFEN C. J., MAILMAN R. W. 1983. Effect of dietary concentration of total nonstructural carbohydrate on energy and nitrogen metabolism and milk production of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 66:39.
- MACLEOD G. K., YU Y., SCHAEFFER L. R. 1977. Feeding value of protected animal tallow for highyielding dairy cows. *J. Dairy Sci.* 60:726.
- MCGUFFEY R. K., RICHARDSON L. F., WILKINSON J. I. D. 2001. Ionophores for Dairy Cattle: Current Status and Future Outlook. *J. Dairy Sci.* 84(E. Suppl.):E194-E203.
- MIELKE C. D., SCHINGOETHE D. J. 1981. Heat treated soybeans for lactating cows. *J. Dairy Sci.* 64: 1579.
- MIR Z. 1988. A comparison of canola acidulated fatty acids and tallow as supplements to a ground alfalfa diet for sheep. *Can. J. Ani. Sci.* 68:761.
- MOHAMMED O. E., SATTER L. D., GRUMMER R. R., EHLE F. R. 1988. Influence of dietary cottonseed and soybean on milk production and composition. *J. Dairy Sci.* 71: 2677.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1996. Nutrient Requirements for Dairy Cattle. 7th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC. National Academy Press.

- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 2001. Nutrient Requirements for Dairy Cattle. 7th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC. National Academy Press.
- NICHOLS J. R., SCHINGOETHE D. J., MAIGA H. A., BROUK M. J., PIEPENBRINK M. S. 1998. Evaluation of corn distillers grains and ruminally protected lysine and methionine for lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 81: 482-491.
- NOLL S., PARSONS C., WALTERS B. 2006. What's new since September 2005 in feeding distillers co-products to poultry. Proc. 67th Minnesota Nutrition Conference & University of Minnesota Research Update Session: Livestock Production in the New Millennium. pp. 149-154.
- NOUSIAINEN J., SHINGFIELD K. J., HUHTANEN P. 2004. Evaluation of Milk Urea Nitrogen as a Diagnostic of Protein Feeding. J Dairy Sci 87: 386-398.
- OLENTINE C. 1986. Ingredient profile: Distillers feeds. Proc. Distillers Feed Conf. 41:13-24.
- OWEN F. G., LARSON L. L. 1991. Corn distillers dried grains versus soybean meal in lactation diets. J. Dairy Sci. 74: 972-979.

- PALMQUIST D. L., CONRAD H. R. 1982. Utilization of Distillers Dried Grains Plus Solubles by Dairy Cows in Early Lactation. *J Dairy Sci* 65:1729-1733.
- PAMP B. W., KALSCHEUR K. F., HIPPEN A. R., AND SCHINGOETHE D. J. 2006. Evaluation of dried distillers grains versus soybean protein as a source of rumen-undegraded protein for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 89(Suppl. 1):403 (Abstr.)
- POWERS W. J., VAN HORN H. H., HARRIS B., WILCOX C. J. 1995. Effects of variable sources of distillers dried grains plus solubles on milk yield and composition. *J. Dairy Sci.* 78:388-396.
- ROJAS A., 1995a. Conceptos básicos en nutrición de rumiantes. Escuela de Zootecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 160-161 p.
- ROJAS A., 1995b. Conceptos básicos en nutrición de rumiantes. Escuela de Zootecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 147 p.
- SCHINGOETHE D. J. 2007. Strategies, benefits, and challenges of feeding ethanol byproducts to dairy and beef cattle. Florida Ruminant Nutrition Symposium. Gainesville, FL.

