

Uso de coproductos de la industria del Etanol en la alimentación animal

Diana Paola Aristizabal Rivera Zootecnista Esp.
Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales
Especialización en Nutrición Animal Aplicada
Calle 222 N° 55-37 Bogotá D.C. - Colombia
Correo-e: zoociencia@udca.edu.co

Zoociencia 2016. 3(2):4-14

Resumen. Con el creciente auge de la industria de los biocombustibles, y específicamente de la producción de bioetanol a partir del procesamiento del maíz, la industria de alimentos balanceados se enfrenta al reto del incremento en los costos de éste importante ingrediente, así como al surgimiento de nuevos ingredientes o co_productos con grandes ventajas en la alimentación animal. Estos co productos deben conocerse y saberse incluir en las diferentes dietas. En este trabajo se hace una revisión de la importancia de la producción de bioetanol y las razones de su crecimiento desbordado, se identifican los diferentes co_productos de esta industria, sus características nutricionales, ventajas y desventajas en la formulación, y se analiza su correcta utilización en las dietas para animales de importancia zootécnica.

Palabras clave: Bioetanol, DDGS, Ganadería de leche, Porcicultura, Avicultura.

1 Introducción

En la actualidad, el planeta tierra hace frente a una grave problemática, la cual debe ser solucionada con el fin de dar continuidad a la vida de todas las especies.

Esta problemática está enmarcada en tres situaciones fundamentales:

- El hambre
- La insuficiencia energética
- Deterioro del medio ambiente.

La crisis energética, es el resultado, no sólo de la situación particular, en la cual el petróleo como principal fuente energética de nuestro planeta es una fuente no renovable, sino también a que los principales países productores se encuentran en áreas en continuo conflicto, lo cual

ocasiona gran volatilidad en los precios.

Como estrategia para mitigar la crisis energética y contrarrestar el deterioro del medio ambiente, se vienen desarrollando nuevas técnicas para la elaboración de biocombustibles, este es el caso del etanol, el cual se produce por fermentación de los azúcares contenidos en la materia orgánica de las plantas. El etanol, al ser mezclado con la gasolina tradicional, genera un combustible de alto poder energético, pero con una importante disminución de las emisiones contaminantes de los motores en su combustión.

Las fuentes principales para la obtención de etanol son:

- Azúcares: procedentes de la caña de azúcar y la remolacha

□ Cereales: mediante la fermentación de los azúcares del almidón

□ Biomasa: por la fermentación de los azúcares contenidos en la celulosa y hemicelulosa

A partir del año 2007, se ha venido observando un incremento muy importante a nivel mundial del precio del maíz, el cual es una de las principales fuentes energéticas para la alimentación animal, este incremento se debe primordialmente al auge en la fabricación de etanol a partir de este grano.

Este incremento en la producción de etanol, además de ocasionar altos precios del maíz en el mercado, ha generado un aumento en la oferta de co-productos de la industria de la destilería del etanol, los cuales son buenas fuentes de energía y proteína para la alimentación animal.

Entre los principales co-productos de la industria del etanol tenemos DDGS y DDG, los cuales son granos secos de destilería con y sin solubles.

Para la realización del siguiente trabajo se ha planteado la hipótesis de si los co-productos de la industria del etanol, pueden ser un ingrediente de importancia en la alimentación animal, y para despejarla, se han planteado el siguiente objetivo: profundizar en el conocimiento de estos co-productos y su inclusión en la formulación de alimentos para especies productivas.

En la lectura del siguiente trabajo, se podrá encontrar una descripción de la importancia de la industria del etanol, descripción de los diferentes co-productos resultantes en la misma, y algunas experiencias en la formulación con éstos en alimentación animal.

2 Antecedentes

De acuerdo con lo expresado por Bouzas en el año 2011, La evidencia científica sobre el fenómeno del cambio climático se ha incrementado notablemente en los últimos años. Esto ha aumentado la urgencia por adoptar medidas de adaptación a sus consecuencias y de mitigación de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI). Si bien la comunidad internacional ha hecho progresos en ambas direcciones, éstos son embrionarios y están muy lejos de los necesarios para enfrentar adecuadamente ambos desafíos. La dimensión del problema, el próximo fin de la vigencia del Protocolo de Kyoto y las negociaciones actualmente en curso para su renovación o su reemplazo han puesto el tema en un lugar prioritario de la agenda mundial. (p.131).

