

Capítulo 21

Uso de los DDGS en las dietas porcinas

Introducción

Los granos secos de destilería de maíz con solubles (DDGS) se han convertido en la alternativa de ingredientes de alimentos balanceados de más popularidad, económica y ampliamente utilizada en las dietas porcinas de EUA en todas las fases de producción. Los DDGS de maíz se utilizan principalmente como fuente de energía en las dietas porcinas, porque contienen aproximadamente la misma cantidad de energía digestible (ED) y energía metabolizable (EM) que el maíz, aunque el contenido de EM puede ser ligeramente menor cuando se utilizan DDGS reducidos en aceite (véase **capítulo 22**). Por lo tanto, sustituye parcialmente los ingredientes altos en energía tales como el maíz en las dietas porcinas, pero también puede sustituir en parte algunos ingredientes altos en proteína, tales como la harina de soya y el fósforo inorgánico. Stein y Shurson (2009) publicaron una revisión que resume toda la información científica publicada que hay en la literatura (hasta 2009) sobre la alimentación de DDGS a cerdos. Hay un vínculo de toda la revisión en el **Capítulo 35** de este manual. El propósito de este capítulo es describir brevemente los puntos sobresalientes de esta revisión integral de literatura y proporcionar una actualización de los resultados de investigación publicados de varios estudios desde 2009.

Valor nutritivo de los DDGS en cerdos

En el **Capítulo 4** se describe con detalle la composición y digestibilidad o disponibilidad de nutrientes de los DDGS que se usan en la formulación de dietas porcinas. "**Composición y digestibilidad de nutrientes de los DDGS: Variabilidad y medición *in vitro***". El contenido alto en energía (de 3,674 a 4,336 kcal EM/kg de MS), proteína moderada (de 27 a 33%, con base en MS) y lisina (de 0.60 a 1.1% de MS), junto con la concentración relativamente alta de fósforo (de 0.57 a 0.85%, en base a MS) y digestibilidad (de 50 a 68%) son los componentes nutricionales clave que hacen que sea un ingrediente alternativo atractivo en las dietas porcinas. No obstante, al igual que cualquier otro ingrediente, los DDGS presentan algunas limitaciones que necesitan manejarse para lograr los mayores beneficios económicos y de desempeño cuando se añaden a las dietas porcinas de crecimiento y finalización. Junto con estos beneficios de ser un ingrediente alto en energía y en fósforo digestible, también parece que brinda beneficios a la salud intestinal cuando se alimenta a cerdos en crecimiento. Entre las limitantes de usar los DDGS en tasas altas de inclusión en la dieta (>20%) se encuentran la reducción de la firmeza de la grasa del cerdo, un mayor volumen de estiércol y de excreción de nitrógeno y fósforo, así como la necesidad de suplementar la dieta con aminoácidos cristalinos. Sin embargo, estas limitantes se pueden superar fácilmente al entender y usar los métodos adecuados de formulación de dietas.

Uso de los DDGS en dietas de iniciación

Stein y Shurson (2009) realizaron y resumieron diez experimentos en los que evaluaron dietas que contenían hasta el 30% de DDGS en lechones al destete (**cuadro 1**). En todos los experimentos realizados, no hubo cambios en la GDP en comparación con las dietas control sin DDGS, 80% de los experimentos resultaron sin cambios en el CADP y los resultados de 50% de los experimentos mostraron una mejora en la eficiencia de la ganancia, sin efectos sobre la mortalidad porcina. Estos resultados indican que se pueden usar los DDGS de forma eficaz en las dietas de destete de lechones en niveles de hasta el 30%, 14 a 21 días después del destete (edad del destete a los 21 días), sin efectos adversos sobre el desempeño del crecimiento o la mortalidad.

Cuadro 1. Resumen de respuestas de incluir hasta 30% de DDGS de maíz o sorgo en dietas de lechones al destete¹.

Variable	N	Respuesta a los DDGS de maíz		
		Aumentado	Reducido	Sin cambio
GDP	10	0	0	10
CADP	10	0	2	8
G:A	10	5	0	5
Mortalidad	2	0	0	2

¹Datos calculados de los experimentos de Whitney y Shurson (2004), Gaines et al. (2006), Linneen et al. (2006), Spencer et al. (2007), Barbosa et al. (2008) y Burkey et al. (2008).

Fuente: Stein y Shurson (2009).

Dos estudios más recientes confirman estas conclusiones. Zhu et al. (2010) realizaron 4 experimentos para evaluar los efectos de incluir 30% de DDGS en dietas de la parte final de la lactancia sobre el desempeño del crecimiento de los cerdos y comparar los efectos de dietas peletizadas y en harina con 30% de DDGS sobre el desempeño del crecimiento y la digestibilidad de nutrientes. Sus resultados mostraron que se puede usar 30% de DDGS en las dietas de la última parte de la lactancia en cerdos de 10 a 23 kg sin afectar el desempeño del crecimiento. La peletización de las dietas con DDGS mejora el desempeño del crecimiento y la eficiencia alimenticia de los cerdos al aumentar la digestibilidad de la energía y de la mayoría de los nutrientes. De la misma forma, Tran et al. (2011) demostraron que se pueden incluir los DDGS en dietas en cerdos lactantes al 15% durante todo el periodo de lactancia, o hasta el 30% durante la última fase del periodo de lactancia, sin poner en riesgo el desempeño del crecimiento. Parece que la incorporación de lactosa en la dieta puede ayudar a mantener el desempeño del crecimiento en los cerdos al destete alimentados con dietas que contiene DDGS y que la alimentación de lactosa en combinación con DDGS puede afectar el *Lactobacillus* spp. fecal en cerdos lactantes.

