

Capítulo 22

Uso de los DDGS reducidos en aceite en dietas porcinas

Introducción

Tradicionalmente, los DDGS de maíz contienen de 10 a 11% de grasa cruda y tienen un contenido de energía metabolizable (EM) similar a la del maíz para cerdos (Stein y Shurson, 2009). Sin embargo, en los últimos 2 años, un creciente número de plantas de etanol han invertido en tecnología de centrifugación para extraer parte del aceite del destilado ligero antes de eliminar el agua, para hacer más solubles condensados de destilería, que se mezclan con la fracción de granos gruesos y se secan para hacer los DDGS. En la actualidad, aproximadamente 50% de la industria del etanol de EUA elimina una porción del aceite del destilado ligero antes de producir DDGS. Los expertos de la industria predicen que hacia finales del año 2012 el 80% de la industria del etanol va a extraer el aceite.

La rápida adopción de la tecnología de extracción de aceite está impulsada por mayores ganancias económicas. Por ejemplo, una planta de etanol de 100 millones de galones puede invertir US\$3 millones en capital (por ejemplo, edificios, dos centrifugas, tubería) y gastos operativos (electricidad) para extraer 9.07 millones de kg de aceite al año. El precio actual del mercado del aceite crudo de maíz es de US\$0.88/kg lo que resulta en US\$8 millones en ganancias netas al año. Por lo tanto, se puede recuperar la inversión de capital inicial para implementar esta tecnología en menos de 5 meses de operación. Aproximadamente el 90% de este aceite crudo se comercializa a la industria del biodiesel, mientras que el 10% restante se vende para uso en alimentos avícolas.

Por lo tanto, la implementación de la tecnología de extracción de aceite ha llevado a una gama más amplia de contenido de grasa cruda en los DDGS (de 5 a 12%) que en los años anteriores. Ya que el aceite contiene 2.25 veces más energía que los carbohidratos (por ejemplo, almidón), la eliminación del aceite de maíz reduce el contenido de EM en los DDGS. Esta reducción en el contenido de energía va a afectar el valor económico y las tasas de utilización de los DDGS en todos los alimentos para animales en diversos grados. La cuestión es ¿cuánto? Sabiendo esto, los usuarios finales de DDGS exigen descuentos en el precio en los DDGS reducidos en aceite (RO-DDGS) debido a las reducciones esperadas en el valor energético. Esto reduce el precio de mercado de los DDGS y las ganancias de las plantas de etanol de las ventas de esta materia prima, pero esta reducción se compensa más que por el incremento en las ganancias de la venta del aceite de maíz crudo. Los nutriólogos necesitan saber el grado de reducción del contenido de energía debido a la eliminación parcial del aceite de maíz, para poder hacer los ajustes adecuados en las formulaciones de la dieta, (por ejemplo, tasas de inclusión en la dieta, adición de otras fuentes de energía) para poder cubrir los niveles de energía deseados.

Cálculos de ED y EM, y variabilidad entre fuentes "típicas" de DDGS

Los granos de destilería secos con solubles son principalmente una fuente de energía, pero también suministran cantidades importantes de aminoácidos digestibles y fósforo disponible a las dietas porcinas. Se han llevado a cabo estudios recientes para determinar el contenido de ED y EM de varias fuentes de DDGS y para desarrollar ecuaciones de predicción mediante las mediciones del análisis químico para calcular el contenido real de energía (Stein et al., 2006; Pedersen et al. 2007; Anderson et al. 2011; Stein et al., 2009; Mendoza et al., 2010). En el **cuadro 1** se muestran el promedio e intervalos de EB, ED y EM de las fuentes de DDGS evaluadas en estos estudios, las cuales se comparan con los valores energéticos del maíz.

Como se muestra en el **cuadro 1**, la EB promedio de las muestras de DDGS fue relativamente constante en los cinco estudios (de 5,311 a 5,593 kcal/kg de MS), pero fue más variable el intervalo general en la EB (de 5,177 a 5,691 kcal/kg de MS). El promedio de los cálculos de ED entre los cinco estudios fue de 3,950 kcal de ED/kg de MS, pero estuvo en un intervalo de 3,382 a 4,593 kcal/kg de MS. La EM promedio de las muestras de DDGS de 4 de los 5 estudios que notificaron valores de EM fue de 3,784 kcal de EM/kg de MS, pero al igual que los valores de ED, estuvieron en el intervalo de 3,381 a 4,336 kcal de EM/kg de MS. Este intervalo de 955 kcal/kg de MS entre las fuentes de DDGS es problemático cuando se intenta manejar valores energéticos en la dieta con altos niveles de inclusión de DDGS. Para propósitos de comparación, la EM del maíz promedió 3,928 kcal/kg de MS (el intervalo fue de 3,805 a 4,103 kcal/kg de MS) entre los 4 estudios que notificaron estos valores (**cuadro 1**) y fue más alto que el valor publicado (3,843 kcal/kg de MS) en el NRC (1998). Por lo tanto, el valor promedio de EM de los DDGS es aproximadamente 96% del valor del maíz, pero puede ir del 88.9 al 105.7% del valor del maíz.

Cuadro 1. Comparación de los estimados de EB, ED y EM entre las fuentes de DDGS y maíz, y niveles de PC, FND y grasa cruda de los 5 estudios.

