



Presente y futuro de los co-productos de la obtención de etanol en la alimentación

Alvaro Garcia

Alvaro Garcia DVM Ph.D. Associate Professor Dairy Science Department. South Dakota State University

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 a la mayor disponibilidad de los granos de destilería. El aumento en la oferta local de granos de destilería ha llevado a que las firmas que los comercializan hayan redoblado sus esfuerzos en años recientes para crear y consolidar los mercados de exportación. Cien kg de maíz rinden unos 33 litros de etanol y 33 kg de granos secos de destilería perdiéndose dióxido de carbono en el proceso. Una vez fermentado el almidón, la concentración de los nutrientes remanentes en el grano se triplica lo que hace de este co-producto un alimento de alto valor nutricional. Los granos de destilería son una fuente excelente de proteína de lenta degradación ruminal y fibra de alta digestibilidad. Debido a su baja concentración en almidón (fermentado a alcohol) se los puede incorporar a las dietas del ganado en sustitución del maíz lo que disminuye el riesgo de acidosis sobretodo en dietas de vacas de alta producción.

En el 2006 se produjeron cerca de 12 millones de toneladas métricas de granos de destilería con una proyección casi cinco veces superior para el 2017. Aproximadamente el 10 por ciento de esta cifra fue para mercados de exportación contándose Japón y Méjico entre los principales compradores. Al día de hoy hay 111 plantas de etanol funcionando en los EEUU y se plantea como objetivo cuadruplicar esta cifra hacia fines de la década próxima. El incremento en la producción llevará a un aumento en la oferta interna y a la apertura de nuevos mercados de exportación. En este artículo se discute el valor nutricional de los granos de destilería y se dan algunas sugerencias para su suministro.

más, un valor superior a los valores de tabla anteriores que se ubicaban entre el 23 y el 26% (Tabla 1).

Para la obtención de etanol el grano de maíz es molido y puesto a fermentar en presencia de enzimas y levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*). Una vez finalizada la fermentación se destila el alcohol el cual es comercializado para ser usado como combustible. De la extracción queda un residuo rico en nutrientes (a excepción del almidón) el cual se centrifuga para separar los solubles. Los solubles de destilería, de alto contenido en humedad (muy ricos en nutrientes en su base seca), pueden ser comercializados tal cual o agregados al producto final para obtener el grano húmedo de destilería con solubles. A los efectos de facilitar el transporte, venta y conservación al grano húmedo de destilería se lo seca con temperatura. Este proceso puede dañar parte de la proteína debido a un exceso de temperatura. Por tratarse de un producto derivado del maíz la lisina es el primer aminoácido limitante. Este aminoácido es también el más susceptible al daño térmico debido a que el grupo epsilon-amino se combina fácilmente con azúcares reductores en la reacción de Maillard (Schwab, 1995). Nichols y colaboradores (1998) encontraron que la lisina era el primer aminoácido limitante para la síntesis proteica cuando las dietas contenían 20% de granos de destilería. El porcentaje y el rendimiento de proteína aumentaron cuando se suministraron en el alimento lisina y metionina protegidas. El contenido en proteína es similar tanto para el grano de destilería sólo como para aquel al que se le agregan los solubles. El grano de destilería es una buena fuente de proteína de pasaje (tabla 2).

Composición en nutrientes

Aproximadamente entre el 40 y el 45% de todos los granos de destilería producidos en los EEUU es utilizado en la dieta de las vacas lecheras. Una de las características que los hace especialmente atractivos es su alta concentración en nutrientes (ej. proteína, energía y fósforo). El grano de destilería disponible en la actualidad en el mercado tiene más proteína y energía que el que se producía años atrás. La mayor parte del grano de destilería producido hoy contiene 30% de proteína o

