

USO DE GRANOS SECOS CON SOLUBLES (DDGS) PROVENIENTES DE LA DESTILERÍA DEL MAÍZ EN SUPLEMENTOS PARA VACAS LACTANTES EN PASTOREO DE ESTRELLA AFRICANA (*Cynodon nlemfluensis*)¹

Sofía Macaya-Quirós^{2/*}, Augusto Rojas-Bourrillón*

Palabras clave: Vacas lecheras, granos de destilería, producción y composición láctea.

Keywords: Dairy cows, DDGS, milk production and composition.

Recibido: 23/06/09

Aceptado: 26/08/09

RESUMEN

Se realizó un estudio con granos secos con solubles (DDGS), provenientes de la destilería del maíz, para evaluar el efecto de diferentes niveles de inclusión de este ingrediente en la dieta de vacas lecheras pastoreando Estrella Africana, sobre la producción y composición de la leche. Se escogió 36 vacas Holstein y fueron aleatorizadas en los siguientes tratamientos: 0, 22, 32 y 42% de inclusión de DDGS en el alimento balanceado. La mayor producción diaria de leche corregida al 4% de grasa y persistencia, se obtuvo con la inclusión de 32% de DDGS en el alimento balanceado (12,9% DDGS en la ración total). El porcentaje de grasa láctea disminuyó conforme aumentó el porcentaje de inclusión de DDGS en la dieta. En cuanto a la proteína láctea y la lactosa, los porcentajes mayores fueron los correspondientes a 0 y 22% DDGS, y solo se dio una diferencia significativa al pasar al tratamiento de 32% DDGS, valores que permanecieron constantes para el tratamiento de 42% de DDGS. El porcentaje de sólidos totales mostró una disminución lineal al aumentar el nivel de inclusión de DDGS en la dieta. La producción de grasa, proteína, lactosa y sólidos totales, presentó los valores mayores en los tratamientos de 0 y 32% DDGS 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).

ABSTRACT

Use of corn dry distillers grains plus solubles (DDGS) in supplements for lactating cows grazing African Star grass (*Cynodon nlemfluensis*). A study was carried out with dry corn distillers grains plus solubles (DDGS), to evaluate the effect of including different levels of this ingredient in the diet of lactating dairy cows grazing African Star grass, on milk production and its composition. To perform this study, 36 Holstein cows were selected. They were randomly assigned to the following treatments: 0, 22, 32, and 42% of DDGS inclusion in the grain mixture. Highest milk production of 4% FCM, and persistency were obtained at the level of 32% of DDGS in the grain mixture (12.9% DDGS in the total ration). Milk fat percentage showed a decrease with the inclusion of increasing percentages of DDGS in the diet. With respect to the milk protein and lactose, the highest percentages corresponded to 0 and 22% of DDGS; and a significant difference was observed only when the treatment was changed to 32% of DDGS, the value remained constant for the treatment of 42%. The percentage of total solids had a linear decrease when the level of DDGS in the diet was increased. The fat, protein, lactose and total solids yields had the highest values in the control treatment and 32% DDGS. A significant decrease in milk yield components was caused by feeding 42% DDGS in the grain mixture.

1. Este trabajo es parte de la tesis de grado de la primera autora presentada en la Escuela de Zootecnia, Facultad de Ciencias Agroalimentarias, Universidad de Costa Rica. San José Costa Rica.

2. Autor para correspondencia. Correo electrónico: sofiamacaya@gmail.com

* Escuela de Zootecnia, Centro de Investigaciones de Nutrición Animal, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la producción de etanol se ha ido expandiendo exponencialmente a nivel mundial, en especial en los Estados Unidos (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 co-productos como lo son los granos destilados secos de maíz más solubles (DDGS por sus siglas en inglés).

Este rápido crecimiento en la industria del etanol es el causante de que los DDGS representen 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.

Los granos de destilería contienen aproximadamente 3 veces más proteína, grasa y fibra que el maíz (Schingoethe 2006); sin embargo, prácticamente carecen de almidón. El alto contenido de grasa (ácidos grasos insaturados), de FDN y el bajo contenido de lisina, así como posibles problemas en la digestibilidad de la proteína, debido a daño térmico, presentan grandes retos nutricionales. Dichas particularidades de este co-producto deben ser tomadas en cuenta en las formulaciones para no provocar una disminución en la producción láctea, así como en su composición.