Uso de los DDGS en las dietas de crecimiento-finalización

Los resultados del desempeño del crecimiento de 25 experimentos en los que se añadieron DDGS de maíz hasta el 30% de la dieta de crecimiento y finalización se resumen en el **cuadro 2** (Stein y Shurson, 2009). La mayoría de estos estudios no mostraron cambios en las GDP (72% de los experimentos), CADP (65% de los experimentos) y relación G:A (64% de los

experimentos), mientras que los otros mostraban ya sea aumentos o disminuciones en el desempeño. Con base en la información proporcionada de los informes de estos 25 experimentos, es difícil explicar por qué el desempeño de los cerdos se mantuvo en la mayoría, pero no en todos los experimentos en los que se incluyó DDGS en las dietas. Es factible que cuando se reduce el desempeño, los DDGS utilizados en los experimentos pudieran haber sido de calidad más mala (baja digestibilidad de nutrientes) de lo esperado. Otra posible explicación es que la reducción del desempeño en algunos experimentos se pudiera haber debido al exceso de nitrógeno de la proteína cruda en los niveles de inclusión altos. En la mayoría de los experimentos en los que se redujo la GDP también se observó una reducción del CADP. Esta reducción en el CADP se pudo haber debido al uso de DDGS de calidad más baja, porque los resultados de otros estudios han mostrado que si a los cerdos se les da a elegir dietas, prefieren consumir las que tienen DDGS (Hastad et al., 2005; Seabolt et al., 2010). Otros investigadores han especulado que el menor consumo que se ha observado en algunos experimentos se puede deber al excesivo contenido de azufre de la fuente de DDGS que se utiliza. Sin embargo, Kim et al. (2011) realizaron 4 experimentos en los que mostraron que la concentración de S en la dieta no afecta negativamente la preferencia o consumo de alimento, o el desempeño del crecimiento de cerdos al destete o en crecimiento y finalización que se alimentan con dietas a base de maíz, harina de soya y DDGS. Además, Hilbrands et al. (2012) mostraron que la inclusión periódica y la eliminación de 40% de DDGS de las dietas no afectó adversamente el desempeño del crecimiento ni tiene importantes efectos sobre la calidad de la canal, independientemente de la digestibilidad de los aminoácidos SID de los DDGS que se utilizan. Estos resultados indican que es posible incorporar y eliminar abruptamente los DDGS de las dietas porcinas de crecimiento y finalización sin efectos nocivos importantes sobre el desempeño del crecimiento o la calidad de la canal.

Cuadro 2. Efectos de incluir DDGS de maíz en dietas alimentadas a cerdos en crecimiento y finalización sobre el desempeño del crecimiento y las características de la canal^{1, 2}.

Variable	N	Respuesta a los DDGS de maíz		
		Aumentado	Reducido	Sin cambio
GDP	25	1	6	18
CADP	23	2	6	15
G:A	25	4	5	16
Porcentaje de rendimiento de la canal	18	0	8	10
Grasa dorsal, mm	15	0	1	14
% de magrez de la canal	14	0	1	13
Profundidad del lomo, cm	14	0	2	12
Grosor del abdomen, cm	4	0	2	2
Firmeza abdominal	3	0	3	0
Índice de yodo	8	7	0	1

¹ Datos basados en experimentos publicados después de 2000 y en el que se incluyó un máximo de 30% de DDGS en las dietas.

² Datos resumidos de los experimentos de Gralapp et al. (2002), Fu et al. (2004), Cook et al. (2005), DeDecker et al. (2005), Whitney et al. (2006a,b), McEwen (2006, 2008), Gaines et al. (2007a,b); Gowans et al.(2007), Hinson et al. (2007), Jenkin et al. (2007), White et al. (2007), Widyaratne y Zijlstra (2007), Xu et al. (2007; 2010,a,b),

Augspurger et al. (2008), Drescher et al. (2008), Duttlinger et al. (2008), Hill et al. (2008a), Linneen et al. (2008), Stender y Honeyman (2008), Weimer et al. (2008) y Widmer et al. (2008).

En el resumen de Stein y Shurson (2009), 10 de los 18 experimentos que midieron el porcentaje de rendimiento de la canal en cerdos alimentados con dietas de DDGS, no mostraron diferencias comparados con las canales de cerdos alimentados con dietas de maíz y harina de soya sin DDGS (Fu et al., 2004; McEwen, 2006; 2008; Xu et al., 2007; Augspurger et al., 2008; Drescher et al., 2008; Duttlinger et al., 2008; Hill et al., 2008a; Stender y Honeyman, 2008; Widmer et al., 2008). Sin embargo, la alimentación de dietas que contienen DDGS resultó en una reducción del porcentaje de rendimiento de la canal en 8 experimentos (Cook et al., 2005; Whitney et al., 2006a; Gaines et al., 2007a y b; Hinson et al., 2007; Xu et al., 2010a; Linneen et al., 2008; Weimer et al., 2008). En estudios previos se ha mostrado que la adición de ingredientes altos en fibra a las dietas de cerdos en crecimiento y finalización puede reducir el porcentaje de rendimiento debido al aumento en el llenado del intestino y de la masa intestinal (Kass et al., 1980). Esto puede explicar la reducción del porcentaje de rendimiento de canal observada en cerdos alimentados con dietas de DDGS en algunos experimentos, pero se desconoce por qué no se ha observado este efecto en otros experimentos. Recientemente, Agyekum et al. (2012) mostraron que los cerdos alimentados con una dieta que contenía 30% de DDGS redujeron el porcentaje de rendimiento de la canal y aumentaron la masa de órganos en comparación con los cerdos que se alimentaron con una dieta a base de maíz y harina de soya, pero la adición de un complejo multienzimático a la dieta de DDGS no afectó estas variables en comparación con aquellos alimentados con la dieta de maíz de harina de soya.

Tanto el grosor de la grasa dorsal, como la profundidad del lomo y el % de la canal magra generalmente no se afectan con la adición de hasta 30% de DDGS a la dieta (**cuadro 2**). Dos estudios informaron una reducción en el grosor de la grasa dorsal (Weimer et al., 2008; Xu et al., 2010a) y otros dos informaron la reducción en la profundidad del lomo (Whitney et al., 2006a; Gaines et al., 2007b) cuando se utilizaron dietas con DDGS. La reducción en la profundidad del lomo observado en estos dos estudios probablemente se debió a una GDP más baja y a pesos al mercado más ligeros de los cerdos alimentados con DDGS. Solamente un estudio (Gaines et al., 2007b) informó reducción del porcentaje de la canal magra.