Esto se reafirma, con lo expresado por Aguilar-Rivera, Rodríguez y Castillo (2010) quienes dicen que la dinámica del sistema internacional en la primera década del siglo XXI acrecienta la necesidad de reconsiderar a las fuentes alimenticias y energéticas con relación a los hidrocarburos y los biocombustibles como variables determinantes en la reconfiguración de la economía mundial. (p. 3).

La preocupación por la seguridad energética y, más recientemente, por el cambio climático, han resultado en numerosos esfuerzos alrededor del mundo para enfrentar tanto el suministro de energía como la defensa del ambiente. Esto, entre otras cosas, ha impulsado el actual "boom" de los agrocombustibles. En 2006 la producción mundial de etanol aumentó 22% y el comercio global de agrocombustibles crecería de USD 20,5 billones en 2006 a USD 80,9

billones en 2016 (Makower et al., 2007, citado por Sanhueza, 2009, p. 106).

Los dos agrocombustibles más utilizados son: etanol, actualmente producido a partir de cultivos que producen azúcar o almidón, y biodiesel, producido de aceites vegetales o grasas de animales. Por lejos, la producción de etanol ocupa el primer lugar, siendo principalmente producido en Brasil de la caña de azúcar (16500 millones de litros en 2005) y en Estados Unidos del maíz (16230 millones de litros en 2005; Hunt, 2007, citado por Sanhueza, 2009). La importancia vital del etanol es que puede, en ciertas condiciones, reemplazar a la gasolina en los motores de combustión interna de los vehículos actualmente en uso. La demanda de energía primaria se espera que crezca >50% para 2030, siendo la demanda de combustible líquido y electricidad las de mayor crecimiento. (Sanhueza, 2009, p. 106).

En un documento del año 2007, Tible, Cook, Balfagon y van Kempen afirmaron que: La demanda de biocombustibles continúa creciendo alimentada por las subvenciones gubernamentales y las iniciativas legislativas para proveer fuentes de energía renovables. En los Estados Unidos la producción de etanol ha recibido grandes subsidios en forma de créditos blandos, convirtiéndola en una producción atractiva. Los sustratos principales para la producción de etanol son la caña de azúcar y cereales como maíz, trigo o cebada. En EEUU la gran mayoría de etanol se produce a partir del maíz debido a su bajo coste y abundancia en comparación con otros sustratos fermentables, mientras que en Europa, trigo y cebada constituyen las fuentes más abundantes. (p. 222).

En este punto es importante resaltar que la producción de biocombustibles a partir del maíz, no es la mejor opción, pues además de estar compitiendo con la alimentación humana y animal, además de generar incremento desmesurado de los precios, no es tan biosustentable como se cree, con relación a lo anterior, Sanhueza en el año 2009, afirma: Los agrocombustibles líquidos son una fuente renovable de energía, con balances netos de energía positivos, siendo especialmente alto el de caña de azúcar. Sin embargo, la sustentabilidad de los biocombustibles producidos de cultivos alimenticios como maíz y caña de azúcar está cuestionada debido a los efectos/impactos ambientales (erosión, pérdida de biodiversidad, contaminación del aire y cuerpos de agua) y sociales (aumento del precio de los alimentos) producidos. Dependiendo de ciertas circunstancias y de los parámetros utilizados en la evaluación, los agroetanolos podrían estar contribuyendo en forma positiva al calentamiento global, efecto que se agudizaría al utilizar suelos vírgenes. (pp. 110-111).

El mercado emergente de los biocombustibles constituye una fuente de demanda nueva e importante para algunos productos agrícolas, como el azúcar, el maíz, la yuca, las semillas oleaginosas y el aceite de palma. El aumento de la demanda de estos productos ha sido uno de los principales motivos del aumento de sus precios en los mercados mundiales lo que, a su vez, ha generado el encarecimiento de los alimentos. Estos productos, que se han empleado principalmente como alimento y/o forraje, se están cultivando ahora como materia prima para la producción de biocombustibles. El notable

encarecimiento del crudo los convierte en sustitutos viables en algunos países destacados que disponen de la capacidad necesaria para usarlos (FAO, 2008, p. 7).