Se ha realizado estudios en condiciones de zona templada, donde incluyen hasta un 20-30% 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 en 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. Por lo tanto el objetivo de este trabajo fue evaluar el uso de granos secos con solubles (DDGS) provenientes de la destilería del maíz en suplementos para vacas lactantes en pastoreo de (*Cynodon nlemfluensis*).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y características del área experimental

La investigación se realizó en una finca de ganado lechero, localizada en San Rafael de Coronado, a 1500 msnm, una temperatura promedio de 18°C y una precipitación anual promedio de 2280 mm.

El sistema de producción consiste en un sistema de pastoreo intensivo de Estrella Africana (*Cynodon nlemfluensis*), con potreros con 24 días de recuperación y una ocupación de medio día (para un total de 48 apartos de aproximadamente 1600 m² cada uno).

Animales y dietas

Para el experimento se escogió en total 36 vacas Holstein, de acuerdo al nivel de producción (promedio diario=25 kg) y estado en la lactancia (posterior al pico de lactancia). Posteriormente fueron distribuidas en forma aleatoria en 4 lotes diferentes (9 vacas por tratamiento) correspondientes a 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 1).

Se estima que estos niveles corresponden a contenidos promedio de DDGS de 0, 8,8, 12,9 y 17% de la MS total, respectivamente (Cuadro 2), asumiendo un consumo total de 19,5 kg (MS) y un promedio de consumo de alimento balanceado de 9 kg.animal⁻¹.día⁻¹.

Los 4 diferentes alimentos utilizados fueron balanceados tanto isoproteicos como isoenergéticos (Cuadros 3 y 4) y se ofreció en canoa previo al ordeño en relación 2,8:1 (leche:

Cuadro 1. Fórmulas de los diferentes alimentos balanceados utilizados en el experimento.

Ingredientes	0% DDGS	22% DDGS	32% DDGS	42% DDGS
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

Cuadro 2. Fórmula de la dieta total para cada tratamiento.

Materia Prima	0% DDGS		22% DDGS		32% DDGS		42% DDGS	
	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

alimento balanceado) durante todo el periodo experimental, ajustando los niveles de alimento balanceado semanalmente de acuerdo a la producción.

Se recolectó muestras de forraje cada 7 días simulando lo cosechado por los animales y mediante el método del Botanal®. Se obtuvo una disponibilidad de biomasa aproximada de 20 kg MS.vaca⁻¹.día⁻¹, y un consumo diario aproximado de 7 kg de MS.vaca⁻¹.día⁻¹.

Una hora antes de comenzar cada ordeño, los animales recibieron una suplementación en los cepos de 2 kg de pasto de corte (Estrella Africana) maduro, 2 kg de citropulpa deshidratada (Citrocom®) y sales minerales. Posteriormente, se suministró el alimento balanceado Vap-feed® en relación 2,8:1 (leche:concentrado). Esto corresponde a 4 kg de pasto de corte, 4 kg de citropulpa deshidratada y un promedio de 9 kg de alimento balanceado por vaca por día.

Cuadro 3. 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	1,42	13,08
FDN (%)	10,96	18,84	22,38	25,16
ENL (Mcal.kg ⁻¹)	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

Cuadro 4. 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)	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

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. Para fines de cálculo, la tasa de cambio en el momento de la investigación fue \$1=¢500,97 y €1=¢721,40.

Parámetros de producción

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

Una de las variables a evaluar fue 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 la leche (MUN), 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:

(Promedio leche por tratamiento / promedio leche antes del tratamiento)*100
(Kung y Huber 1983).

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 hizo de acuerdo a la prueba de Duncan ($p < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de leche, producción corregida al 4% de grasa, persistencia y MUN

Producción

El tratamiento con 32% de DDGS presentó el mayor valor de producción láctea ($p \leq 0,05$), siendo este $23,96 \text{ kg.vaca}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$ (Cuadro 5).

Se puede observar una tendencia a aumentar la producción de leche conforme se aumenta el nivel de DDGS hasta un 32% en el alimento balanceado. Sin embargo, el uso de 42% DDGS causa una disminución ($p \leq 0,05$), con un valor de $21,91 \text{ kg.vaca}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$.