En lo que respecta a la energía, experimentos llevados a cabo en la Universidad de Dakota del Sur (Birkelo et al. 2004) determinaron que los granos de destilería en la actualidad contienen 10% más energía (NEL = 2.2 Mcal/kg) que los datos anteriores de las tablas (NRC. 1989) y más energía que el grano de maíz. Esto se debe a que aún cuando se le extrajo el almidón los nutrientes remanentes (proteína, fibra y lípidos) se concentran, resultando en aproximadamente un 30% de proteína, 10% de lípidos y una cantidad considerable de fibra fácilmente digestible. Los granos de destilería son una buena fuente de fósforo, una ventaja en aquellas dietas que requieren

Tabla 1. Composición de los granos de destilería

Nutriente	% de la materia seca
Proteína cruda (PC)	28-36
RUP ¹ % de la PC	47-63
ENL Mcal/kg	2.2
Lípidos	8.2-11.7
Fibra detergente ácido (ADF)	19-24
Fibra detergente neutro (NDF)	38-44
Calcio	0.1-0.15
Fósforo	0.43-0.83

¹Proteína no degradable en el rumen



Tabla 2. Degradación ruminal de la proteína y digestibilidad intestinal total de tres fuentes de granos secos de destilería (DDG), proteínas de soja tratadas y harina de soja.

	4 h.	8 h.	16 h.	30 h.	48 h.	Digest. Intestinal, %
% de desaparición.....					80.6
Dakota Gold DDG	33.0	44.0	55.0	62.0	74.0	80.6
ADM DDG	25.5	31.1	38.7	51.6	67.7	71.9
Com. Spec. DDG	18.8	26.6	34	48.8	64.9	72
Harina de soja	57.6	66.4	92.3	99.0	98.0	NA
Soybest	36.6	49.8	69.9	81.1	94.8	83.8
Soypass	33.6	40.8	53.3	77.6	89.8	68.2
Soyplus	47.2	60.0	72.6	83.1	92.3	81.8
Aminoplus	23.1	29.3	56.3	66.5	81.2	70.8

¹Digestión in situ.

¹Digestión in vitro.

Fuente: DeGroot et al.

complementación con este mineral. Los solubles de destilería contienen más del 1% de fósforo en comparación con menos del 0.83% en los granos de destilería secos. A la mayor parte de los granos de destilería se les agrega los solubles de destilería, lo que los convierte en "granos de destilería con solubles".

Respuesta productiva a la suplementación con granos de destilería

De la investigación realizada en varias universidades ha surgido que cuando los granos de destilería forman parte de la dieta, la producción es similar o superior a la harina de soja usada como único suplemento proteico. La producción no siempre aumentó cuando los granos de destilería fueron suplementados con lisina y metionina protegidas. Vacas a las que se dio granos de destilería tuvieron la misma producción de leche que cuando se les dio una mezcla de harina de soja, harina de pescado y granos de destilería (Liu et al.200). Los solubles de destilería condensados pueden también suministrarse al ganado directamente aunque por lo general se los agrega al producto final. Ensayos de investigación han demostrado que la producción de leche aumentó cuando a las vacas se les incluyó en la dieta un 5% de solubles de destilería condensados. Esto permite concluir que los granos de destilería constituyen un suplemento proteico de buena calidad al que no es fácil mejorar.

En cuanto a la cantidad a suministrar se recomienda no exceder el 20% de la dieta total (4 a 6 kg por día en vacas lecheras de alta producción; Hippen et al. 2004). A esta concentración es posible formular dietas balanceadas sin imponer limitantes de consumo (Tablas 3 y 4). De hecho los granos de destilería pueden ser el único suplemento proteico necesario en una dieta basada en alfalfa y ensilaje de maíz en partes iguales. Cuando se suministraron los granos de destilería al 30% o más de la materia seca de la dieta, el consumo total de alimento disminuyó. A esta concentración, es probable que la dieta tenga un exceso de proteína, particularmente si las leguminosas forman parte importante de la misma. Ensayos de investigación han demostrado que la lisina puede resultar limitante cuando se incluyen los granos de destilería a un 20% de la materia seca de la dieta (Nichols et al. 1998). En la práctica, cuando se suministran granos de destilería a concentraciones elevadas se debe

tener en cuenta el resto de los alimentos que componen la dieta. La alta concentración de lípidos presentes en este co-producto hace que sea necesario a veces limitar otros ingredientes que también son ricos en los mismos.