- SCHINGOETHE D. J. 2006a. Utilization of DDGS by Cattle. J. Dairy Sci. 27th Western Nutrition Conference, Winnipeg, Manitoba, Canadá. 61-74.
- SCHINGOETHE D. J. 2006b. Can we feed more distillers grains? Tri-State Dairy Nutrition Conference. 75p.
- SCHINGOETHE D. J., BROUK M. J., BIRKELO C. P. 1999. Milk production and composition from cows fed wet corn distillers grains. J. Dairy Sci. 82:574-580.
- SCHROEDER J.W. 2003. Distillers Grains as protein and energy supplement for Dairy Cattle. NDSU. Technical Bulletin.
- SHURSON J., NOLL S. 2005. Feed and Alternative Uses for DDGS. Department of Animal Science, University of Minnesota.
- SMITH N. E., DUNKLEY W. L., FRANKE A. A. 1978. Effects of feeding protected tallow to dairy cows in early lactation. J. Dairy Sci. 61:747.
- SMITH W. A., HARRIS B, VAN HORN H. H. 1992. Effect of forage type on production performance of *dairy* cows supplemented with different dietary fats. J. Dairy Sci. 75(Suppl. 1):300 (Abstr).
- SPIEHS M. J., WHITNEY M. H., SHURSON G. C. 2002. Nutrient data base for distillers dried grains with solubles produced from new generation

ethanol plants in Minnesota and South Dakota. J. Anim. Sci. 80:2639-2645. disponible en: www.ddgs.umn.edu

STEGEMAN G. A., CASPER D. P., SCHINGOETHE D. J., BAER R. J. 1992. Lactational responses of dairy cows fed unsaturated dietary fat and receiving bovine somatotropin. J. Dairy Sci. 75: 1936–1945.

SUTTON J. D. 1989. Altering Milk Composition by Feeding. J Dairy Sci 72: 2801-2814.

SUTTON J. D., BINES J. A., MORANT S. V., NAPPER D. J., GIVENS D. I. 1987. A comparison of starchy and fibrous concentrates for milk production, energy utilization and hay intake by Friesian cows. J. Agric. Sci. (Camb.), 109: 375.

SUTTON L D., BROSTER W. H., NAPPER D. J., SIVITER J. W. 1985. Feeding frequency for lactating cows: Effects on digestion, milk production and energy utilization. Br. J. Nutr. 53:117.

THE MERCK VETERINARY MANUAL. 2006. Whitehouse Station, NJ USA.

Disponible en:
<http://www.vetmanual.com/mvm/index.jsp?cfile=htm/bc/102000.htm>

THOMAS E.E. 2006. Field Responses to the Feeding of Rumensin®. Tri-State Dairy Nutrition Conference. 37-42.

- THOMAS P. C., MARTIN P. A. 1988. The influence of nutrient balance on milk yield and composition. Page 97 *in* Nutrition and lactation in the dairy cow. P. C. Garnsworthy, ed. Butterworths, London, Engl.
- TJARDES K., WRIGHT C. 2002. Feeding Corn Distiller's Co-Products to Beef Cattle, South Dakota State University Extension Service Extension Extra, ExEx 2036, August 2002.
- VAN DER HONING Y., WIEMAN B. J., STEG A., AND VAN DONSELAAR B. 1981. The effect of fat supplementation of concentrates on digestion and utilization of energy by productive dairy cows. *J. Agric. Sci.* 29:79.
- VAN HORN H. H., BLANCO O., HARRIS B., BEEDE D. K. 1985. Interaction of protein percent with caloric density and protein source for lactating cows. *J. Dairy Sci.* 68: 1682.
- WHITLOW L. 2008. Micotoxinas y los granos de destilería. Universidad de North Carolina State. E.E.U.U. Disponible en www.knowmycotoxins.com
- WOODFORD J. A., JORGENSEN N. A., BARRINGTON G. P. 1986. Impact of dietary fiber and physical form on performance of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 69: 1035.

VII. ANEXO

Cuadro1 A. Análisis proximal de DDGS originarios de nuevas plantas de etanol en Minnesota y Dakota del sur comparados a una muestra de una planta de etanol mas antigua (OMP) y a otros valores publicados^a