	Stein et al. (2006)	Pedersen et al. (2007)	Anderson et al. (2011)	Stein et al. (2009)	Mendoza et al. (2010)
No. de muestras	10	10	6	4	17
Prom. EB, kcal/kg	5,426	5,434	5,420	5,593	5,311
Intervalo de EB, kcal/kg	5,372-5,500	5,272-5,592	5,314-5,550	5,483-5,691	5,177-5,421
Prom. ED, kcal/kg	3,556	4,140	4,072	4,029	3,954
Intervalo de ED, kcal/kg	3,382-3,811	3,947-4,593	3,705-4,332	3,920-4,252	3,663-4,107
Prom. EM, kcal/kg	ND	3,897	3,750	3,790	3,700
Intervalo de EM, kcal/kg	ND	3,674-4,336	3,414-4,141	3,575-3,976	3,381-3,876
EM/ED, %	ND	94.1	92.1	94.1	93.6
Prom. PC, %	30.9	32.2	31.3	31.8	30.3
Intervalo de PC, %	28.2-32.7	29.8-36.1	29.5-34.1	30.5-33.1	27.3-33.3
Prom. FND, (%)	45.2	27.6	40.4	40.1	34.6

Intervalo de FND, %	41.8-49.1	23.1-29.7	33.4-49.1	35.1-45.2	25.3-43.1
Prom. Grasa cruda, %	ND	11.7	11.4	13.2	11.7
Intervalo de grasa cruda, %	ND	9.6-14.3	10.2-12.1	10.9-14.1	8.7-14.6
ED del maíz, kcal/kg	3,845	4,088	3,885	4,181	3,893
EM del maíz, kcal/kg	ND	3,989	3,805	4,103	3,813

Los niveles de proteína cruda de las fuentes de DDGS usados en estos estudios fueron relativamente constantes, pero fue altamente variable el intervalo de grasa cruda y contenido de FND (dos factores contribuyentes principales del contenido de ED y EM) entre muestras dentro y entre estudios (**cuadro 1**). Aunque la variación en los cálculos de ED y EM entre fuentes de DDGS se pueden atribuir en su mayoría a las diferencias de la composición de nutrientes entre fuentes, es también probable que las diferentes metodologías utilizadas para realizar los estudios de metabolismo, los diferentes procedimientos de laboratorio utilizados para medir los nutrientes y la variación de laboratorio a laboratorio entre los estudios hayan contribuido de forma importante a esta variabilidad. Por ejemplo, el promedio y el intervalo de los valores de FND en el estudio de Pedersen et al. (2007) fueron mucho menores que los notificados en los otros cuatro estudios. No queda claro si la composición de la FND fue más bien baja en estas muestras evaluadas por Pedersen et al. (2007) o si se utilizó un método analítico diferente comparado con los procedimientos de FND usados en otros estudios. Urriola et al. (2010) informaron que la digestibilidad aparente total del tubo digestivo (DATT) de la FND entre 8 fuentes de DDGS de maíz promedió 59.3%, pero estuvo entre el 51.6 y el 65.8%, y la DATT de la fibra dietética total estuvo del 39.4 al 56.4%. Estos resultados indican que existe una variabilidad considerable en la digestibilidad de la fibra entre fuentes de DDGS, lo cual probablemente sea un factor contribuyente importante a la variabilidad del contenido de ED y EM entre las fuentes de DDGS. Datos recientes no publicados de Pomerence et al. (2011) muestran que los valores de digestibilidad fecal de los ácidos grasos son mayores que los valores de digestibilidad ileal de éstos, los valores de digestibilidades de MUFA y SFA son mayores cuando los cerdos en crecimiento se alimentan con DDGS en comparación con una dieta de maíz y harina de soya, pero la digestibilidad de PUFA es menor (66.5% contra 77.3% en una dieta de 30% de DDGS en comparación con una dieta de maíz y harina de soya). Debido a que el aceite de maíz en los DDGS es predominantemente PUFA y debido a que el contenido de grasa cruda de éstos puede variar sustancialmente, estos factores también contribuyen a las diferencias en la variabilidad de EM entre las fuentes de los DDGS.

Varios investigadores han mostrado que la digestibilidad aparente de la grasa está significativamente reducida cuando aumenta la fibra dietética (Dierick et al., 1989; Noblet y Shi, 1993; Shi y Noblet, 1993). Just (1982a,b) mostró que la digestibilidad aparente de la grasa disminuye de 1.3 a 1.5 unidades porcentuales por cada unidad porcentual adicional de fibra cruda en la dieta y que la influencia depresora de la fibra cruda depende hasta cierto grado de la fuente de la materia prima. Noblet y Shi (1993) demostraron que la digestibilidad aparente de la grasa disminuye linealmente con el aumento del contenido de la FND de la dieta, y que al mismo tiempo, la digestibilidad de la grasa aumentó con el aumento del nivel de la grasa

dietética. Estos estudios de investigación indican que hay muchos factores que contribuyen a nuestra capacidad de obtener cálculos precisos de la EM en varias fuentes de DDGS. Debido a la necesidad de obtener cálculos de EM específicos de la fuente entre las diferentes fuentes de DDGS, necesitamos desarrollar, validar e implementar "herramientas nutricionales" rápidas, precisas y baratas para poder calcular los valores de energía real entre las fuentes de DDGS.