La adición de DDGS a las dietas porcinas de crecimiento y finalización puede afectar negativamente la calidad de la grasa del vientre y de la carne de cerdo, especialmente en niveles de inclusión altos (> 20%). Los granos secos de destilería con solubles contienen aproximadamente 10% de aceite de maíz, el cual está compuesto de casi 60% de ácido linoleico (ácido graso insaturado de cadena larga). La alimentación de dietas con cantidades altas de ácidos grasos insaturados, particularmente el ácido linoleico, pueden reducir la firmeza de la grasa y aumentar la cantidad de ácidos grasos insaturados en la grasa de cerdo. Los resultados de algunos estudios en los que los DDGS se alimentaron a cerdos en crecimiento y finalización mostraron que el grosor del abdomen se redujo linealmente cuando se aumentaban los niveles de los DDGS de maíz a la dieta (Whitney et al., 2006a; Weimer et al., 2008). Sin embargo, los cerdos alimentados con dietas que contienen DDGS en estos dos estudios también tuvieron una menor GDP y como



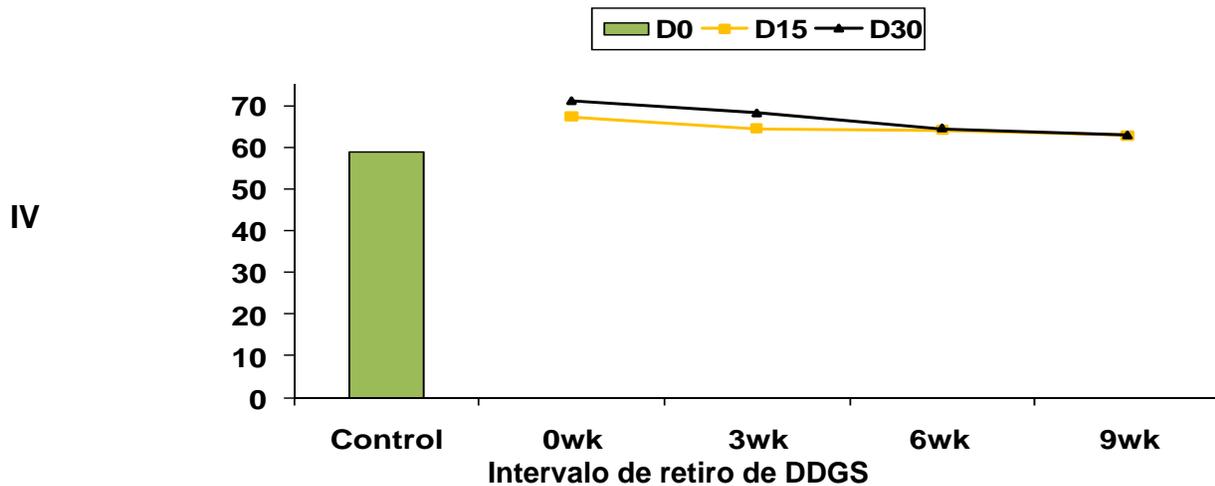
resultado, se comercializaron con un menor peso que los cerdos control, lo que pudo haber resultado en una reducción del grosor abdominal. En estudios en los que no se han observado diferencias en el grosor abdominal (Widmer et al., 2008 y Xu et al., 2010b), no se observaron diferencias en el peso corporal final de los cerdos. Todos los estudios (3) informaron mediciones de la firmeza abdominal (Whitney et al., 2006a; Xu et al., 2010a; Widmer et al., 2008), lo que mostró que la firmeza se redujo en cerdos alimentados con dietas que contenían DDGS. en comparación con los alimentados con dietas sin DDGS. Esta observación está apoyada por los resultados de 8 estudios que muestran que se incrementa el valor de yodo (la relación de ácidos grasos insaturados a saturados) de la grasa abdominal en cerdos alimentados con DDGS (Whitney et al., 2006a; White et al., 2007; Xu et al., 2010a; 2008a; Hill et al., 2008a; Linneen et al., 2008; Stender y Honeyman, 2008). Cromwell et al. (2011) alimentaron dietas con 30 o 45% de DDGS y no informaron efectos importantes sobre el desempeño del crecimiento, pero resultaron en abdómenes más suaves en estos cerdos. El análisis de regresión indicó que los valores de yodo aumentaron 4.3 por cada 10 unidades porcentuales de inclusión de DDGS en la dieta.

El valor de yodo de la grasa de la canal puede ser un indicador razonable de la calidad de la grasa, porque los valores altos resultan en abdómenes suaves. Debido a que la firmeza de la grasa del cerdo se reduce constantemente cuando se alimentan con DDGS a cerdos en crecimiento y finalización, los investigadores han estado evaluando estrategias nutricionales alternativas para reducir efectos negativos de esta materia prima sobre los valores de yodo. White et al. (2007) mostraron que la adición de 1% de ácido linoleico conjugado a dietas que contienen 20 o 40% de DDGS de maíz durante 10 días antes del sacrificio, redujeron los valores de yodo de la grasa y la relación n6:n3. Pompeu et al. (2009) confirmaron los efectos positivos de añadir ácido linoleico conjugado a las dietas de finalización de cerdos con 30% de DDGS en el mejoramiento del perfil de ácidos grasos y la calidad de la grasa del cerdo. De esta manera, la adición de ácido linoleico conjugado a las dietas con DDGS durante la última etapa de finalización es eficaz para reducir los valores de yodo en la grasa de la canal, pero en muchos países no está comercialmente aprobado este aditivo. Un método más práctico para cumplir con las normas de calidad de la grasa del cerdo es eliminar los DDGS de la dieta durante las 3 a 4 semanas finales antes del sacrificio (Hill et al., 2008a; Xu et al., 2010b; **figura 1**).