La adición del concentrado con 32% DDGS (aproximadamente 12,9% DDGS en la ración total) provocó un aumento de $1,38 \text{ kg.día}^{-1}$ 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 al aumentar los niveles de 13% DDGS (ración total) a 26% DDGS. Nichols et al. (1998) observaron lo mismo para dietas con

Cuadro 5. Resultados obtenidos para la producción de leche, producción corregida al 4% grasa, persistencia, y MUN para los diferentes tratamientos.

Variable	Tratamiento				±Desv	Nivel signifs.
	0%DDGS	22% DDGS	32% DDGS	42% DDGS		
Producción leche ¹ (kg.vaca ⁻¹ .día ⁻¹)	22,57 ^b	21,32 ^c	23,96 ^a	21,91 ^{bc}	4,65	0,0001
Producción leche corregida 4% (kg.vaca ⁻¹ .día ⁻¹)	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 ⁻¹)	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 ($p \leq 0,05$).

aumentos de 0% a 20% de DDGS, en sustitución de harina de soya, y observaron aún un mayor incremento en la producción cuando suplementaron con lisina y metionina protegidas las dietas de DDGS.

En la presente investigación, el aumento en la producción láctea, asociado al nivel de 32% de DDGS, se debe al aumento en la concentración de lípidos de la ración. Este subproducto contiene de 9-12% de grasa, por lo que al incorporar DDGS se reemplazó aproximadamente el 22% del maíz y un 80,5% de soya, lo que aumenta el nivel de lípidos como fuente energética (Kleinschmith et al. 2006). Birkelo et al. (2004) concluyeron en su experimento que los granos destilados aportaban 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 ($p \leq 0,05$) en producción de 2,05 kg.día⁻¹ ocurre al pasar del tratamiento de 32% DDGS ($\approx 12,9\%$ en la ración total) al de 42% DDGS ($\approx 17\%$ de la ración total). Con respecto al grupo control, el tratamiento de 42% causó una disminución de 0,66 kg.día⁻¹. 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 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, en

la presente investigación, el porcentaje de este aminoácido limitante de 0,74% en el tratamiento control (0% DDGS) a 0,51% en el concentrado de 42% DDGS, puede resultar en una disminución en la producción láctea.

Producción corregida al 4% de grasa

Con respecto a la producción de leche corregida al 4% de grasa para los diferentes tratamientos, como se aprecia en el cuadro 5, 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, las cuales fueron estadísticamente similares.

Persistencia

El tratamiento que presentó el mayor valor de persistencia fue el de 32% de DDGS, con un porcentaje del 94,42% (Cuadro 5). El tratamiento control tuvo una persistencia de 90,25%, presentando un cambio significativo ($p \leq 0,05$) en comparación con el 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. La baja persistencia obtenida en el tratamiento de 42% DDGS se asocia a la marcada disminución de la producción de leche debido al exceso de DDGS en la dieta.

Nitrógeno ureico en leche (MUN)

Los tratamientos de 0 y de 22% de DDGS presentaron los valores mayores de MUN (9,89 y 11,23 mg.dl⁻¹, respectivamente), seguidos de los tratamientos de 32 y 42% de DDGS, los cuales fueron menores ($p \geq 0,05$), presentando valores de 8,59 y 9,02 mg.dl⁻¹, respectivamente (Cuadro 5).

Esta disminución en la concentración de MUN sugiere falta de proteína degradable en esas dietas (32 y 42% DDGS), debido al incremento que se da en la proteína sobrepasante conforme los niveles de inclusión de DDGS en la dieta aumentan. De la misma manera, Kleinschmith et

al. (2006) observaron una disminución de MUN de 10,6 a 9,36 mg.dl⁻¹ al sustituir harina de soya por 20% de la ración total de DDGS. Según los autores esta disminución puede deberse a un menor aporte de proteína degradable en las dietas con niveles superiores de DDGS. 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).