Origen de muestra	N° muestras	MS (%)	PC (%)	EE (%)	FC (%)	Cenizas (%)	ELN (%)	FDA (%)	FDN (%)	ED ^b (kcal/kg)	EM ^b (kcal/kg)
Aberdeen	12	87.4 (1.7)	30.8 (10.2)	10.2 (10.5)	8.9 (11.1)	6.3 (14.8)	43.8 (8.8)	14.2 (8.0)	46.2 (10.0)	3912 (4.2)	3671 (4.3)
Bingham Lk	12	90.2 (1.0)	30.9 (7.6)	10.7 (6.1)	9.1 (6.6)	6.4 (15.1)	43.8 (8.4)	18.1 (7.5)	44.4 (5.0)	4084 (2.3)	3838 (2.2)
Benson	12	88.4 (1.0)	30.1 (2.7)	11.2 (5.0)	8.3 (5.6)	5.4 (11.4)	45.0 (2.9)	14.8 (51.8)	37.0 (19.7)	3879 (5.1)	3639 (5.0)
Claremont	12	89.1 (1.3)	31.4 (2.1)	11.4 (5.5)	9.2 (5.9)	5.6 (8.8)	42.4 (3.2)	13.8 (- ^d)	40.5 (4.9)	4030 (1.5)	3776 (1.5)
Luverne	12	87.2 (1.1)	29.8 (3.3)	11.7 (7.4)	8.3 (8.8)	5.8 (11.6)	44.9 (3.9)	16.0 (55.8)	36.8 (20.6)	4023 (3.3)	3788 (3.4)
Morris	12	90.0 (2.0)	30.7 (6.8)	10.2 (9.1)	8.8 (9.3)	5.5 (16.7)	44.8 (7.2)	15.8 (8.4)	44.5 (4.3)	4013 (2.6)	3766 (2.6)
Preston	11	88.7 (1.5)	28.7 (5.7)	11.4 (7.0)	8.4 (8.9)	6.7 (7.4)	44.9 (4.9)	16.3 (54.2)	36.7 (23.1)	3890 (1.5)	3227 (1.7)
Scotland	11	89.8 (1.4)	31.6 (4.9)	10.8 (4.4)	9.7 (5.2)	5.7 (16.3)	42.2 (5.3)	18.5 (10.1)	49.1 (3.1)	3974 (2.5)	3720 (2.8)
Winnebago	12	90.0 (0.6)	28.7 (4.1)	10.7 (5.9)	8.3 (5.7)	5.4 (12.5)	46.9 (2.8)	15.4 (11.2)	42.8 (3.7)	4034 (2.6)	3803 (2.4)
Winthrop	12	88.7 (0.8)	29.5 (3.3)	10.8 (5.5)	8.7 (4.3)	5.2 (7.6)	45.8 (3.8)	17.1 (6.6)	41.9 (2.4)	4050 (1.2)	3811 (1.1)
1997 a 99	118	88.9 (1.7)	30.2 (6.4)	10.9 (7.8)	8.8 (8.7)	5.8 (14.7)	44.5 (6.1)	16.2 (28.1)	42.1 (14.3)	3990 (3.2)	3749 (3.3)
OMP DDGS	4	88.3 (0.9)	28.1 (2.4)	8.2 (12.6)	7.1 (4.2)	6.3 (17.5)	50.3 (5.9)	16.7 (- ^d)	35.4 (1.8)	3879 (2.6)	3661 (2.7)
Referencia ^c											
NRC		93.0	29.8	9.0				17.5	37.2	3448	3038
HL		90.8	28.5								
FRI		90.0	29.0	8.6	9.1	4.8					3848

^a Valores expresados en base a 100% de la materia seca. Coeficientes de variación presentados entre paréntesis.

^b ED= 4151-(122 x % Cenizas) + (38 x % EE) – (64 x % FC); ME= DE x (1.003 – (0.0021 x % PC)).

^c Las referencias son: NRC, 1998. (NRC), Heartland Lysine, Inc. 1998. (HL), y Feedstuffs Reference Issue, 1999. (FRI).

^d Sólo una muestra analizada.

Cuadro 2 A. Niveles de aminoácidos esenciales de DDGS originarios de nuevas plantas de etanol en Minnesota y Dakota del sur comparados a una muestra de una planta de etanol mas antigua (OMP) y a otros valores publicados^a