Otros investigadores han evaluado la calidad de la grasa de cerdo cuando se adicionan fuentes a grasa animal suplementaria a las dietas con niveles altos de DDGS. Stevens et al. (2009) mostraron que la alimentación de una dieta de maíz y harina de soya con o sin 5% de grasa blanca de primera, durante un programa de 26 días de retiro de DDGS compensó parcialmente algunos de los efectos adversos causados por el ácido linoleico de las dietas con DDGS. Sin embargo, indicaron que lo que se necesita es un periodo de retiro de DDGS más largo para recuperar por completo la calidad de la grasa del cerdo. La adición de una fuente de grasa animal seca (4% de la dieta), alta (70%) en ácidos grasos saturados, no compensó el aumento del valor de yodo resultante de la adición del 30% de DDGS a la dieta (Freitas et al., 2009), que muy probablemente se debía a la baja digestibilidad de la grasa utilizada en el estudio. Benz et al. (2010) alimentaron dietas que contenían varios niveles de DDGS (de 0 a 20%) y 6% de grasa blanca de primera, con lo que mostraron que las cerdas primerizas tuvieron una mayor cantidad de C18:2n-6, PUFA y relación PUFA:SFA y menor concentración de C14:0 en la grasa

dorsal y del abdomen, pero no en la grasa de los cachetes, en comparación con los cerdos castrados. Las primerizas también tuvieron un mayor IV de la grasa abdominal que los cerdos castrados, pero no hubo diferencias en la grasa dorsal ni de los cachetes entre ambos. La alimentación de cantidades crecientes de DDGS aumentan linealmente el valor de yodo de la grasa dorsal, la de los cachetes y la abdominal, pero la grasa de los cachetes tuvo menos respuesta a los mayores niveles de la dieta de DDGS que la grasa dorsal o abdominal. Los cerdos alimentados con 20% DDGS y 6% de grasa blanca de primera excedieron el IV máximo de los cachetes de 73 g/100 g establecidos como norma por algunas plantas de procesamiento de carne de cerdo de EUA. Pomeranke et al. (2011) también mostraron que la adición de 5% de sebo de res (fuente de grasa animal saturada) no fue eficaz en mejorar la firmeza de la grasa de cerdo cuando se alimentaron con dietas con 30% de DDGS. Véase el **Capítulo 23** para obtener un análisis más detallado del impacto de la alimentación de DDGS sobre la calidad de la grasa del cerdo, así como soluciones de alimentación para manejar este desafío.

Figura 1. Efectos de nivel de DDGS de la dieta (0, 15 y 30%) y del intervalo de retiro (0, 3, 6 y 9 semanas previo al sacrificio) sobre el valor de yodo (IV) de la grasa abdominal¹.



Nota: D15-9 sem. y D30-9 sem. = control, otros > control

¹ Xu et al. (2010b)

Uso de los DDGS en las dietas de gestación y lactancia

Hay varios estudios que han mostrado que la alimentación de cerdas con dietas que contienen hasta 50% de DDGS en la gestación y hasta 30% en la lactancia no tuvieron efectos negativos sobre el desempeño reproductivo y la composición de la leche (Wilson et al., 2003; Hill et al., 2008b; Song et al., 2010; Greiner et al., 2008). Wilson et al. (2003) observaron un aumento en el tamaño de la camada de cerdas alimentadas con 50% DDGS durante la gestación y 30% de DDGS durante la lactancia en el ciclo reproductivo anterior. Sin embargo, no se ha confirmado esta respuesta en estudios posteriores.

DDGS y manejo de las heces

Hay pocos datos sobre los efectos de la alimentación de dietas de DDGS en cerdos sobre las emisiones de gas y olores, al igual que de la composición del estiércol. Spiehs et al. (2000) fueron los primeros en informar que no hubo efectos en el estiércol obtenido de cerdos en crecimiento - finalización alimentados con dietas que contenían 20% de DDGS en un periodo de 10 semanas sobre el sulfuro de hidrógeno (H_2S), amoníaco (NH_3) o niveles de detección de olores, en comparación con el de cerdos alimentados con dietas de maíz y harina de soya. En este estudio, las dietas con DDGS tendían a incrementar la excreción de N, pero no la retención de P entre los diferentes tratamientos de la dieta. Gralapp et al. (2002) alimentaron dietas que contenían 0, 10 o 20% de DDGS a cerdos en finalización, pero no encontraron diferencias en sólidos totales, sólidos volátiles de demanda de oxígeno químico o la concentración de N o P total del estiércol entre los niveles de DDGS de la dieta. Sin embargo, la concentración de olor tendió a incrementarse con el aumento de los niveles de DDGS. McDonnell et al. (2011) confirmaron que el incremento al nivel de los DDGS en las dietas de cerdos de crecimiento - finalización aumenta la excreción de nitrógeno total en el estiércol, pero no observaron incremento en las emisiones de amoníaco. En contraste con los hallazgos de Spiehs et al. (2000), Li et al. (2011a) demostraron que la alimentación de dietas con 20% de DDGS a cerdos en crecimiento aumentó las emisiones de sulfuro de hidrógeno, metano, amoníaco e hidrocarburos totales que no sean metano, aunque las fuentes orgánicas de minerales traza son una estrategia de mitigación prometedora para aliviar el efecto adverso de los DDGS sobre las emisiones de sulfuro de hidrógeno.

En estudios que involucraron la composición del estiércol de cerdas, Hill et al. (2008b) mostraron que la adición de DDGS a las dietas de cerdas lactantes redujo la concentración de P en las heces, en comparación con la alimentación de una dieta de maíz y harina de soya sin DDGS, pero se desconoce si se redujo la excreción de P total, porque no se determinó la digestibilidad de la MS de las dietas. Li et al. (2011b) mostraron que la alimentación de dietas que contenían 40% de DDGS a cerdas gestantes disminuyó la digestibilidad aparente de materia seca de la dieta y aumentó la producción fecal, pero no afectó el volumen total de estiércol líquido o la producción de N, P o K en dicho estiércol.