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. (García, n.d., p. 1).

3 Producción de etanol (Molienda húmeda y seca)

De acuerdo con Kalscheur y García (2008), en la actualidad existen dos tecnologías principales que se usan para producir etanol: 1) molienda húmeda y 2) molienda seca. Debido a su menor requerimiento en inversión inicial y menores gastos operacionales, además de los avances en la tecnología de la fermentación el

proceso de molienda seca, el método primario para la producción de etanol.

Para la obtención de etanol por molienda seca 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 citado por García, n.d., p. 1). “Los granos de destilería con solubles (DGS) son el co-producto alimenticio primario resultante de la molienda seca de las plantas de etanol y pueden producirse con soluble tanto secos (DDGS) como húmedos (WDGS)”. (Kalscheur y García 2008, p. 3).

Según lo reportado por Applegate, Latour, Ileleji, Hoffstetter y Rodrigues, en el año 2007: Los sólidos gruesos pueden suministrarse en forma seca o húmeda, con o sin la adición de los

solubles condensados de destilería para obtener los granos secos con (DDGS) o sin solubles (DDG). Los DDGS suponen entre un 27 y un 30% del peso original del grano de maíz, y contienen aproximadamente un 25-28% de proteína, un 11% de grasa y un 7-9% de fibra.

Por su parte, de acuerdo con Johnson y May 2003, citados por Kalscheur y García, 2008), explican el procesamiento del maíz para producir etanol mediante molienda húmeda de la siguiente manera: El proceso de molienda húmeda consiste en sumergir en agua el maíz para humedecerlo y ablandar el grano. A continuación sigue la molienda, y luego la separación de los componentes del grano por medio de procesos que incluyen lavado, cernido, filtrado y centrifugado. Históricamente los productos primarios finales obtenidos de la molienda húmeda del maíz son el almidón industrial de maíz, el cual es utilizado para edulcorantes, aceite de maíz y etanol (p. 1). “ Los productos finales adicionales de la molienda húmeda incluyen varios co-productos alimenticios, como ser el gluten feed (CGF), el gluten meal (CGM), la harina de germen (CGM), y el extracto de maíz condensado y fermentado (CFCE)” (Loy y Wright, 2003 citados por Kalscheur y García, 2008, p. 1). Además, según lo reportado por Applegate et al., en el año 2007, “El gluten de maíz feed (CGF), puede utilizarse como excelente pigmentante para avicultura, y como fuente de proteína bypass en rumiantes” (p. 7).

4 Principales co-productos del etanol utilizados en la alimentación animal

En un documento publicado en el año 2008, Stein, define los DDGS de la siguiente manera: “Los granos secos

de destilería con solubles (DDGS) son un subproducto de la industria del etanol que consisten en el grano de maíz entero sin el almidón, que se retira durante el proceso de fermentación que tiene lugar durante la obtención del etanol. En la mayoría de las fábricas de etanol sólo se elimina el almidón, por lo que los DDGS son el co_producto predominante de esta industria”. (p. 10).

Los residuos de la destilería de cereales, conocidos en la bibliografía internacional con la sigla DDG no son nuevos ya que tienen más de 100 años de uso en la alimentación del ganado, lo que es nuevo es que actualmente las plantas industriales que producen etanol a partir de maíz dejan estos residuos disponibles. Los granos de destilería actuales, comparativos a los del pasado contienen más proteínas y energía. Su concentración energética no es inferior a 3.0 Mcal EM/Kg, con niveles altos de proteína (28 a 36%). Pueden comercializarse con o sin solubles, los DDG con solubles (DDGS) poseen algo más de energía metabólica y son los más recomendables para reemplazar al maíz. Los niveles de reemplazo son similares a los del gluten de feed y con pautas semejantes de uso. (Gallardo, n.d., p. 155).