Origen de muestra	N° muestras	Arg (%)	His (%)	Ile (%)	Leu (%)	Lys (%)	Met (%)	Phe (%)	Thr (%)	Trp (%)	Val (%)
Aberdeen	12	1.31 (6.2)	0.82 (5.3)	1.14 (7.5)	3.69 (5.3)	1.02 (9.6)	0.65 (9.8)	1.53 (5.0)	1.21 (5.6)	0.27 (9.1)	1.56 (6.2)
Bingham Lk	12	1.23 (2.1)	0.78 (2.1)	1.10 (5.4)	3.51 (3.2)	0.91 (2.9)	0.53 (5.1)	1.47 (3.7)	1.12 (2.5)	0.25 (5.9)	1.46 (2.8)
Benson	12	1.15 (11.5)	0.75 (8.6)	1.17 (8.0)	3.62 (6.7)	0.71 (17.8)	0.53 (6.2)	1.50 (7.0)	1.17 (6.3)	0.24 (9.1)	1.55 (8.5)
Claremont	12	2.17 (4.2)	0.77 (4.3)	1.15 (6.0)	3.53 (3.1)	0.91 (10.1)	0.50 (2.5)	1.46 (2.8)	1.12 (3.4)	0.26 (5.8)	1.50 (3.7)
Luverne	12	1.25 (6.5)	0.78 (7.0)	1.07 (8.7)	3.42 (6.3)	0.94 (11.3)	0.58 (9.4)	1.42 (6.7)	1.14 (7.4)	0.25 (7.3)	1.47 (8.3)
Morris	12	1.15 (11.5)	0.73 (9.0)	1.15 (9.7)	3.47 (6.1)	0.79 (25.7)	0.49 (8.7)	1.42 (6.4)	1.12 (6.7)	0.24 (13.9)	1.49 (7.2)
Preston	11	1.18 (5.5)	0.76 (7.8)	1.05 (11.1)	3.43 (7.9)	0.85 (7.2)	0.55 (10.2)	1.43 (7.8)	1.14 (7.9)	0.24 (6.7)	1.43 (10.1)
Scotland	11	1.25 (7.8)	0.79 (7.2)	1.17 (8.2)	3.81 (7.5)	0.78 (11.2)	0.69 (6.4)	1.57 (7.3)	1.14 (6.0)	0.25 (6.9)	1.53 (7.5)
Winnebago	12	1.11 (9.9)	0.75 (7.6)	1.05 (8.3)	3.48 (5.6)	0.72 (19.7)	0.53 (3.9)	1.41 (6.7)	1.07 (6.4)	0.21 (8.4)	1.47 (7.1)
Winthrop	12	1.13 (8.7)	0.72 (8.0)	1.16 (5.6)	3.55 (3.3)	0.80 (16.4)	0.49 (5.4)	1.48 (3.2)	1.12 (3.1)	0.25 (8.9)	1.51 (6.1)
1997 a 99	118	1.20 (9.1)	0.76 (7.8)	1.12 (8.7)	3.55 (2.4)	0.85 (17.3)	0.55 (13.6)	1.47 (6.6)	1.13 (6.4)	0.25 (6.7)	1.50 (7.2)
OMP DDGS	4	0.92 (18.7)	0.61 (15.2)	1.00 (9.1)	2.97 (12.4)	0.53 (4.5)	0.50 (4.5)	1.27 (8.1)	0.98 (7.3)	0.19 (19.8)	1.39 (2.3)
Referencia ^b											
NRC		1.22	0.74	1.11	2.76	0.67	0.54	1.44	1.01	0.27	1.40
HL		1.21	0.75	1.09	3.27	0.81	0.63	1.43	1.11	0.20	1.43
FRI		1.08	0.65	1.08	2.90	0.65	0.65	1.29	1.02	0.22	1.43

^a Valores expresados en base a 100% de la materia seca. Coeficientes de variación presentados entre paréntesis.

^b Las referencias son: NRC, 1998. (NRC), Heartland Lysine, Inc. 1998. (HL), y Feedstuffs Reference Issue, 1999. (FRI).