Se realizaron cuatro experimentos para evaluar los efectos del método de formulación de la dieta, nivel de DDGS y uso de la fitasa microbiana sobre el equilibrio de nutrientes en cerdos lactantes y en crecimiento - finalización (Xu et al., 2006a;b;c;d). Los resultados de estos estudios mostraron que la adición de DDGS a las dietas de cerdos lactantes generalmente resulta en una reducción de la digestibilidad de la materia seca y en un aumento de la excreción fecal y que la fitasa es más efectiva que los DDGS en reducir la excreción de fósforo total en el excremento. Además, son aceptables las dietas formuladas para contener relaciones de calcio: P disponible (2:1 a 3:1) establecidas por el NRC (1998) cuando se añade 20% de DDGS y fitasa a las dietas de lactancia para minimizar la excreción de P en el estiércol. A diferencia de los cerdos lactantes, la alimentación de dietas que contienen DDGS con o sin fitasa a cerdos en crecimiento y finalización no resultó en ningún cambio en la digestibilidad de la MS y la excreción de estiércol.

Almeida y Stein (2010) realizaron 3 experimentos para probar la hipótesis de que los cerdos alimentados con dietas que son iguales en P digestible se desempeñarían de la misma forma, sin importar la concentración del P total en las dietas y que la adición en fitasa microbiana,

DDGS o una combinación de fitasa y DDGS resultaría en una reducción de la excreción de P. Los resultados de este estudio muestran que la adición de fitasa aumentó la digestibilidad total estandarizada del sistema digestivo (STTD) del P en maíz y harina de soya, pero no tuvo efectos sobre el STTD del P en DDGS. Lo más importante es que las dietas se pueden formular con base a los valores STTD, sin poner en riesgo el desempeño del cerdo; además, la fitasa de la dieta, los DDGS y la combinación de ambos van a reducir la excreción de P en los cerdos en crecimiento. En un estudio de seguimiento, Almeida y Stein (2012) realizaron un experimento en el que suplementaron maíz y sus coproductos en dietas porcinas con 500, 1,000 o 1,500 FTU de fitasa microbiana/kg. Sus resultados mostraron un aumento lineal en la STTD del P en maíz (de 40.9 a 67.5, 64.5 y 74.9%, respectivamente), DDGS (de 76.9 a 82.9, 82.5 y 83.0%, respectivamente), HP-DDG (de 77.1 a 88.0, 84.1 y 86.9%, respectivamente) y germen de maíz (de 40.7 a 59.0, 64.4 y 63.2%, respectivamente). Concluyeron que la fitasa microbiana tiene un efecto mucho mayor sobre la STTD del P en maíz y germen de maíz que en los DDGS y HP-DDG. Por lo tanto, la adición de DDGS a dietas porcinas reduce el contenido de fósforo del estiércol cuando las dietas se formulan con base en P digestible o disponible.

Efecto de la alimentación de DDGS sobre la salud intestinal de cerdos en crecimiento

Whitney et al. (2006a, b) llevaron a cabo dos experimentos para determinar si la inclusión de DDGS en la dieta de cerdos jóvenes en crecimiento reduce la incidencia o gravedad de los signos clínicos, derramamiento fecal, lesiones intestinales e infección celular, indicativos de una enteropatía proliferativa porcina (ileitis) después del desafío con *Lawsonia intracellularis*. En el primer experimento, la inclusión de DDGS en la dieta no afectó positivamente la prevalencia de lesiones y su longitud, la proliferación de *L. intracellularis* o la gravedad de las lesiones. En el segundo experimento, se redujo la dosificación de *L. intracellularis* a los cerdos desafiados en un 50%, en comparación con el primer experimento; la alimentación de una dieta con 10% de DDGS redujo la longitud y prevalencia de las lesiones del íleon y colon, así como la gravedad de dichas lesiones, en comparación con otros cerdos desafiados. Los cerdos alimentados con el régimen antimicrobiano redujeron la prevalencia y la gravedad de las lesiones en el yeyuno y tendieron a tener una reducción en la longitud de las lesiones totales del tubo digestivo. Cuando se alimentó la combinación de DDGS y antimicrobianos (BMD y clortetraciclina), no se observaron ventajas adicionales en la reducción de la longitud, gravedad o prevalencia de las lesiones. Estos resultados indican que la inclusión de DDGS en la dieta puede ayudar al cerdo joven en crecimiento a resistir un desafío moderado de ileitis similar al régimen antimicrobiano aprobado en EUA, aunque tal vez los DDGS no sean eficaces bajo desafíos más graves.

Niveles máximos de inclusión de DDGS recomendados en dietas para cerdos

Con base en los numerosos estudios de investigación realizados en cada fase de producción porcina, la tasa masa de uso de los DDGS en las dietas es como sigue:

Fase de producción	% máximo de la dieta
--------------------	----------------------

Cerdos lactantes (>7 kg)	30
Cerdos en crecimiento-finalización	45 ¹
Primerizas en desarrollo	30
Cerdas en gestación	50
Cerdas en lactación	30
Verracos	50

¹Las tasas de inclusión más bajas se pueden garantizar en ciertos mercados de cerdos en los que deben cumplirse normas específicas de calidad de la grasa.

Estas recomendaciones suponen el uso de fuentes de DDGS altamente digestibles y de calidad alta, que estén libres de micotoxinas. Las dietas de lactancia con hasta un 30% de DDGS van a sustentar el desempeño del crecimiento equivalente a alimentar a los cerdos con dietas a base de maíz y harina de soya, siempre y cuando estas dietas estén formuladas con base en aminoácidos digestibles y fósforo disponible. De la misma forma, las dietas de crecimiento-finalización con niveles de hasta el 45% de DDGS deben permitir un desempeño de crecimiento equivalente al de cerdos alimentados con dietas de maíz y harina de soya, si están formuladas con base en aminoácidos digestibles y fósforo disponible. Sin embargo, debido a las preocupaciones de una reducción de la firmeza abdominal y de una grasa porcina suave con niveles altos de inclusión de DDGS, algunos mercados quizás requieran que no se alimenten más del 20% de DDGS de manera continua en las dietas de crecimiento y finalización o el retiro de la dieta de 3 a 4 semanas antes del sacrificio, para lograr la calidad de la grasa de cerdo deseada. De la misma forma, las dietas de cerdas primerizas en desarrollo pueden contener hasta un 30% de DDGS. Para las cerdas, puede añadirse hasta un 50% de DDGS con éxito a las dietas de gestación, y 30% de DDGS a la dieta de lactancia, si no tienen micotoxinas.