Los granos secos de destilería con solubles (DDGS) se obtienen mediante la combinación de WDG (granos húmedos de destilería) con CDS (solubles condensados de destilería) y luego secando la mezcla. Los co-productos del etanol han cambiado significativamente desde los 1980s (y antes), cuando los co-productos derivaban principalmente de la industria del whisky.

Desde mediados de los -1990s ha habido un crecimiento significativo en la industria de producción de etanol. A los DDGS producidos en estas plantas se los denomina a veces como DDGS de “nueva generación”. La composición nutritiva de estos DDGS comparada con valores de los DDGS del pasado es diferente. (Kalscheur y García, 2008, p. 4).

De acuerdo con Gibson y Karges, 2006, citados por Kalscheur y García, 2008, hasta hace algún tiempo, los co-productos del maíz procesados en la industria del etanol, provenían de la molienda seca tradicional o de la industria de la molienda húmeda. Sin embargo, como toda industria que tiende a modernizarse o a implementar tecnologías más eficientes, han aparecido nuevos co-productos de estas plantas de etanol. Por ejemplo, ahora, el maíz se muele en distintas fracciones antes de su fermentación de manera de canalizar los productos resultantes hacia distintos procesos. Gracias a este fraccionamiento, han resultado nuevos productos finales tales como los DDG de alta proteína (HP DDG), germen de maíz deshidratado, y afrecho de maíz.

Otro co-producto es el jarabe vuelto a agregar al afrecho, resultando en lo que se comercializa como torta de afrecho.

Principales aspectos a considerar cuando se formulan alimentos balanceados con DDGS Tible et al., (2007), afirman: Si bien los DDGS pueden servir como una fuente de nutrientes muy efectiva, debido a varios factores su inclusión potencial en la dieta es limitada. Entre estos factores destacan, 1) variación del contenido de nutrientes y su digestibilidad 2) variabilidad en el nivel de micotoxinas 3) altos niveles

de grasa insaturada 4) alto nivel de fibra. (p. 223). “Los DDGS tienen un valor regular de energía, similar al de la harina de soya, y al de la proteína, teniendo como limitantes los aminoácidos triptófano, arginina y lisina. (Parsons, Bakery Harter, 1983, citados por Penz y Gianfelici, n.d., p. 5). “Los DDGS de maíz son una excelente fuente de fósforo disponible para la especie porcina”. (Shurson, 2007, p. 23). La mayoría de los DDGS que se utilizan en la alimentación animal proceden de la industria del etanol, pero una cantidad importante de DDGS son producidos por la industria de la bebida. Se han realizado muy pocos trabajos para comparar la calidad y el valor en la alimentación animal de estos dos tipos de DDGS. Sin embargo, basándose en los datos disponibles, se puede concluir que la calidad de los DDGS no se puede predecir según su procedencia y, recientemente, se ha demostrado que la digestibilidad de los aminoácidos (AA) de los DDGS procedentes de la industria de la bebida o del etanol no es diferente (Pahm et al., no publicado, citado por Stein, 2010, p. 10). “La calidad de los DDGS depende de cómo se ha producido el producto y de la temperatura alcanzada durante el secado, no de la industria de procedencia”. (Stein, 2010, p. 10).

Según García y Hippen, 2010, La variabilidad de las características y la composición nutricional de estos productos es tan importante como el número de plantas que elaboran los mismos. Dentro de los co_productos del etanol el más común es el grano de destilería con solubles (DDGS); sin embargo, los DDGS procedentes de cualquier planta pueden diferir marcadamente en su composición nutricional y calidad comparada con el producto de otras plantas que llevan el mismo nombre. (p. 1)

Los DGS suministran una concentración significativa de minerales, que pueden ser un desafío para el manejo de los planes ambientales de nutrientes al suministrarlos por encima de los requerimientos del animal. La mayoría de los DGS tradicionales contienen entre 0.65 y 0.95% de fósforo, por lo tanto los requerimientos de los animales para este mineral son fácilmente cubiertos al incluir DGS en la dieta. El otro mineral que puede ser altamente variable es el azufre. Una concentración alta de azufre en el alimento y agua puede resultar en desórdenes del sistema nervioso central (conocidos como polioencefalomalacia), que pueden llevar a una performance pobre o la muerte. Por lo tanto la ingesta total de azufre (agua más alimento) debe ser monitoreada. (Kalscheur y García, 2008, p. 5). “El proceso fermentativo utilizado para la producción de DDGS no destruye las micotoxinas. Una consecuencia no deseada es que los animales consuman niveles elevados de estos componentes que se encuentran concentrados alrededor de tres veces con respecto a su contenido en el grano. (Wu y Munkvold, 2008 citados por Applegate, et al., 2008, p. 10).