Cuadro 3 A. Composición de minerales de DDGS originarios de nuevas plantas de etanol en Minnesota y Dakota del sur comparados a una muestra de una planta de etanol mas antigua (OMP) y a otros valores publicados^a

Origen de muestra	N° muestras	Ca (%)	P (%)	K (%)	Mg (%)	S (%)	Na (%)	Zn (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)
Aberdeen	12	0.03 (44.9)	0.85 (15.3)	0.84 (14.3)	0.32 (14.0)	0.33 (21.8)	0.15 (28.8)	72.1 (39.6)	21.3 (57.5)	6.0 (24.8)	175.7 (60.9)
Bingham Lk	12	0.03 (13.9)	0.94 (6.9)	0.99 (9.5)	0.34 (7.5)	0.68 (28.8)	0.16 (96.2)	56.6 (8.0)	15.5 (9.1)	5.3 (8.8)	98.1 (13.1)
Benson	12	0.08 (17.49)	0.92 (7.1)	0.99 (5.3)	0.35 (6.0)	0.40 (16.4)	0.21 (19.4)	110.0 (31.2)	15.4 (14.2)	6.3 (12.0)	118.7 (5.9)
Claremont	12	0.07 (51.2)	0.95 (4.7)	1.06 (7.1)	0.34 (4.7)	0.38 (40.8)	0.20 (55.2)	130.0 (24.0)	15.3 (11.2)	5.4 (15.2)	144.7 (12.6)
Luverne	12	0.05 (36.6)	0.91 (3.1)	0.97 (7.6)	0.37 (5.2)	0.47 (29.4)	0.20 (24.4)	96.7 (24.2)	17.4 (27.9)	6.3 (15.4)	106.9 (25.2)
Morris	12	0.13 (33.6)	0.82 (12.2)	0.94 (10.9)	0.34 (13.3)	0.74 (21.9)	0.51 (44.8)	44.7 (11.7)	16.0 (15.7)	7.6 (18.9)	156.4 (31.3)
Preston	11	0.06 (50.6)	0.99 (8.2)	1.04 (7.6)	0.36 (6.4)	0.37 (37.9)	0.20 (49.8)	312.1 (18.9)	17.8 (25.5)	5.9 (14.6)	103.2 (15.5)
Scotland	11	0.03 (21.1)	0.70 (6.4)	0.69 (10.6)	0.25 (10.7)	0.46 (6.4)	0.12 (9.4)	60.2 (7.8)	10.7 (12.9)	6.1 (14.8)	90.5 (15.4)
Winnebago	12	0.06 (15.2)	0.89 (5.5)	0.84 (4.4)	0.33 (4.3)	0.54 (14.3)	0.17 (32.8)	52.2 (6.9)	13.8 (4.4)	4.7 (10.8)	75.3 (13.9)
Winthrop	12	0.07 (15.3)	0.94 (5.6)	1.03 (5.5)	0.35 (4.7)	0.36 (9.7)	0.46 (34.4)	55.1 (10.5)	14.7 (9.9)	5.3 (19.0)	124.3 (19.1)
1997 a 99	118	0.06 (57.2)	0.89 (11.7)	0.94 (14.0)	0.33 (12.1)	0.47 (37.1)	0.24 (70.5)	97.5 (80.4)	15.8 (32.7)	5.9 (20.4)	119.8 (41.1)
OMP DDGS	4	0.1 (34.7)	0.90 (7.5)	0.99 (8.7)	0.40 (13.3)	0.51 (43.5)	0.28 (65.2)	80.2 (30.5)	49.5 (66.6)	13.5 (63.6)	219.2 (52.5)
Referencia ^b											
NRC		0.22	0.88	0.90	0.20	0.32	0.27	86.0	26.0	61.0	276.0
FRI		0.38	1.02	1.08	0.38	0.32	0.86	91.0	32.0	54.0	323.0

^a Valores expresados en base a 100% de la materia seca. Coeficientes de variación presentados entre paréntesis.

^b Las referencias son: NRC, 1998. (NRC), y Feedstuffs Reference Issue, 1999. (FRI).

Cuadro 4 A. Análisis de muestras de DDGS ingresados en el mes de setiembre de 2007 a la planta de concentrados de la Cooperativa Dos Pinos

Fecha	Código	Descripción	%Humedad	% Proteína	% Grasa
03/09/2007	M2420	DDGS	10.27	23.76	8.57
03/09/2007	M2420	DDGS	10.17	24.38	9.88
06/09/2007	M2420	DDGS	10.85	23.58	10.95
07/09/2007	M2420	DDGS	10.15	24.54	9.36
11/09/2007	M2420	DDGS	10.70	24.44	10.38
17/09/2007	M2420	DDGS	10.31	25.52	9.96
18/09/2007	M2420	DDGS	10.95	24.29	10.80
27/09/2007	M2420	DDGS	9.29	24.96	10.56
28/09/2007	M2420	DDGS	9.43	24.97	10.95
28/09/2007	M2420	DDGS	9.41	25.01	10.93
28/09/2007	M2420	DDGS	9.52	25.18	11.00
28/09/2007	M2420	DDGS	9.08	24.49	10.54
28/09/2007	M2420	DDGS	9.33	24.41	10.16