Bibliografía

- Agyekum, A.K., B.A. Slominski, and C.M. Nyanchoti. 2012. Organ weight, intestinal morphology, and fasting whole-body oxygen consumption in growing pigs fed diets containing distillers dried grains with soluble alone or in combination with a multi-enzyme supplement. <http://jas.fass.org/content/early/2012/05/02/jas.2012-4380>
- Almeida, F.N., and H.H. Stein. 2010. Performance and phosphorus balance of pigs fed diets formulated on the basis of values for standardized total tract digestibility of phosphorus. *J. Anim. Sci.* 88:2968-2977.
- Almeida, F.N., and H.H. Stein. 2012. Effects of graded levels of microbial phytase on the standardized total tract digestibility of phosphorus in corn and corn coproducts fed to pigs. *J. Anim. Sci.* 90:1262-1269.
- Augspurger, N.R., G.I. Petersen, J.D. Spencer, and E.N. Parr. 2008. Alternating dietary inclusion of corn distillers dried grains with solubles (DDGS) did not impact growth performance of finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 86(Suppl. 1):523.
- Barbosa, F.F., S.S. Dritz, M.D. Tokach, J.M. DeRouchy, R.D. Goodband, and J.L. Nelsen. 2008. Use of distillers dried grains with solubles and soybean hulls in nursery pig diets. *J. Anim. Sci.* 86 (Suppl. 1):446.
- Benz, J.M., S.K. Lineen, M.D. Tokach, S.S. Dritz, J.L. Nelssen, J.M. DeRouchy, R.D. Goodband, R.C. Sulabo, and K.J. Prusa. 2010. Effects of dried distillers grains with soluble on carcass fat quality of finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 88:3666-3682.

- Burkey, T.E., P.S. Miller, R. Moreno, S.S. Shepherd, and E.E. Carney. 2008. Effects of increasing levels of distillers dried grains with solubles (DDGS) on growth performance of weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 86(Suppl. 2):50.
- Cook, D., N. Paton, and M. Gibson. 2005. Effect of dietary level of distillers dried grains with solubles (DDGS) on growth performance, mortality, and carcass characteristics of growfinish barrows and gilts. *J. Anim. Sci.* 83 (Suppl. 1):335.
- Cromwell, G.L., T.S. Stahly, H.J. Monegue, and J.R. Overfield. 1993. Distillers dried grains with solubles for growing-finishing swine. Kentucky Agric. Expt. Station, Lexington. Progress Report 274. p. 30-32.
- Cromwell, G.L., M.J. Azain, O. Adeola, S.K. Baidoo, S.D. Carter, T.D. Crenshaw, S.W. Kim, D.C. Mahan, P.S. Miller, and M.C. Shannon. 2011. Corn distillers dried grains with soluble in diets for growing-finishing pigs: A cooperative study. *J. Anim. Sci.* 89:2801-2811.
- DeDecker, J.M., M. Ellis, B.F. Wolter, J. Spencer, D.M. Webel, C.R. Bertelsen, and B.A. Peterson. 2005. Effects of dietary level of distiller dried grains with solubles and fat on the growth performance of growing pigs. *J. Anim. Sci.* 83(Suppl. 2):49.
- Drescher, A.J., L.J. Johnston, G.C. Shurson, and J. Goihl. 2008. Use of 20% dried distillers grains with solubles (DDGS) and high amounts of synthetic amino acids to replace soybean meal in grower-finisher swine diets. *J. Anim. Sci.* 86(Suppl. 2):28.
- Duttlinger, A.W., M.D. Tokach, S.S. Dritz, J.M. DeRouchy, J.L. Goodband, R.D. Goodband, and H.J. Prusa. 2008. Effects of increasing dietary glycerol and dried distillers grains with solubles on growth performance of finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 86(Suppl. 1):607.
- Fastinger, N.D. and D.C. Mahan. 2006. Determination of the ileal amino acid and energy digestibilities of corn distillers dried grains with solubles using grower-finisher pigs. *J. Anim. Sci.* 84:1722-1728.
- Freitas, L.S., M.J. Azain, C.R. Dove, and T.D. Pringle. 2009. Effect of dietary distillers dried grains with solubles on performance and carcass characteristics in finishing hogs *J. Anim. Sci.* 87(E.Suppl. 2):332.
- Fu, S.X., M. Johnston, R.W. Fent, D.C. Kendall, J.L. Usry, R.D. Boyd, and G.L. Allee. 2004. Effect of corn distiller's dried grains with solubles (DDGS) on growth, carcass characteristics, and fecal volume in growing finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 82 (Suppl. 2):50.
- Gaines, A.M., G.I. Petersen, J.D. Spencer, and N.R. Augspurger. 2007a. Use of corn distillers dried grains with solubles (DDGS) in finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 85 (Suppl. 2):96.
- Gaines, A.M., J.D. Spencer, G.I. Petersen, N.R. Augspurger, and S.J. Kitt. 2007b. Effect of corn distillers dried grains with solubles (DDGS) withdrawal program on growth performance and carcass yield in grow-finish pigs. *J. Anim. Sci.* 85 (Suppl. 1):438.
- Gaines, A., B. Ratliff, P. Srichana, and G. Allee. 2006. Use of corn distiller's dried grains and solubles (DDGS) in late nursery pig diets. *J. Anim. Sci.* 84(Suppl. 2):120.
- Gowans, J., M. Callaahan, A. Yusupov, N. Campbell, and M. Young. 2007. Determination of the impact of feeding increasing levels of corn dried distillers grains on performance of growing-finishing pigs reared under commercial conditions. *Adv. Pork Prod.* 18:A-22.
- Gralapp, A.K., W.J. Powers, M.A. Faust, and D.S. Bundy. 2002. Effects of dietary ingredients on manure characteristics and odorous emissions from swine. *J. Anim. Sci.* 80:1512-1519.
- Greiner, L.L., X. Wang, G. Allee, and J. Connor. 2008. The feeding of dry distillers grain with solubles to lactating sows. *J. Anim. Sci.* 86(Suppl. 2):63.
- Hastad, C.W., J.L. Nelssen, R.D. Goodband, M.D. Tokach, S.S. Dritz, J.M. DeRouchey, and N.Z. Frantz. 2005. Effect of dried distillers grains with solubles on feed preference in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 83(Suppl. 2): 73.
- Hilbrands, A.M., L.J. Johnston, K.M. McClelland, R.B. Cox, S.K. Baidoo, L.W.O. Souza, and G.C. Shurson. 2012. Effect of abrupt introduction and removal of high and low digestibility corn distillers dried grains with solubles from the diet on growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* (in press).