Resultados de investigación de los DDGS reducidos en aceite

Se han publicado 3 estudios recientes que estiman el efecto de la reducción del aceite sobre el contenido de EM de cerdos en crecimiento (Dahlen et al., 2011, Jacela et al., 2011, Anderson et al., 2011). En los estudios de Jacela et al. (2011) y Anderson et al. (2011), se eliminó el aceite mediante extracción con hexano, mientras que Dahlen et al. (2011) compararon el contenido de ED y EM de los DDG (sin solubles) con DDGS, que era ligeramente mayor en contenido de aceite (10.02% con base en MS) y que produjo la misma planta de etanol. Es importante darse cuenta que los procesos utilizados para producir los DDGS reducidos en grasa en estos estudios son diferentes a los de las tecnologías de centrifugación actualmente utilizadas en las plantas de etanol para extraer el aceite. Por lo tanto, estos datos no aplican para predecir el contenido de EM de los DDGS reducidos en grasa, pero se han utilizado erróneamente por algunos profesionales de la industria para obtener cálculos iniciales. En el **cuadro 2** se muestra el contenido de nutrientes de las fuentes reducidas en grasa evaluados en estos estudios.

Los resultados de estos estudios son problemáticos para estimar el impacto de la extracción de aceite sobre el contenido de EM, debido a la amplia disparidad en los cálculos de ED y EM basados en el contenido de grasa cruda. Por ejemplo, los DDGS sin aceite evaluados en el estudio de Anderson et al. (2011) tenían el contenido de grasa cruda más bajo (3.15%) y el de FND más alto (50.96%), pero tenían el contenido más alto de ED (3,868 kcal/kg de EM) de las 3 fuentes. Al igual que las fuentes de DDGS sin aceite evaluadas por Anderson et al. (2011), la fuente evaluada por Jacela et al. (2011) también se obtuvo de la planta de etanol VeraSun mediante la misma tecnología de producción. Sin embargo, presentó grasa cruda ligeramente más alta (4.56%), FND mucho más baja (35.58%) y presentó el contenido de ED más bajo (3,100 kcal/kg), a pesar de tener un contenido de EB similar a la muestra evaluada en el estudio de Anderson et al. (2011). Esta gran discrepancia indica diferencias significativas en las metodologías de ED, métodos analíticos y errores de laboratorio entre los 2 estudios. Además, los cálculos de EM y EN de los DDGS sin aceite en el estudio de Jacela et al. (2011) se calcularon mediante ecuaciones desarrolladas para alimentos completos, las cuales no fueron específicamente desarrolladas para utilizarse en coproductos de destilería de maíz, lo que hace estos cálculos altamente cuestionables. También son problemáticos los cálculos del impacto de una reducción de un 1% en la grasa cruda sobre el contenido de EM del estudio de Dahlen et al. (2011). Primero, en este contexto no es válida la comparación del contenido de EM de los DDGS con los DDG de la misma fuente, porque el nutriente en el componente de los solubles condensados está ausente en los DDG, lo que resulta en un contenido menor de cenizas y uno más alto de fibra; esto le brinda un sesgo al cálculo de la EM de una reducción de 1 unidad porcentual en la grasa cruda.

En el estudio de Anderson et al. (2011), la grasa cruda de entre 6 fuentes de DDGS estuvo de 10.16 al 12.10%, mientras que el contenido de EM estuvo de 3,414 a 4,141 kcal/kg. En el cálculo del impacto de la reducción de 1 unidad porcentual en la grasa cruda con DDGS sin aceite como punto de referencia, los valores individuales fueron de 59, 1, 41, -28, 25 y 1 kcal/kg de MS. La amplia disparidad de estimaciones de EM e incluso el valor negativo obtenido, indican que resulta en cálculos erróneos relacionar el contenido de EM solamente al contenido de grasa cruda.

Kil et al. (2010) realizaron un estudio para determinar el efecto del aceite de maíz extraído contra el intacto y la FND de la dieta sobre las pérdidas endógenas de grasa y la digestibilidad ileal y total del tubo digestivo de la grasa en cerdos en crecimiento. Mostraron que el aceite de maíz extraído tiene una digestibilidad aparente y verdadera mayor que el aceite de maíz intacto en el íleon terminal y en todo el tubo intestinal, pero la FND purificada tuvo poco efecto sobre la digestibilidad aparente y verdadera del aceite de maíz. También mostraron que la digestibilidad ileal y total del tubo digestivo del aceite de maíz aumentaba de manera curvilínea conforme se incrementaba la concentración de grasa de la dieta, sin importar la forma de la grasa. Las pérdidas de grasa endógena contribuyen más a la salida total de grasa y por lo tanto tienen un mayor efecto sobre la digestibilidad aparente de la grasa en cantidades menores de grasa de la dieta que en las mayores. Estos resultados proporcionan un conocimiento adicional de por qué simplemente no se debe suponer que una reducción lineal en el contenido de grasa cruda en los DDGS va a resultar en una reducción lineal del contenido de EM.

Cuadro 2. Comparación de la composición de nutrientes y valores de energía de los DDGS reducidos en aceite (RO-DDGS) y DDG (con base en MS).