Cuadro 5 A. Análisis de muestras de DDGS ingresados en el mes de octubre de 2007 a la planta de concentrados de la Cooperativa Dos Pinos

Fecha	Código	Descripción	%Humedad	% Proteína	% Grasa
02/10/2007	M2420	DDGS	9.68	24.83	10.52
02/10/2007	M2420	DDGS	9.41	24.28	10.24
12/10/2007	M2420	DDGS	9.98	24.84	11.09
16/10/2007	M2420	DDGS	9.89	24.60	10.19
18/10/2007	M2420	DDGS	9.34	24.90	10.61
23/10/2007	M2420	DDGS	10.63	25.21	11.05
23/10/2007	M2420	DDGS	10.18	25.66	11.27
23/10/2007	M2420	DDGS	10.57	24.96	11.40
23/10/2007	M2420	DDGS	10.32	25.07	11.65
23/10/2007	M2420	DDGS	11.12	25.41	10.97
24/10/2007	M2420	DDGS	10.92	24.87	10.98
25/10/2007	M2420	DDGS	9.51	24.63	10.79
31/10/2007	M2420	DDGS	11.39	24.02	11.10

Cuadro 6 A. Análisis de muestras de DDGS ingresados en el mes de noviembre de 2007 a la planta de concentrados de la Cooperativa Dos Pinos

Fecha	Código	Descripción	%Humedad	% Proteína	% Grasa
01/11/2007	M2420	DDGS	10.50	24.43	10.93
01/11/2007	M2420	DDGS	10.20	24.18	10.00
06/11/2007	M2420	DDGS	10.59	24.61	10.65
06/11/2007	M2420	DDGS	10.55	24.81	10.69
06/11/2007	M2420	DDGS	10.08	25.26	11.33
06/11/2007	M2420	DDGS	11.00	23.97	10.35
06/11/2007	M2420	DDGS	10.37	23.79	10.36
06/11/2007	M2420	DDGS	11.32	23.92	9.66
06/11/2007	M2420	DDGS	11.02	24.49	10.60
07/11/2007	M2420	DDGS	10.10	24.07	10.08
09/11/2007	M2420	DDGS	10.20	24.47	10.42
09/11/2007	M2420	DDGS	9.96	24.02	10.69
13/11/2007	M2420	DDGS	10.87	23.73	10.91
14/11/2007	M2420	DDGS	10.37	24.63	10.41
20/11/2007	M2420	DDGS	10.29	25.01	11.48
23/11/2007	M2420	DDGS	10.61	24.44	10.59
26/11/2007	M2420	DDGS	10.90	24.45	10.32

Cuadro 7 A. Análisis de muestras de DDGS ingresados en el mes de diciembre de 2007 a la planta de concentrados de la Cooperativa Dos Pinos

Fecha	Código	Descripción	%Humedad	% Proteína	% Grasa
07/12/2007	M2420	DDGS	9.27	24.28	9.54
07/12/2007	M2420	DDGS	9.62	24.11	9.45
07/12/2007	M2420	DDGS	9.81	24.66	10.69
10/12/2007	M2420	DDGS	9.78	24.43	9.40
10/12/2007	M2420	DDGS	10.12	24.77	11.02
10/12/2007	M2420	DDGS	10.24	24.18	9.77
10/12/2007	M2420	DDGS	9.84	23.40	9.08
10/12/2007	M2420	DDGS	10.08	24.40	10.52
10/12/2007	M2420	DDGS	9.93	24.47	9.84
10/12/2007	M2420	DDGS	9.50	24.47	10.51
13/12/2007	M2420	DDGS	9.70	25.07	10.78
18/12/2007	M2420	DDGS	9.97	24.64	10.70
20/12/2007	M2420	DDGS	9.76	24.61	10.66