- Hill, G.M., J.E. Link, D.O. Liptrap, M.A. Giesemann, M.J. Dawes, J.A. Snedegar, N.M. Bello, and R.J. Tempelman. 2008a. Withdrawal of distillers dried grains with solubles (DDGS) prior to slaughter in finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 86(Suppl. 2):52.
- Hill, G.M., J.E. Link, M.J. Rincker, D.L. Kirkpatrick, M.L. Gibson, and K. Karges. 2008b. Utilization of distillers dried grains with solubles and phytase in sow lactation diets to meet the phosphorus requirement of the sow and reduce fecal phosphorus concentrations. *J. Anim. Sci.* 2008. 86:112-118.
- Hinson, R.G. Allee, G. Grinstead, B. Corrigan, and J. Less. 2007. Effect of amino acid program (low vs. High) and dried distillers grains with solubles (DDGS) on finishing pig performance and carcass characteristics. *J. Anim. Sci.* 85(Suppl. 1):437.
- Jenkin, S., S. Carter, J. Bundy, M. Lachmann, J. Hancock, and N. Cole. 2007. Determination of P-bioavailability in corn and sorghum distillers dried grains with solubles for growing pigs. *J. Anim. Sci.* 85(Suppl. 2):113.
- Kass, M.L., P.J. van Soest, and W.G. Pond. 1980. Utilization of dietary fiber from alfalfa by growing swine. I. Apparent digestibility of diet components in specific segments of the gastrointestinal tract. *J. Anim. Sci.* 50:175-191.
- Kim, B.G., Y. Zhang, and H.H. Stein. 2011. Sulfur concentration in diets containing corn, soybean meal, and distillers grains with soluble does not affect feed preference or growth performance of weanling or growing-finishing pigs. <http://jas.fass.org/content/early/2011/08/26/jas.2010-3777>
- Li, W., W. Powers, and G.M. Hill. 2011a. Feeding distillers dried grains with soluble and organic trace mineral sources to swine and the resulting effects on gaseous emissions. *J. Anim. Sci.* 89:3286-3299.
- Li, X. J., S. K. Baidoo, G. C. Shurson, and L. J. Johnston. 2011b. Effects of corn dried distillers grains with solubles (DDGS) on diet digestibility and slurry output from gestating sows. *J. Anim. Sci.* 89 (E-Suppl. 2):40.
- Linneen, S.K., J.M. DeRouchy, S.S. Dritz, R.D. Goodband, M.D. Tokach, and J.L. Nelssen. 2008. Effects of dried distillers grains with solubles on growing and finishing pig performance in a commercial environment. *J. Anim. Sci.* 86:1579-1587.
- Linneen, S.K., M.U. Steidinger, M.D. Tokach, J.M. DeRouchey, R.D. Goodband, S.S. Dritz, and J.L. Nelssen. 2006. Effects of dried distillers grain with solubles on nursery pig performance. Kansas State University Swine Day 2006. Report of Progress 966. 100-102.
- McDonnell, P., C.J. O'Shea, J.J. Callan, and J.V. O'Doherty. 2011. The response of growth performance, nitrogen, and phosphorus excretion of growing-finishing pigs to diets containing incremental levels of maize dried distiller's grains with solubles. *An. Feed Sci. Tech.* 169:104-112.
- McEwen, P. 2008. Canadian experience with feeding DDGS. Pages 115-120 in Proc. 8th 632 London Swine Conf., London, ON, Can.
- McEwen, P. L. 2006. The effects of distillers dried grains with solubles inclusion rate and gender on pig growth performance. *Can. J. Anim. Sci.* 86:594.
- National Research Council. 1998. Nutrient Requirements of Swine. 10th ed. National Academy Press, Washington, D.C.
- Pomeranke, J. M., G. C. Shurson, S. K. Baidoo, and L. J. Johnston. 2011. Tallow and DDGS effects pork fat quality. *J. Anim. Sci.* 89 (E-Suppl. 2):38.
- Pompeu* D., R.B. Hinson, Z.P. Zhu, B.R. Wiegand, J.W. Rickard, and G.L. Allee. 2009. Dietary inclusion of CLA changes fatty acid profiles of pigs fed 30% DDGS during the growing-finishing phase. *University of Missouri, Columbia*.
- Seabolt, B.S., E. van Heugten, S.W. Kim, K.D. Ange-van Heugten, and E. Roura. 2010. Feed preference and performance of nursery pigs fed diets containing various inclusion amounts and qualities of distillers coproducts and flavor. *J. Anim. Sci.* 88:3725-3738.