Nutriente	DDG – Dahlen et al., 2011	DDGS sin aceite – Jacela et al. 2011 ¹	DDGS sin aceite – Anderson et al., 2011
MS,	90.33	87.69	87.36
EB, kcal/kg de MS	5,536	5,098	5,076
ED, kcal/kg de MS	3,232	3,100	3,868
ED/EB	58.38	60.80	76.20
EM, kcal/kg de MS	2,959	2,858 ²	3,650
EM/EB	53.45	56.06	71.91
EM/ED	91.55	92.19	94.36
EM kcal/1% de reducción de grasa	5.0	ND	17.0 ⁴
EN, kcal/kg de MS	ND	2,045 ³	ND
PC	34.98	35.58	34.74
Grasa cruda	8.80	4.56	3.15
FND	ND	39.46	50.96
FAD	20.37	18.36	15.82
Cenizas	2.57	5.29	5.16
Arg	ND	1.50 (82.7)	1.44
Cys	0.60	ND	0.61
His	ND	0.93 (74.6)	0.89
Ile	ND	1.38 (74.5)	1.25
Leu	ND	4.15 (83.8)	4.12
Lys	1.04	0.99 (50.4)	1.00
Met	0.65	0.67 (80.4)	0.64
Phe	ND	1.92 (80.8)	1.51
Thr	1.22	1.26 (68.9)	1.26
Trp	0.20	0.22 (78.0)	0.18
Val	ND	1.75 (73.8)	1.76
Ca	0.03	0.06	0.07
P	0.61	0.87	0.84

¹ Los valores entre paréntesis son digestibilidades ileales estandarizadas de aminoácidos² El valor de EM se calculó como $EM = 1 \times ED - 0.68 \times PC$ ($R^2 = 0.99$; Noblet y Pérez, 1993).³ El valor de EN se calculó como $EN = (0.87 \times EM) - 442$ ($R^2 = 0.99$; Noblet et al., 1994).⁴ Reducción promedio comparada con el promedio de contenido de grasa y EM de 6 fuentes de DDGS. Los valores individuales fueron 59, 1, 41, -28, 25 y 1 kcal de EM/1% de reducción en grasa cruda entre las 6 fuentes de DDGS

con un contenido de grasa cruda que iba del 10.16 al 12.10% y un contenido de EM que iba de 3,414 a 4,141 kcal/kg.

Impacto de la ED y la EM de los DDGS reducidos en aceite

Con la finalidad de determinar directamente el impacto de los RO-DDGS en el contenido de EM para cerdos, la Universidad de Minnesota y el ARS del USDA realizaron un estudio (sin publicar) para determinar la relación entre el contenido de grasa cruda y el de EM, así como para desarrollar ecuaciones de predicción para calcular con precisión estos efectos. Se alimentaron un total de 11 muestras de DDGS de diferentes fuentes con intervalos de grasa cruda de 8.6 a 13.2% a cerdos en finalización para determinar el contenido real de ED y EM. Las muestras también se analizaron en cuanto a la energía bruta y a la composición de nutrientes (**cuadro 3**) para determinar los cambios y correlaciones en el contenido de nutrientes al extraer el aceite de los DDGS.

Cuadro 3. Energía y composición de nutrientes de 11 fuentes de DDGS (con base en MS)

Fuente de DDGS	EB, kcal/kg	EM/EB	EM, kcal/kg	Grasa cruda, %	FND, (%)	Proteína cruda, %	Almidón, %	Cenizas, %
8	5,167	69.57	3,603	13.2	34.0	30.6	1.3	5.3
11	5,130	69.26	3,553	11.8	38.9	32.1	1.1	4.9
9	4,963	71.83	3,550	9.7	28.8	29.8	2.8	5.0
6	4,963	70.68	3,513	9.6	33.0	30.1	3.4	4.9
7	4,938	69.36	3,423	10.1	38.2	30.3	2.2	5.0
2	5,075	67.01	3,400	11.1	36.5	29.7	3.9	4.3
4	4,897	68.69	3,362	8.6	35.7	32.9	0.8	5.1
3	5,066	66.04	3,360	10.8	38.6	29.7	1.6	4.6
10	4,948	67.46	3,327	10.0	35.9	32.7	1.0	5.3
1	5,077	65.06	3,302	11.2	44.0	27.7	1.8	4.4
5	5,043	64.70	3,277	11.1	39.7	31.6	0.9	5.0

Al comparar el contenido de EM y grasa cruda de las fuentes 11 y 9 de DDGS, hubo una diferencia de 2.1 unidades porcentuales en el contenido de grasa cruda, que sólo redujo la EM en 3 kcal/kg de MS. Sin embargo, al comparar las fuentes 8 y 5 de DDGS, también hubo una diferencia de 2.1 unidades porcentuales en el contenido de grasa cruda, pero el contenido de EM fue 326 kcal/kg de MS más bajo en la fuente 5 en comparación con la 8. Esto indica que la relación del contenido de EM a la concentración de grasa cruda sola no proporciona un cálculo preciso del contenido de EM entre las fuentes de DDGS reducidas en aceite. Teóricamente, al eliminar el aceite de los DDGS, todos los demás nutrientes deben aumentar en concentración y disminuir el contenido de EM. Sin embargo, no es tan sencillo como calorías perdidas por cada

porcentaje de aceite extraído de los DDGS. Como se muestra en la **figura 1**, hay una correlación muy alta entre la energía bruta (EB) y el contenido de grasa cruda, lo que indica que las ecuaciones de predicción de EM precisas van a requerir que se utilice la EB, ya que son bajas las correlaciones con la fibra neutrodetergente (FND), fibra total dietética (FTD), proteína cruda (PC) y cenizas. Conforme disminuye el contenido de grasa cruda, aumentan ligeramente la proteína cruda y las cenizas, pero también disminuyen la FTD y la FND. Es sorprendente y poco claro por qué la FTD y la FND disminuyen cuando se elimina la grasa cruda de los DDGS. Sin embargo, otros estudios en la literatura científica han mostrado la misma relación entre FND, FAD y el contenido de fibra cruda de los DDGS; los valores de FND y FAD son altamente variables entre las fuentes de DDGS (**figura 2**). Por lo tanto, es incorrecta la teoría de que la FND aumenta conforme se extrae la grasa, y debido a la alta variabilidad del contenido de FND entre las muestras de DDGS reducidas en aceite, debe tomarse en cuenta cuando se calcula el contenido de EM.