Si el forraje predominante es el ensilaje de maíz, es posible se pueda llegar a un 30% de la materia seca de la dieta con granos de destilería, pero puede ser necesario agregar proteína degradable y lisina. Ensayos de la Universidad de Nebraska han demostrado que se los puede suministrar hasta un 40% de la materia seca de la dieta en dietas de ganado de carne. A concentraciones por encima del 30% se observó sin embargo una disminución en el consumo de materia seca. Estas dietas incluían cantidades de proteína y fósforo que excedían los requerimientos del ganado.

En un ensayo reciente (Anderson et al. (2006) se determinó el desempeño de vacas lecheras a las que se suministró granos de destilería al 10 y 20% de la materia seca de la dieta en comparación con una dieta control sin los mismos. Las dietas consistían de 25% silo de maíz, 25% heno de alfalfa y 50% de mezcla de concentrado. La producción fue superior para las vacas a las que suplementó con granos de destilería. El porcentaje de grasa de la leche fue similar para las vacas suplementadas y no suplementadas, pero el rendimiento de grasa total fue superior para las que recibieron granos de destilería. La leche de las vacas suplementadas con granos de destilería (en particular aquellas alimentadas con un 20%) contenía más ácidos grasos insaturados. El rendimiento total de proteína de la leche fue superior para las vacas suplementadas con granos de destilería. En este experimento el suministro de granos de destilería mejoró la eficiencia de utilización del alimento para la producción de leche.

Uso del grano de destilería para balancear dietas ricas en forraje

El grano de destilería es un alimento excelente para las dietas de terneras (García. 2007). Su perfil nutricional los hace complementarios de las deficiencias observadas en algunos forrajes. Son reconocidos como muy buena fuente de proteína y energía, si bien hay poca información acerca de su incorpora-

Tabla 3. Formulación y composición de dietas con 0, 10 y 20% de granos de destilería.

	0	10	20
Formulación% de la MS.....		
Silo de maíz	25	25	25
Alfalfa	25	25	25
Maíz molido	35.6	31.3	26.7
Harina de Soja (44%)	12.5	7	1.6
Granos de destilería	0	10	20
Composición			
PC	16.8	16.3	17.2
RUP ¹	5.2	6.2	7.5
NDF	28.3	30.7	31.2
ADF	17.9	19.4	19
NFC ²	45.7	43.4	40.8
Lípidos	2.3	3.1	4.2
Fósforo	0.3	0.32	0.32

RUP¹ Proteína no degradable en el rumen; NFC² Carbohidratos no-fibrosos.

Tabla 4. Producción en base a dietas con 0, 10 y 20% de granos de destilería.

	0	10	20
Consumo de MS (kg/d)	23.4	22.8	21.6
Leche (kg/d)	39.8	40.9	42.5
Grasa, %	3.23	3.16	3.28
Proteína, %	3.05	3.01	3.02
Urea, mg/dL	13.3	12.6	12.4
Eficiencia ¹	1.7	1.79	1.87

Eficiencia¹ Proteína degradable en el rumen; RUP¹ Proteína no degradable en el rumen; NFC² Carbohidratos no-fibrosos.