- Song, M., S.K. Baidoo, G.C. Shurson, M.H. Whitney, L.J. Johnston, and D.D. Gallaher. 2010. Dietary effects of distillers dried grains with solubles on performance and milk composition of lactating sows. *J. Anim. Sci.* 88:3313-3319.
- Spencer, J.D., G.I. Petersen, A.M. Gaines, and N.R. Augsburger. 2007. Evaluation of different strategies for supplementing distillers dried grains with solubles (DDGS) to nursery pig diets. *J. Anim. Sci.* 85(Suppl. 2):96-97.
- Spiehs, M.J., M.H. Whitney, G.C. Shurson, and R.E. Nicolai. 2000. Odor characteristics of swine manure and nutrient balance of grow-finish pigs fed diets with and without distillers dried grains with solubles. *J. Anim. Sci.* 78:69 (Suppl. 2).
- 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(4):1292-1303.
- Stender, D., and M.S. Honeyman. 2008. Feeding pelleted DDGS-based diets to finishing pigs in deep-bedded hoop barns. *J. Anim. Sci.* 86(Suppl. 2):50.
- Stevens, J. A. Schinckel, B. Richert, and M. Latour*. 2009. The impact of dried distillers grains with solubles withdrawal programs on swine carcass fatty acid profiles and bacon quality. *Purdue University, West Lafayette, IN.*
- Tran, H., R. Moreno, E.E. Hinkle, J.W. Bundy, J. Walter, T.E. Burkey, and P.S. Miller. 2011. Effect of corn distillers dried grains with solubles on growth performance and health status indicators in weanling pigs. *J. Anim. Sci.*
<http://jas.fass.org/content/early/2011/10/07/jas.2011-4196>
- Weimer, D., J. Stevens, A. Schinckel, M. Latour, and B. Richert. 2008. Effects of feeding increasing levels of distillers dried grains with solubles to grow-finish pigs on growth performance and carcass quality. *J. Anim. Sci.* 86(Suppl. 2):51. (Abstr.)
- White, H., B. Richert, S. Radcliffe, A. Schinckel, and M. Latour. 2007. Distillers dried grains decreases bacon lean and increases fat iodine values (IV) and the ratio of n6:n3 but conjugated linoleic acids partially recovers fat quality. *J. Anim. Sci.* 85(Suppl. 2):78.
- Whitney, M.H. and G.C. Shurson. 2004. [Growth performance of nursery pigs fed diets containing increasing levels of corn distiller's dried grains with solubles originating from a modern Midwestern ethanol plant.](#) *J. Anim. Sci.* 82:122-128.
- Whitney, M.H., G.C. Shurson, L.J. Johnson, D.M. Wulf, and B.C. Shanks. 2006a. Growth performance and carcass characteristics of grower-finisher pigs fed high-quality corn distillers dried grain with solubles originating from a modern Midwestern ethanol plant. *J. Anim. Sci.* 84:3356-3363.
- Whitney, M.H., G.C. Shurson, and R.C. Guedes. 2006b. Effect of dietary inclusion of distillers dried grains with solubles on the ability of growing pigs to resist a *Lawsonia intracellularis* challenge. *J. Anim. Sci.* 2006. 84:1860–1869.
- Whitney, M.H., G.C. Shurson, and R.C. Guedes. 2006c. Effect of including distillers dried grains with solubles in the diet, with or without antimicrobial regimen, on the ability of growing pigs to resist a *Lawsonia intracellularis* challenge. *J. Anim. Sci.* 2006. 84:1870–1879.
- Widmer, M. R., L. M. McGinnis, D. M. Wulf, and H. H. Stein. 2008. Effects of feeding distillers dried grains with solubles, high-protein distillers dried grains, and corn germ to growing-finishing pigs on pig performance, carcass quality, and the palatability of pork. *J. Anim. Sci.* 86:1819–1831.
- Widyaratne, G.R., and R.T. Zijlstra. 2007. Nutritional value of wheat and corn distiller's dried grain with solubles: Digestibility and digestible contents of energy, amino acids and phosphorus, nutrient excretion and growth performance of grower-finisher pigs. *Can. J. Anim. Sci.* 87(1):103-114.
- Wilson, J.A., M.H. Whitney, G.C. Shurson, and S.K. Baidoo. 2003. Effects of adding distiller's dried grain with solubles (DDGS) to gestation and lactation diets on reproductive performance and nutrient balance. *J. Anim. Sci.* 81(Suppl. 2):47-48.

- Xu, G., M.H. Whitney, and G.C. Shurson. 2006a. Effect of feeding diets containing corn distillers dried grains with solubles (DDGS), and formulating diets on total or available phosphorus basis, on phosphorus retention and excretion in nursery pigs. *J. Anim. Sci.* 84 (Suppl. 2):91.
- Xu, G., G. He, S.K. Baidoo, and G.C. Shurson. 2006b. Effect of feeding diets containing corn distillers dried grains with solubles (DDGS), with or without phytase, on nutrient digestibility and excretion in nursery pigs. *J. Anim. Sci.* 84 (Suppl. 2):91.
- Xu, G., G. He, M. Song, S.K. Baidoo, and G.C. Shurson. 2006c. Effect of Ca:available P ratio on dry matter, nitrogen, phosphorus, calcium, and zinc balance and excretion in nursery pigs fed corn-soybean meal diets containing DDGS and phytase. *J. Anim. Sci.* 84 (Suppl.2):91.
- Xu, G., M.H. Whitney, and G.C. Shurson. 2006d. Effects of feeding diets containing corn distillers dried grains with solubles (DDGS), with or without phytase, on nutrient digestibility and excretion in grow-finish pigs. *J. Anim. Sci.* 84 (Suppl. 2):92.
- Xu, G., G.C. Shurson, E. Hubly, B. Miller, and B. de Rodas. 2007. Effects of feeding corn-soybean meal diets containing 10% distillers dried grains with solubles (DDGS) on pork fat quality of growing-finishing pigs under commercial production conditions. *J. Anim.Sci.* 85(Suppl. 2):113.
- Xu, G., S.K. Baidoo, L.J. Johnston, D. Bibus, J.E. Cannon, and G.C. Shurson. 2010a. Effects of feeding diets containing increasing content of corn dried distillers grains with solubles to grower-finisher pigs on growth performance, carcass composition, and pork fat quality. *J. Anim.Sci.* 88:1398-1410.
- Xu, G., S.K. Baidoo, L.J. Johnston, D. Bibus, J.E. Cannon, and G.C. Shurson. 2010b. The effects of feeding diets containing corn dried distillers grains with soluble, and withdrawal period of distillers dried grains with solubles, on growth performance and pork quality in grower-finisher pigs. *J. Anim. Sci.*88:1388-1397.
- Zhu, A., R.B. Hinson, L. Ma, D. Li., and G.L. Allee. 2010. Growth performance of nursery pigs fed 30% distillers dried grain with solubles (DDGS) and the effects of pelleting on performance and nutrient digestibility. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 23:792-798.