Figura 1. Efecto de la extracción de aceite (EE) de los DDGS sobre el contenido de EB (energía bruta), FND (fibra neutrodetergente), FTD (fibra total de la dieta), PC (proteína cruda) y de cenizas.

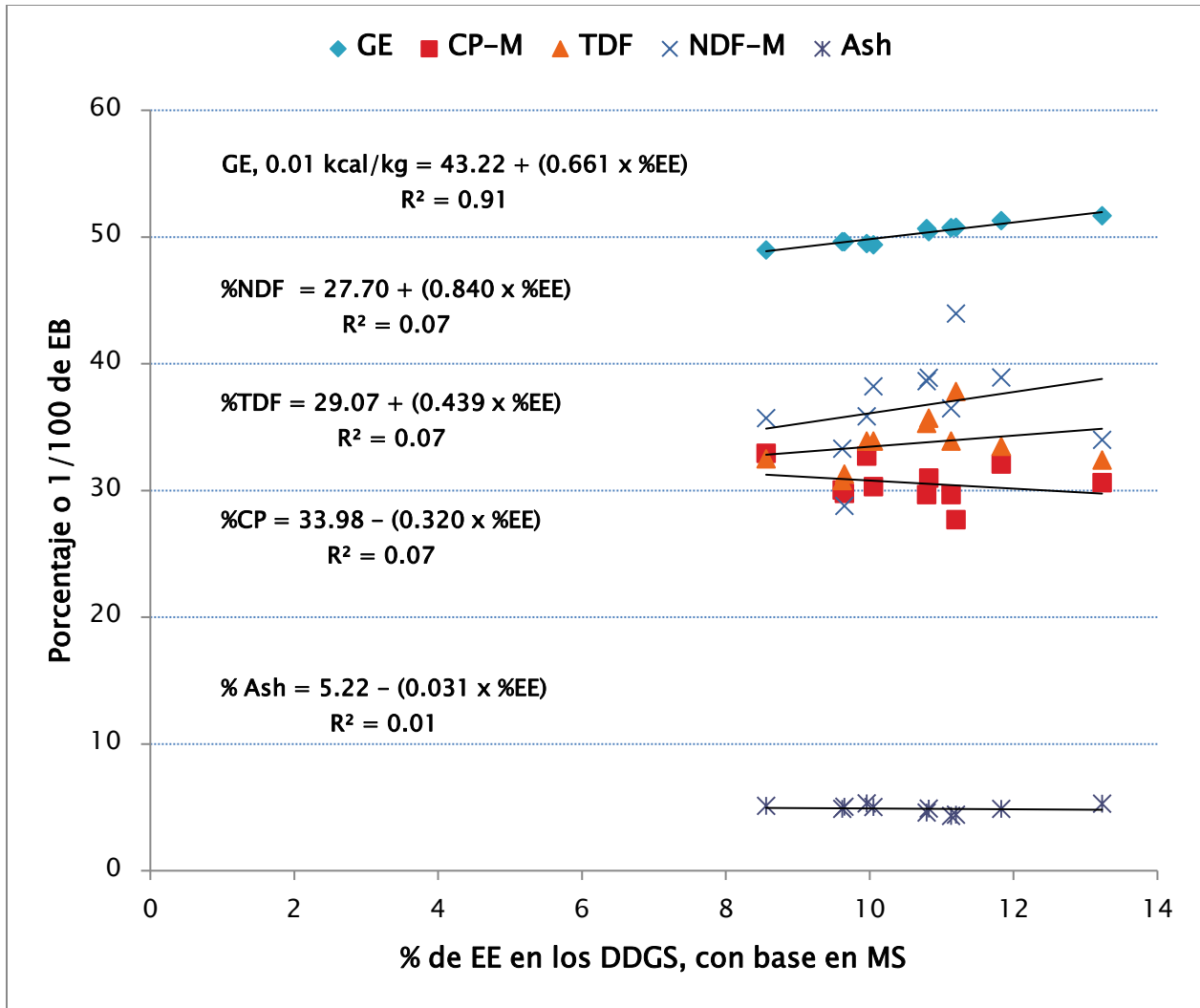
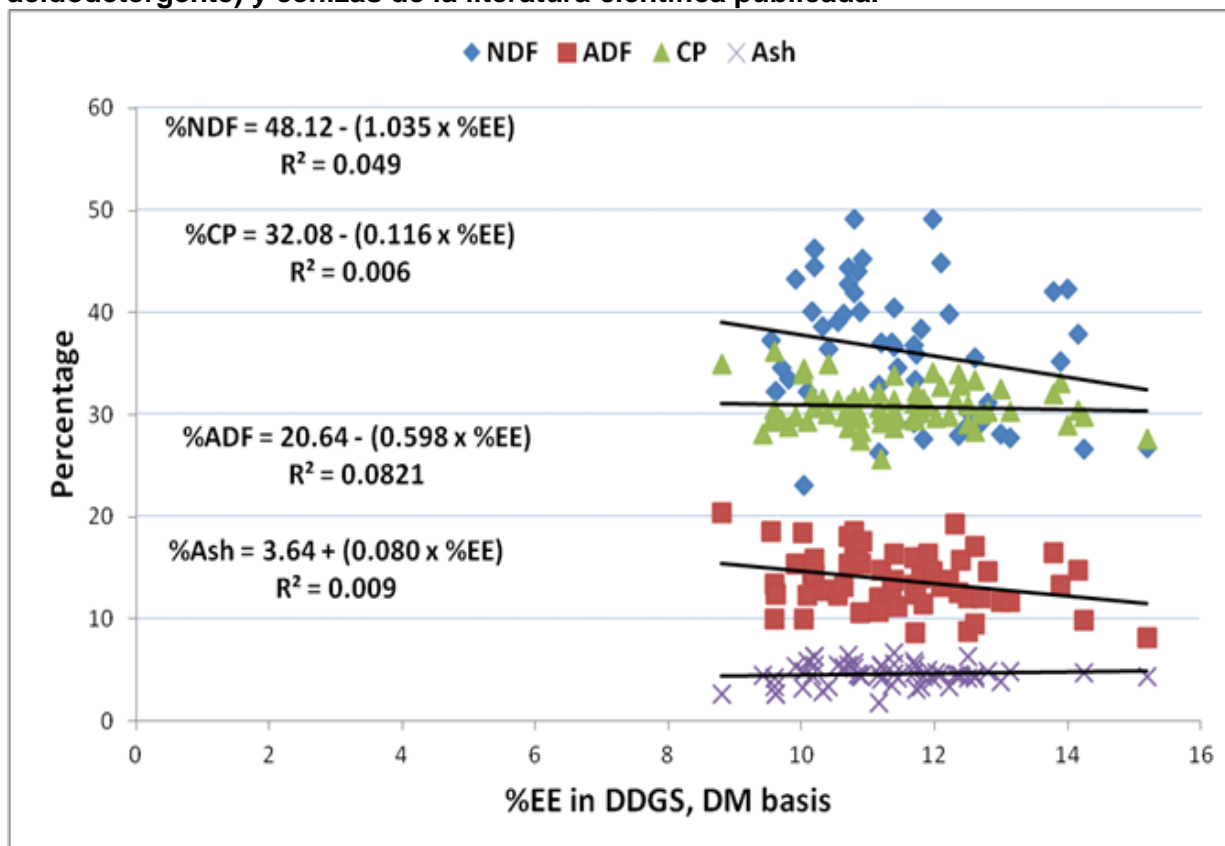