ción en las dietas de terneras lecheras en crecimiento. De acuerdo con el Nacional Research Council (NRC. 2001). La ganancia de peso óptima para terneras de reemplazo es de 0.86 kg por día máximo, de forma de asegurar tamaño corporal y desarrollo mamario. Los datos de experimentos conducidos en ganado de carne en crecimiento se pueden extrapolar con cautela a las lecheras en crecimiento. Los terneros de ganado de carne alimentados con granos de destilería húmedos o secos no mostraron diferencias en la tasa de ganancia de peso o depósito de proteína muscular. La tasa de ganancia de peso aumentó y la eficiencia (kg de alimento/por kg de ganancia de peso) mejoró cuando los granos de destilería reemplazaron al maíz seco achatado hasta un 40% de la materia seca total del alimento. Las concentraciones variables de proteína dañada por el calor en los granos de destilería con solubles no afectaron el desempeño del ganado en crecimiento ya que consumían proteína en exceso de los requerimientos. Este experimento sugiere que en terneras en crecimiento los granos de destilería suministrados al 40% de la materia seca de la dieta contienen mayor energía neta de ganancia de peso que el maíz seco achatado.

Granos de destilería y rastrojo de maíz

Dado que los granos de destilería suministran más proteína, lípidos, y fósforo que los requeridos por las terneras en crecimiento, un buen complemento para los granos de destilería son alimentos de baja calidad y alto contenido en fibra tales como los residuos de cosecha. El rastrojo de maíz o las pajas de forrajes son por lo tanto excelentes alternativas a explorar. Los granos de destilería por sí solos suministran mucha proteína, lípidos y fósforo mientras que el rastrojo de maíz es deficitario en estos nutrientes (Kalscheur et al. 2005). Cuando se los mezcla juntos en las cantidades adecuadas, pueden suministrar las

concentraciones recomendadas de nutrientes. En ensayos de la Universidad de Dakota del Sur se suministró una mezcla de granos de destilería y rastrojo de maíz para evaluar las características de crecimiento de terneras lecheras comparadas con otras alimentadas con una dieta tradicional (García. 2006). Se alimentó a las terneras con una dieta tradicional que consistía de fardos de alfalfa y de gramíneas, ensilaje de alfalfa, ensilaje de maíz, granos secos de destilería, ensilaje de mazorcas, y un complemento vitamínico-mineral, comparado con otra dieta que consistía en la base seca de un 44% de granos de destilería, 37% de rastrojo de maíz y 17% de paja de centeno más un 2% de un suplemento de minerales y vitaminas. Ambas dietas fueron formuladas de forma que tuvieran una concentración de nutrientes similar de: 1.0 Mcal de ENG por kg, 18.6% de proteína, 25% de ADF y 37% de NDF. La concentración de lípidos fue mayor en la dieta experimental (10.5%) en comparación con la dieta control (5.1%) como resultado de una concentración de lípidos en los granos de destilería inusualmente alta (20%). A pesar de esta diferencia, las terneras alimentadas con la dieta tradicional ganaron más peso que aquellas alimentadas con la dieta formulada con la mezcla de granos de destilería y rastrojo de maíz (1.28 vs. 1.05 kg por día), pero ambas resultaron en ganancias de peso superiores a las recomendadas por el NRC (2001). Los resultados de este ensayo sugieren que el rastrojo de maíz y los granos de destilería pueden incorporarse con éxito en las dietas de las terneras sin afectar su crecimiento en forma negativa.

Futuro de los co-productos de la obtención del etanol

Con la aparición de las plantas de etanol también han surgido co-productos de marca registrada (por ejemplo "Dakota



Tabla 5. Composición nutricional de co-productos de aparición reciente en el mercado.

	Dakota Gold	Dakota Gold HP	Dakota Gold Corn Germ	Dakota Bran
Materia seca, %	90.2	91.6	93.2	90.2
PC, %	29.6	44.8	16.9	14.6
Lípidos, %	11.2	3.9	18.9	9.8
ENL, Mcal/kg	2.2	2.2	2.5	2.2
ENm, Mcal/kg	2.2	2.2	2.7	2.2
ENg, Mcal/kg	1.5	1.5	2	2.5
ADF, %	8.9	12.9	8.2	5.6
NDF, %	25.8	22.1	23.9	21.3
Cenizas, %	4.7	2.1	5.8	4.6

Gold") que garantizan una variabilidad mínima en su contenido en nutrientes, requisito necesario para los mercados de exportación. El fraccionamiento y el aumento en la eficiencia en la extracción de otros nutrientes han llevado a la aparición de otros productos en el mercado (tabla 5).