Componentes lácteos

Grasa

Se puede observar en el cuadro 6 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% 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% 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 (Cuadro 6), los tratamientos de 0 y 32% (12,9% ración total) resultaron iguales, presentando las producciones más altas (0,86 kg y 0,85 kg, respectivamente). Este comportamiento se le atribuye únicamente a la producción de leche, la cual fue mayor para el nivel de 32% de DDGS. Los tratamientos de 22 y 42% de DDGS fueron similares en cuanto a producción de grasa (0,76 kg y 0,73 kg, respectivamente), y difirieron de los niveles de 0 y 32% ($p \leq 0,05$).

Probablemente, en el tratamiento de 42% DDGS (17% ración total), debido al alto contenido de ácidos grasos insaturados estimados en 505 g; de los cuales un gran porcentaje se encuentra en forma de aceite libre, 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 tanto en la concentración de grasa en leche como en la producción de grasa cuando las vacas fueron alimentadas con 0, 7, 14 y 21% de DDGS

Cuadro 6. Composición y producción de componentes lácteos por tratamientos.

VARIABLE	Tratamiento				±Desv	Nivel signif
	0% DDGS	22% DDGS	32% DDGS	42% DDGS		
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
Sólidos (kg.vaca ⁻¹ .día ⁻¹)	2,819 ^a	2,616 ^b	2,885 ^a	2,582 ^b	0,539	0,0001
Grasa (kg.vaca ⁻¹ .día ⁻¹)	0,861 ^a	0,756 ^b	0,854 ^a	0,733 ^b	0,183	0,0001
Proteína (kg.vaca ⁻¹ .día ⁻¹)	0,760 ^a	0,710 ^b	0,754 ^a	0,700 ^b	0,133	0,0001
Lactosa (kg.vaca ⁻¹ .día ⁻¹)	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 ($p \leq 0,05$).

(MS), en lugar de ensilaje de maíz, indicando 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 fue 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.

En contraposición a lo anterior, Kalscheur (2005) encontró que no había depresiones de contenido de grasa en leche cuando la dieta contenía DDGS en cualquier nivel, hasta un 40% de la ración total en MS.

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 considerar la interacción que existe entre una dieta con alto contenido de ácidos grasos insaturados y la inclusión de monensina sódica, como ocurre en la presente investigación. Al respecto, AlZahal et al. (2008) presentaron una disminución lineal en el porcentaje de grasa láctea en dietas que contenían aceite y monensina. 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, 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. (2008) al observar un aumento de 22% en el ácido linoleico conjugado propusieron que las concentraciones crecientes de C18:1 en la dieta incrementaron el efecto de la monensina en la disminución de la producción de grasa láctea. Sin embargo, AlZahal et al. (2008) concluyeron que la monensina sí deprimió el porcentaje de grasa láctea en 0,13% aunque esto no tuvo repercusiones en la producción de grasa.

Proteína

Las dietas con valores mayores de proteína láctea (%) fueron los correspondientes a los

2 tratamientos con menor nivel de inclusión de DDGS en la dieta (Cuadro 6). Los tratamientos de 32 y 42% de inclusión de DDGS presentaron los valores menores de proteína láctea (3,23% y 3,29%, respectivamente).

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. 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 de la sangre.

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). Un concepto similar es mencionado por Kleinschmith et al. (2006), Nichols et al. (1998), y Liu et al. (2000) quienes 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 la leche (Schingoethe 2006). 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 g.día⁻¹, 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⁻¹ en el nivel de 42% (Cuadro 6) la adición de 32% mantuvo constante la producción total de proteína láctea ya que esta 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 total 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⁻¹ 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. (2008) 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%. Sin embargo, la producción de proteína aumentó 0,016 kg.día⁻¹, debido al aumento que hubo en la producción de leche.

Lactosa

Los porcentajes de lactosa presentaron el mismo comportamiento que la proteína (Cuadro 6). El tratamiento control presentó 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.

Como consenso general se considera que el contenido de lactosa es muy difícil de modificar 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% se 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%.

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 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.

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 (Cuadro 6). 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.

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 ($p \geq 0,05$). Nuevamente, la producción de leche fue la responsable de que los tratamientos de 22 y 42% DDGS presentaran los valores más bajos.