Figura 2. Efecto del contenido de aceite de maíz (extracto etéreo = EE) de los DDGS sobre el contenido de FND (fibra neutrodetergente), PC (proteína cruda), FAD (fibra ácidodetergente) y cenizas de la literatura científica publicada.



Como se muestra en la **figura 3**, NO hay impacto significativo del aceite reducido sobre el contenido de ED y EM de los DDGS ($R^2 = 0.05$ a 0.11). Dicho de otra forma, si forzamos la predicción del contenido de EM de una reducción del 1% en aceite, esta predicción es muy baja ($R^2 = 0.11$), pero el promedio del contenido de EM podría reducirse en 30 kcal/kg de MS (**figura 3**). Por lo tanto, para lograr un cálculo preciso de EM de los RF-DDGS, debemos usar ecuaciones de predicción más precisas. La ecuación más predictiva derivada de usar el análisis de regresión múltiple fue:

$$\text{EM kcal/kg de MS} = 1,352 + (0.757 \times \text{EB kcal/kg}) - (51.4 \times \% \text{FTD}) \quad \text{SE} = 50 \quad R^2 = 0.84$$

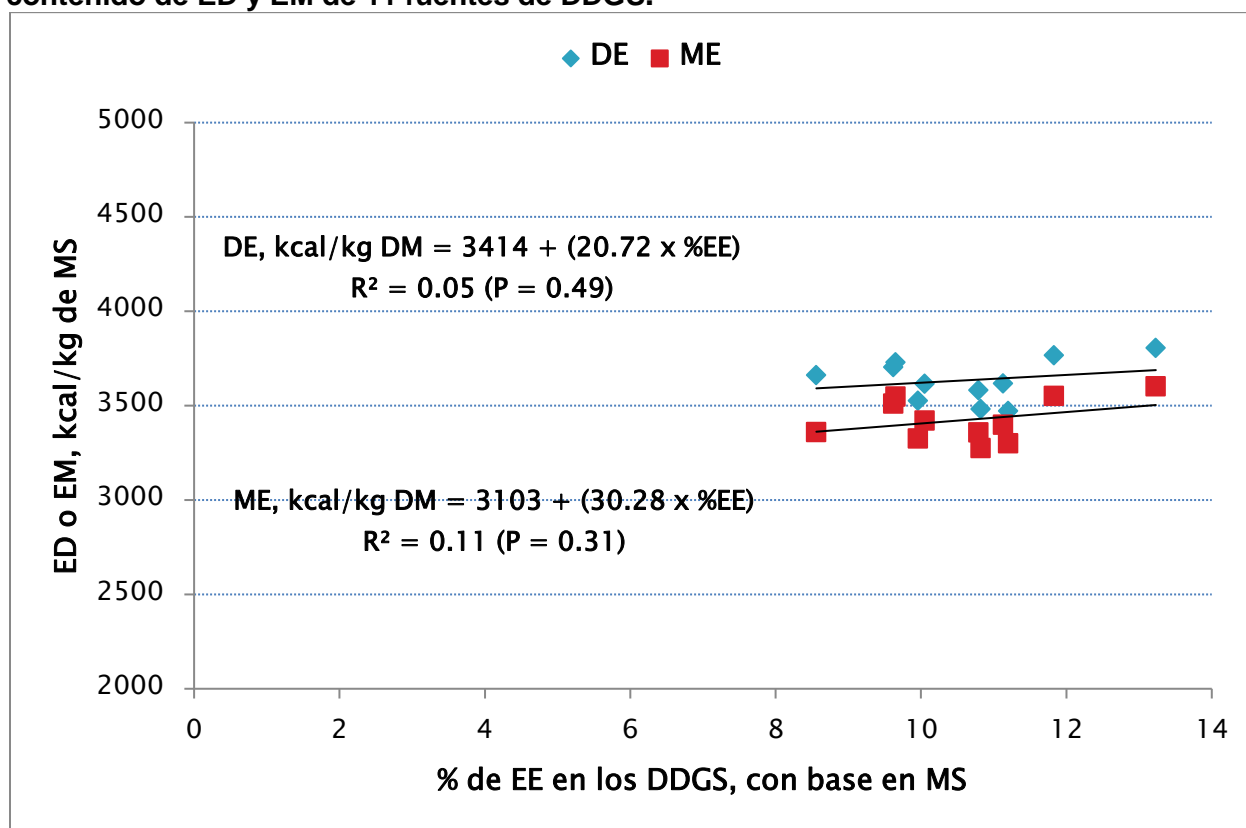
Sin embargo, es difícil obtener los cálculos de EB y FTD de la mayoría de los laboratorios comerciales para usar en esta ecuación. Como resultado, se pueden usar las siguientes ecuaciones para calcular el contenido de EM de los RF-DDGS para cerdos con un grado de precisión razonable:

$$\text{EM kcal/kg de MS} = 4,440 - (68.3 \times \% \text{FAD}) \quad \text{SE} = 58 \quad R^2 = 0.76$$

$$\text{EM kcal/kg de MS} = 3,711 - (21.9 \times \% \text{ FND}) + (48.7 \times \% \text{ Grasa cruda}) \quad \text{SE} = 75$$

$$R^2 = 0.65$$

Figura 3. Relación entre el contenido de grasa cruda de los DDGS y la predicción del contenido de ED y EM de 11 fuentes de DDGS.



¿Cuáles son las implicaciones de los DDGS reducidos en aceite para los cerdos y otros sectores del mercado animal?

- Es bajo el impacto de los RO-DDGS sobre el contenido de EM para cerdos.
- No debe usarse el contenido de grasa cruda de los DDGS para calcular el contenido de EM para cerdos.
- Las ecuaciones de predicción más precisas para calcular EM en los RO-DDGS requieren la determinación de la energía bruta y la fibra total dietética (FTD). Estas mediciones son difíciles de obtener de laboratorios comerciales, pues es caro el costo de las determinaciones de FTD.
- De manera alternativa, se pueden usar las siguientes dos ecuaciones con menos precisión, pero aún así pueden predecir el contenido de EM de los RF-DDGS de manera razonable con determinaciones analíticas más comunes del contenido de nutrientes:

- **EM kcal/kg de MS = 4,440 – (68.3 x % FAD)**
- **EM kcal/kg de MS = 3,711 – (21.9 x % FND) + (48.7 x % Grasa cruda)**

- Es probable que los cerdos sean capaces de utilizar una porción importante de la fibra para energía de los RO-DDGS. Sin embargo, las aves tienen menos capacidad de obtener energía de la fibra debido a una fermentación limitada del intestino bajo, y como resultado, se esperaría que se vean más impactadas por los RO-DDGS que los cerdos.

- Debido a las grandes cantidades de DDGS que contienen cantidades variables de grasa cruda, no es recomendable la comercialización o compra de DDGS con base en "Pro-fat", debido a los cambios desproporcionados en el contenido de grasa y proteína cruda que resultan de la extracción de aceite y su impacto relativo sobre el valor nutritivo en cerdos. El usuario final debe especificar y negociar el precio con base en un mínimo de proteína cruda y de grasa cruda.

- La eliminación del aceite de los DDGS reduce su valor energético. Debido a que los DDGS se utilizan principalmente como fuente de energía en dietas porcinas, el descuento calculado en el precio debe basarse en la reducción calculada del contenido de EM de los DDGS a considerarse, en relación al contenido de EM de unos DDGS "típicos", de grasa normal (de 10 a 11% con base en cómo se alimenta).