Shurson, en el año 2007, con respecto a las características físicas de los DDGS y su relación con sus propiedades nutricionales, afirma: El color de los DDGS puede variar desde ligeramente dorado a marrón oscuro. Las diferencias se deben al color inicial del grano, la cantidad de solubles añadidos a él para hacer los DDGS y el tiempo y la temperatura de secado utilizados. Estos dos últimos parámetros también van a afectar a la digestibilidad de la proteína y los aminoácidos especialmente a la de la lisina. (p. 24)

Experiencias con la utilización de DDGS en formulación de dietas para animales. Un 35% de la producción total de DDGS de Estados Unidos se destina al consumo en húmedo y cerca del 10 -15% de la producción total se exporta, generalmente en forma de gránulos. Del total de DDGS generados más de un 80% va a alimentación de rumiantes, un 15% a alimentación de porcinos y sólo un 5% encuentra su hueco en aves. Sin embargo, cabe esperar dado el aumento de producción y limitación de seguir utilizando cantidades de DDGS en alimentación de rumiantes, que su uso en alimentación de aves aumente en un futuro cercano. (Mateos, Jiménez-Moreno, Safaa, Frikha y Lázaro, n.d., p. 5)

5 Experiencias en Rumiantes.

Los co-productos del etanol pueden ser alimentos económicos para las dietas de los rumiantes. Sin embargo, como su composición en nutrientes puede variar considerablemente es crítico analizarlos cuando se los use para formular dietas para el ganado. Se espera que a medida que en los años próximos se desarrollen nuevos procesos para la obtención de etanol, también se desarrollen nuevos co-productos. Estos coproductos es muy probable tengan una composición nutricional única y requieran del análisis de los nutrientes para determinar cómo encajan en las dietas para el ganado (Kalscheur y García, 2008, p. 6).

De acuerdo con García y Hippen (2010), los DDGS al ser comparados con otra fuente de proteína de vegetal como la harina de soya, resultan ser deficientes en lisina, sin embargo, son una buena fuente de proteína no degradable en rumen, lo cual los convierte en una fuente económica de proteína bypass. En cuanto a la

energía, los DDGS tienen un 10-15% más energía que el maíz, la energía de los DDGS proviene sobre todo de su mayor contenido en lípidos, por lo cual, al formular una dieta que contenga DDGS, se debe tener en cuenta de no exceder el 6% de grasa en total de la materia seca. Los DDGS son una excelente fuente de fibra, altamente digestible y energética, la cual no debe considerarse como fibra efectiva. En términos generales estos autores recomiendan con respecto a la inclusión de DDGS, no exceder el 20% del total de la dieta, es decir entre 4-6 kg por día.

6. Experiencia en Porcinos.

Basándose en las investigaciones, se puede concluir que los lechones lactantes, y en transición, y los cerdos en cebo y en finalización pueden alimentarse con raciones que contengan hasta un 20% de DDGS, siempre que éstos sean de buena calidad. Los alimentos destinados a las cerdas gestantes pueden contener un 40% de DDGS. Sin embargo, se han realizado experimentos en los que cantidades superiores de DDGS no han comprometido el rendimiento de los animales. En otros trabajos, el rendimiento se ha visto reducido incluso con cantidades modestas de DDGS. Es necesario entonces investigar estas diferentes respuestas a la inclusión de DDGS en la dieta del ganado porcino. Es importante tener en cuenta que el alto contenido en grasa de los DDGS y su perfil de ácidos grasos puede tener un impacto negativo sobre la calidad de la grasa en los porcinos. (Stein, 2008, pp. 12-13).