De los productos que se observan en la Tabla 5 el Dakota Gold es la marca registrada de los granos de destilería para exportación. Los restantes presentan algunas ventajas pero también desafíos para los nutricionistas. El Dakota Gold HP (alta proteína) por ejemplo tiene una concentración alta en proteína que puede limitar su inclusión en dietas ricas en leguminosas. De forma similar el Dakota Gold Germ (gérmen) si bien tiene un alto contenido energético el mismo es dado por su alta concentración en lípidos lo cual puede también imponer una limitante a su inclusión debido a su efecto negativo sobre la grasa de la leche. El Dakota Bran (afrecho) muestra características interesantes ya que tiene una concentración en lípidos similar al grano de destilería clásico pero su concentración proteica no es tan alta lo que permite una mayor flexibilidad para su inclusión en dietas a base de forrajes mezcla.

Los granos de destilería presentan características excepcionales como alimento para el ganado. Su alta concentración en nutrientes de alto costo unitario hace de ellos un alimento en demanda. Por otra parte la necesidad de disminuir la dependencia de los combustibles fósiles ha incrementado la producción de etanol y por consiguiente la disponibilidad de este co-producto. Su alta concentración en proteína, energía, fósforo y azufre hacen de ellos el complemento ideal en regiones adónde justamente se dan estas deficiencias. Al presente las cantidades máximas ha suministrar oscilan alrededor del 20% de la dieta para las vacas lecheras en producción y hasta el 30% para el ganado en crecimiento y engorde. Es muy probable que este límite máximo venga dado por un déficit de aminoácidos el cual es más marcado en vacas lecheras de alta producción y/o al comienzo de la lactancia. Si bien en la actualidad los granos de destilería abastecen principalmente el mercado interno de los EEUU ya comienzan a verificarse volúmenes de exportación crecientes como resultado de un aumento en la oferta. Si como está previsto la misma llegara a quintuplicarse en la siguiente década es muy factible que los granos de destilería pasen a ser un alimento relativamente común en América Latina.

Referencias:

- Anderson, J., D. Schingoethe, K. Kalscheur, and A. Hippen. 2006. Evaluation of Dried and Wet Distillers Grains Included at Two Concentrations in the Diets of Lactating Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 89:3133-3142
- Birkelo, C., M. Brouk, and D. Schingoethe. 2004. The Energy Content of Wet Corn Distillers Grains for Lactating Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 87:1815-1819
- García, A. D. 2007. Distillers wet grains, comstalks explored as feed for heifers. *Distillers Grains Quarterly, First quarter*, p. 20-22.
- García, A. D. 2006. Feeding fibrous residues to growing heifers. *Journal of Dairy Science* 89:1869 (abstr).
- Hippen, A. R., Kalscheur, K. F., Schingoethe, D. J., García, A. D. 2004. Increasing inclusion of dried corn distillers grains in dairy cow diets. *Journal of Dairy Science.* 87(Suppl 6):1965 (abstr).
- Kalscheur, K. F., Exbrayat, P., García, A. D. 2005. Nutrient digestibility and excretion of dairy heifers fed diets with increasing concentrations of corn distillers grains. *Journal of Dairy Science* 88(Suppl 1):255 (abstr).
- Liu, C., D. J. Schingoethe, and G. A. Stegeman. 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.
- Nichols, J. R., D. J. Schingoethe, H. A. Maiga, M. J. Brouk, and M. S. Piepenbrink. 1998. Evaluation of corn distillers grains and ruminally protected lysine and methionine for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 81:482-491.
- Schwab, C. G. 1995. Protected proteins and amino acids for ruminants. Pages 115-141 in *Biotechnology in Animal Feeds and Animal Feeding*. R. J. Wallace and A. Chesson, ed. V. C. H. Press, Weinheim, Germany.
- National Research Council. 1989. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 6th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.
- National Research Council. 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.