Análisis económico

Para la evaluación económica (Cuadro 7), primero se tomó los resultados de producción

de grasa, proteína y lactosa obtenidos para los 4 tratamientos diferentes y se calculó los ingresos por el pago de leche, de acuerdo al sistema de pago establecido por la Cooperativa de Productos de Leche Dos Pinos al mes de diciembre del 2007. Posteriormente se calculó el egreso por la compra de alimento concentrado, para el cual se tomó en cuenta la diferencia en el precio de los 4 alimentos balanceados (el cual disminuye conforme aumenta el nivel de inclusión de los DDGS) así como el consumo promedio de alimento por animal por día.

Finalmente, 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 la rentabilidad entre tratamientos.

Según los resultados obtenidos en la investigación, el tratamiento de 32% es el más favorable económicamente con un ingreso neto de $\$3.993,47.vaca^{-1}.día^{-1}$ seguido del tratamiento control el cual presentó un ingreso neto de $\$3.796,31.vaca^{-1}.día^{-1}$. A pesar que la diferencia en los ingresos entre el tratamiento de 0 y el de 32% DDGS no parece ser mucha ($\$197,16.vaca^{-1}.día^{-1}$) este valor representa un ingreso sumamente importante a nivel de hato.año⁻¹. El tratamiento de 42% DDGS presentó el menor ingreso neto con un valor de $\$3.476,73.vaca^{-1}.día^{-1}$.

IMPLICACIONES

- La inclusión de 32% de DDGS en el alimento balanceado (12,9% en la ración

Cuadro 7. Ingresos por pago de leche, egresos por compra de alimento balanceado e ingreso neto para cada tratamiento (Setiembre-Diciembre 2007).

	Tratamiento			
	0 % DDGS	22% DDGS	32% DDGS	42% DDGS
Ingresos (¢)	5.124,53	4.748,21	5.213,58	4.669,30
Egresos (¢)	1.328,22	1.251,94	1.220,11	1.192,55
Ingreso neto (¢)	3.796,31	3.496,27	3.993,47	3.476,73
Diferencia con respecto al 0%		-300	+197	-319,6

total) para vacas lecheras permite reducir la utilización de ingredientes típicos (soya, maíz, grasas sobrepasantes), y así disminuir el costo de alimentos balanceados. Sin embargo, el DDGS es un ingrediente que por sus características tiene limitaciones en las formulaciones, como lo son el alto contenido de ácidos grasos insaturados, bajo contenido de lisina, daño por calor, y la variabilidad del producto.

- Una inclusión importante de DDGS en la dieta (17% de la ración total) mostró limitaciones en cuanto a producción y composición láctea, sobretodo por su alto contenido de ácidos grasos insaturados y su posible interacción con el uso de monensina sódica en la dieta, lo cual requiere ser evaluado.

AGRADECIMIENTO

Al señor Bernardo Macaya T., productor y propietario de la finca donde se realizó el experimento y a la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos por la colaboración brindada para realizar esta investigación. Asimismo, al Dr. Henry Soto por la colaboración en el análisis estadístico.

LITERATURA CITADA

- ADAMS R.R., COMEFORD J.W., FORD S.A. 1995. Dairy reference manual. 3^o ed. NRAES-63. Ithaca, NY. USA.
- 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.)
- 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.
- BAUMAN D.E., GRIINARI J.M. 2003. Nutritional regulation of milk fat synthesis. *Ann. Rev. Nutr.* 23:203-227.
- 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., MIDDAGH R.P., BAER R.J. 1988. Lactational responses of dairy cows to diets containing regular and high oleic sunflower seeds. *J. Dairy Sci.* 71:1267-1274.
- 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.
- 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.
- 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 feeding whole cottonseed on composition of milk. *J. Dairy Sci.* 68: 897.
- DUFFIELD T.F., RABIEE A.R., LEAN I.J. 2008. 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.
- KAISER R.M. 2006. Utilizando el creciente abasto de granos de destilería. *Novedades lácteas.* Universidad de Wisconsin. Instituto Babcock. N^o. 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.
- 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.
- 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.

- 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.
- MIELKE C.D., SCHINGOETHE D.J. 1981. Heat treated soybeans for lactating cows. *J. Dairy Sci.* 64:1579.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- SCHINGOETHE D.J. 2006. Utilization of DDGS by Cattle. *J. Dairy Sci.* 27th Western Nutrition Conference, Winnipeg, Manitoba, Canadá. p. 61-74.
- 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.
- 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.