De acuerdo con lo reportado por Shurson en el año 2007, quien revisó varios estudios, dietas para cerdos en cebo-finalización con un contenido de 10% de DDGS, proporcionan la

misma ganancia media diaria de peso que alimentos típicos formulados con base en maíz y torta de soya, siempre y cuando se formulen teniendo en cuenta contenido de lisina total o lisina digestible. Este mismo autor observó que el consumo de alimento puede descender con niveles crecientes de DDGS en la dieta. Debido a la mayor proporción de ácidos grasos insaturados en los DDGS, especialmente ácido linoléico, el aspecto del tocino puede ser menos firme. Sin embargo, este autor no encontró cambios en las características gustativas de los cerdos alimentados con DDGS.

7 Experiencias en Avicultura.

Mateos et al., (n.d.) afirma “los valores máximos de utilización de DDGS encontrados en la literatura varían ampliamente encontrándonos con recomendaciones tan altas como 15% en piensos para broiler terminado, 20% en pollitas de recría y 25% en ponedoras comerciales. (p. 5).

Lumpkins y colaboradores en el año 2005, citados por Mann, (n.d.) mencionan que: Los DDGS probaron ser una alternativa aceptable como un ingrediente para la nutrición de ponedoras comerciales. Estos mismos autores sugieren una inclusión máxima de 10% a 12% de DDGS basado en los datos de los experimentos realizados en dietas de alta densidad, y una menor inclusión en dietas de menor densidad.

Por su parte, Wang et al., en el año 2007 citados por Mann, (n.d.) evaluaron el uso de niveles altos de DDGS en dietas de pollo de engorde con el fin de conocer los efectos de los cambios rápidos y múltiples de este ingrediente durante el periodo de engorde. Las dietas contenían hasta un máximo de 30% de DDGS, las

cuales fueron formuladas con base en aminoácidos digeribles. Estos autores encontraron que los pollos que consumieron las dietas con 15% de DDGS no fueron diferentes en las características de canal que el control. Las aves alimentadas con un 30% de DDGS tuvieron un menor peso corporal y consumo alimenticio. En las investigaciones encontraron también una reducción en el tamaño de la pechuga del pollo procesado. Estos autores recomiendan una inclusión de 15% de DDGS en la dieta de pollo de engorde para obtener óptimos resultados.

8 Conclusiones.

Los co-productos del etanol, al ser fuentes de proteína y energía de fácil disponibilidad reducen en general el costo de las dietas para los animales de importancia zootécnica como ganadería de leche, porcicultura y avicultura.

Los co-productos del etanol, DDGS, son ingredientes de mucha variabilidad nutricional, por lo cual, para que los resultados en formulación sean óptimos, deben analizarse para conocer exactamente su composición nutricional.

Los nutricionistas deben estar actualizados en esta industria, pues con el desarrollo de nuevas tecnologías para la extracción de bioetanol, surgen nuevos co-productos para su utilización en alimentación animal.

Referencias

1. Aguilar-Rivera, N., Rodríguez, D.A y Castillo, A. (2010 Noviembre). Azúcar, coproductos y sub-productos en la diversificación de la agroindustria de la caña de azúcar. Revista Virtualpro procesos industriales, 106, 1-28. Extraído el 24 de Noviembre de 2011, de la World Wide Web: http://www.revistavirtualpro.com/files/ti02_201011.pdf.
2. Applegate, T.J., Latour, M., Ileleji, K.E., Hoffstetter, U. y Rodriguez, I. (2007 Octubre). Nuevas perspectivas en el uso de co_productos de la industria del bioetanol en la fabricación de piensos. FEDNA XXIV curso de especialización. Extraído el 24 de Noviembre de 2011, del sitio Web de FEDNA: <http://www1.etsia.upm.es/fedna/publi.htm>, y http://www1.etsia.upm.es/fedna/capitulos/08CAP_I.pdf
3. Bouzas, R. (2011). Mitigación del cambio climático e impactos sobre el comercio: desafíos para América Latina. Revista Pensamiento latinoamericano. 8, 129-150. Extraído el 24 de Noviembre de 2011, de la World Wide Web: <http://www.pensamientoiberoamericano.org/xnumeros/8/pdf/pensamientoIberoamericano-167.pdf>
4. Gallardo, M. (n.d). Concentrados y subproductos para la alimentación de rumiantes. Comunicación presentada en el XXI curso de lechería para profesionales de América Latina. Argentina, Abril-Mayo de 2008. Extraído el 24 de Noviembre de 2011, de la World Wide Web: www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/wpsa1237980995a.pdf
5. FAO. (2008, Abril). Aumento de los precios de los alimentos: hechos, perspectivas, impacto y acciones requeridas Conferencia de alto