- Es probable que fundamentado en el número de plantas de etanol que implementan la tecnología de extracción de aceite y el grado de extracción de éste de los DDGS dentro de una fuente, que vayan a cambiar las tasas de consumo relativo entre los segmentos avícola y ganadero. Es de esperarse que se vayan a usar más RO-DDGS en la industria lechera debido a que pueden usarse tasas de inclusión más altas sin tanto riesgo de la disminución de la grasa láctea. El ganado de engorda va a continuar usándolos a tasas de inclusión relativamente altas con ajustes de precios con base en reducciones estimadas del valor energético. Los cerdos también van a continuar usándolo con menores descuentos de precio por la energía y quizás usen mayores cantidades, en función del contenido de aceite, con el objetivo de minimizar los efectos negativos en la calidad de la grasa del cerdo. De todas las especies animales, las aves probablemente son las que más se van a ver impactadas por los DDGS reducidos en aceite, y en función del grado de reducción del valor energético, van a disminuir de forma importante las tasas de inclusión en la dieta.

Bibliografía

- Anderson, P.V., B. J. Kerr, T. E. Weber, C. Z. Ziemer, and G. C. Shurson. 2011. Determination and prediction of energy from chemical analysis of corn co-products fed to finishing pigs. *J. Anim. Sci.* (jas.2010-3605).
- Dahlen, R.B.A, L. J. Johnston, S. K. Baidoo, G. C. Shurson, and J. E. Anderson. 2011. Assessment of energy content of low-solubles corn distillers dried grains and effects on growth performance, carcass characteristics, and pork fat quality in growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 89:3140-3152.

- Dierick, N. A, I. J. Vervaeke, D. I. Demeyer and J. A. Decuyper. 1989. Approach to the energetic importance of fiber digestion in pigs. I. Importance of fermentation in the overall energy supply. *Anim. Feed Sci. Tech.* 23:141-167.
- Jacela, J.Y., J.M. DeRouche, S.S. Dritz, M.D. Tokach, R.D. Goodband, J.L. Nelssen, R.C. Sulabo, R.C. Thaler, L. Brandts, D.E. Little, and K.L. Prusa. 2011. Amino acid digestibility and energy content of deoiled (solvent-extracted) corn distillers dried grains with soluble for swine and effects on growth performance and carcass characteristics. *J. Anim. Sci.* 89:1817-1829.
- Just, A. 1982a. The influence of crude fiber from cereals on the net energy value of diets for growth in pigs. *Livest. Prod. Sci.* 9:569-580.
- Just, A. 1982b. The influence of ground barley straw on the net energy value of diets for growth in pigs. *Livest. Prod. Sci.* 9:717-729.
- Kil, D.Y., T.E. Sauber, D.B. Jones, and H.H. Stein. 2010. Effect of the form of dietary fat and the concentration of dietary neutral detergent fiber on ileal and total tract endogenous losses and apparent and true digestibility of fat by growing pigs. *J. Anim. Sci.* 88:2959-2967.
- Mendoza, O.F., M. Ellis, A.M. Gaines, M. Kocher, T. Sauber, and D. Jones. 2010. Development of equations to predict the metabolizable energy content of distillers dried grains with soluble (DDGS) samples from a wide variety of sources. *J. Anim. Sci.* 88 (E-Suppl. 3):54.
- Noblet J., and X.S. Shi. 1993. Comparative digestive utilization of energy and nutrients in growing pig fed ad lib and adult sows fed at maintenance. *Livest. Prod. Sci.* 34:137-152.
- Noblet, J., H. Fortune, X.S. Shi, and S. Dubois. 1994. Prediction of net energy value of feeds for growing pigs. *J. Anim. Sci.* 72:344-354.
- Noblet, J., and J.M. Perez. 1993. Prediction of digestible nutrients and energy values of pig diets from chemical analysis. *J. Anim. Sci.* 71:3389-3398.
- NCR 1998. Nutrient Requirements of Swine (9th Ed.). National Academy Press, Washington DC.
- Pedersen, C., M.G. Boersma, and H.H. Stein. 2007. Digestibility of energy and phosphorus in ten samples of distillers dried grains with soluble fed to growing pigs. *J. Anim. Sci.* 85:1168-1176.
- Pomeroy, J.M. 2011. Effects of dietary tallow and DDGS effects on growth performance, pork fat quality, and fatty acid digestibility in growing-finishing pigs. M.S. Thesis. University of Minnesota.
- Shi, X. S. and J. Noblet. 1993. Digestible and metabolizable energy values of ten feed ingredients in growing pigs fed ad libitum and sows fed at maintenance level: Comparative contribution of the hindgut. *Anim. Feed Sci. Tech.* 42:223-236.
- Stein, H. H., and G. C. Shurson. 2009. BOARD-INVITED REVIEW: The use and application of distillers dried grains with solubles in swine diets. *J Anim Sci* 87: 1292-1303.
- Stein, H.H., M.L. Gibson, C. Pedersen, and M.G. Boersma. 2006. Amino acid and energy digestibility in ten samples of distillers dried grain with soluble fed to growing pigs. *J. Anim. Sci.* 84:853-860.
- Stein, H.H., S.P. Connot, and C. Pedersen. 2009. Energy and nutrient digestibility in four sources of distillers dried grains with soluble produced from corn grown within a narrow geographical area and fed to growing pigs. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 22:1016-1025.
- Urriola, P.E., G.C. Shurson, and H.H. Stein. 2010. Digestibility of dietary fiber in distillers coproducts fed to growing pigs. *J. Anim. Sci.* 88:2373-2381.