- nivel sobre la seguridad. Comunicación presentada durante la Conferencia de alto nivel sobre la seguridad alimentaria mundial: los desafíos del cambio climático y la bioenergía. Roma, 3-5 de Junio de 2008. Extraído el 24 de Noviembre de 2011, de la World Wide Web: www.fao.org/fileadmin/user_upload/.../HLC08-inf-1-S.pdf
6. García, A. (n.d.). Presente y futuro de los co-productos de la obtención de etanol en la alimentación. Comunicación presentada en las XXXV Jornadas Uruguayas de Buiatría, 7 al 9 de junio de 2007. Extraído el 24 de Noviembre de 2011, de la World Wide Web: www.riosa.com/uploads/imagenes/.../Riosa.pdf
 7. García, A. y Hippen, A. (2008). La variabilidad de los granos de destilería en la producción lechera. Extraído el 24 de Noviembre de 2011, del sitio web de [ganaderia.com.mx](http://www.ganaderia.com.mx): <http://www.ganaderia.com.mx> y luego http://www.ganaderia.com.mx/uploads/temp/Articulo_La_variabilidad_de_los_granos_de_destileria_para_la_produccion_lechera%2834%29.pdf
 8. Kalscheur, K. y García, A. (2008). Co_productos del etanol para las dietas del ganado. Extraído el 24 de Noviembre de 2011, de la World Wide Web: http://pubstorage.sdstate.edu/A_gBio_Publications/articles/FS947s.pdf
 9. Mann, H.G. (n.d.). Impacto Nutricional y Económico del uso de Granos Secos de Destilería con solubles (DDGS) en Aves. Extraído el 24 de Noviembre de 2011, de la World Wide Web: http://amena.mx/wp-content/uploads/2010/11/03_H_Mann.pdf
 10. Mateos, G.G., Jiménez-Moreno, E., Safaa, H.M., Frikha, M. y Lázaro, R. (n.d.). El empleo de materias primas en alimentación avícola. Extraído el 24 de Noviembre de 2011, de la World Wide Web: <http://files.hosamsafaa.webnode.com/.../Article%20WPS-AECA%202008>
 11. Penz, A.M. y Gianfelici, M. (n.d.). Desafío del uso de ingredientes en la nutrición de aves. Extraído el 24 de Noviembre de 2011, de la World Wide Web: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/477/47715438001.pdf>
 12. Sanhueza, E. (2009). Agroetanol ¿Un combustible ambientalmente amigable? *Interciencia*, 34(2). 106-112. Extraído el 24 de Noviembre de 2011, de la World Wide Web: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S037818442009000200007&lng=es&nrm=iso
 13. Shurson, G. (2007 Octubre). Beneficios y limitaciones de alimentar al porcino con DDGS de maíz. *SUIS*, 14, 22-31. Extraído el 26 de Noviembre de 2011 de la World Wide Web: <http://www.ddgs.umn.edu/internationaltranslations/Spanish%28Shurson%20Oct%202007%29%20suis41.pdf>
 14. Stein, H.H. (2008 Noviembre). La alimentación del ganado porcino con DDGS. *Albéitar*, 120, 10-14.

Extraído el 24 de Noviembre de 2011, de la World Wide Web:
<http://albeitar.grupoasis.com/bibliografias/120.pdf>

15. Tible, S.J., Cook, D.R., Balfagon, A. y Kempen D. (2007 Octubre). Novedades en alimentación de lechones. FEDNA XXIII Curso de especialización. Extraído el 24 de Noviembre de 2011, del sitio Web de FEDNA:
<http://www1.etsia.upm.es/fedna/publi.htm>,
y luego:http://www1.etsia.upm.es/fedna/capitulos/07CAP_X.pdf