

## **EFECTO DEL NIVEL DE PROTEÍNA Y LA INCLUSIÓN EN LA DIETA DE ADITIVOS SELECCIONADOS SOBRE EL RENDIMIENTO DE LOS CERDOS DESPUÉS DEL DESTETE**

John R Pluske

Animal Research Institute, Murdoch University, Murdoch WA 6150, Australia  
(J.Pluske@murdoch.edu.au)

### **1.- INTRODUCCIÓN**

El mal funcionamiento del intestino y la incidencia de diarreas debidos al destete continúan siendo un problema importante en la producción porcina en todo el mundo, pese a los esfuerzos a lo largo de muchos años para reducir los problemas asociados al destete y hacer que la transición de los lechones de la madre a las lechoneras sea menos estresante. El destete en la mayoría de los casos está asociado con un cambio brusco en las dietas, fundamentalmente de leche a alimento sólido, lo que se encuentra relacionado con alteraciones marcadas en la estructura y funcionamiento del intestino. Además, los cerdos durante el destete se deben enfrentar con otros factores fisiológicos y psicológicos estresantes como el agotamiento de la inmunidad pasiva, un sistema enzimático poco desarrollado, la separación de la madre, el encuentro con compañeros de camada desconocidos y el establecimiento de una nueva jerarquía (Pluske et al., 1997). La microbiota del digestivo, la conformación de la histología del intestino, las funciones digestivas, inmunológicas, inflamatorias y de barrera se ven afectadas por los métodos bruscos de destete que son práctica habitual en la industria porcina mundial (Lallès et al., 2004).

Una consecuencia (casi) inevitable del destete es la colibacilosis postdestete (PWC), una enfermedad multifactorial que se caracteriza por la frecuente excreción de heces acuosas. La colibacilosis postdestete se encuentra asociada típicamente con la

presencia en heces de *Escherichia coli*  $\beta$ -hemolítica enterotoxigénica (ETEC) que prolifera en el intestino delgado de lechones, sanos y enfermos, después del destete. La colibacilosis postdestete (PWC) se refiere al estado donde los síntomas clínicos pueden ser atribuidos a la ETEC, pero la enfermedad se conoce frecuentemente como diarrea postdestete (PWD) debido a otros factores a menudo implicados (Hampson, 1994).

Los ETEC se adhieren utilizando fimbrias (o pili) a los receptores en los enterocitos del intestino delgado para producir una o más enterotoxinas, como las toxinas termolábiles (LT) o toxinas termoestables (ST; variantes STa y STb), que activan los sistemas de cAMP y cGMP en el epitelio de la mucosa. Las toxinas LT incrementan la secreción de Na, Cl y iones de  $\text{HCO}_3$  en el lumen, mientras que las toxinas ST reducen la absorción de líquidos y sales. En ambos casos, el resultado es la hipersecreción de agua y electrolitos en el intestino delgado que generalmente sobrepasa la capacidad del colon para reabsorberlos, causando diarrea y una serie de efectos incluyendo (aunque no necesariamente todos) deshidratación, reducción de la ingesta de alimentos y la digestibilidad de nutrientes, disminución del crecimiento e incluso la muerte (Hampson, 1994; Fairbrother et al., 2005).

Otras cepas patógenas de *E. coli* pueden también encontrarse involucrados. Además, el paso de ETEC desde el intestino delgado al grueso y eventualmente al exterior en las heces del cerdo proporciona un mecanismo para el reciclaje oral-fecal de ETEC en la fase de destete. El tránsito de ETEC hacia el intestino grueso proporciona una reserva de estas bacterias potencialmente patógenas, por lo que cualquier mecanismo que reduzca su número en el intestino grueso debería ser teóricamente beneficioso para una reducción de la PWC.

## **2.- CONTENIDO EN PROTEÍNA DE LA DIETA POSTDESTETE**

### **2.1.- Aspectos relacionados con la digestibilidad**

Las dietas para lechones antes y después del destete tradicionalmente han sido formuladas para contener entre 220-240 gramos (g) de proteína bruta (PB) por kg para mantener su velocidad de deposición potencial de tejido magro, aunque la baja y errática ingesta de alimentos en lechones en el periodo postdestete en ocasiones impide que esto ocurra. No obstante los lechones, de media, consumirán alrededor de 400 g de pienso por día en los días 7-10 después del destete (NRC, 1998), aunque es evidente que la digestibilidad de este alimento (y por tanto de la proteína) es inferior que la de la proteína suministrada por la cerda en la leche (Pluske et al., 1995). Por ejemplo, Högberg y Lindberg (2004) observaron que los coeficientes de digestibilidad aparente para la PB en el íleon terminal se encontraban entre 0,60-0,70 después del destete, con una digestibilidad en el íleon aun más baja (0,12) cuando los lechones recibieron una dieta basada en cebada

después del destete (Lindberg et al., 2003). Considerando la ingesta de PB y la digestibilidad en el intestino delgado durante el destete, los cerdos destetados que fueron alimentados con una dieta comercial “estándar”, usada de manera rutinaria en algunos países, pudieron ingerir alrededor de 90 g de PB diarios (una media de 230 g de PB por kg de dieta y una ingesta diaria de 400 g de pienso), pero sólo digerir 55-65 g. La proteína restante (30-40%) de origen alimenticio que no ha sido digerida, entrará en el intestino grueso y será digerida por la microbiota residente, que podrá fomentar el crecimiento de las bacterias utilizadoras de nitrógeno (Piva et al., 1996), causando alteraciones en el balance de la microbiota proteolítica y sacarolítica. El metabolismo de los sustratos proteicos por la microbiota en el intestino grueso puede incrementar los niveles de sustancias potencialmente tóxicas e irritantes de la mucosa como amonio, aminas, indoles, fenoles y cadenas de ácidos grasos ramificados, que han sido implicados en el desarrollo de la PWC (Gaskins, 2001). En este aspecto, la alimentación de dietas bajas en proteína después del destete ha sido sugerida como estrategia para reducir la diarrea, y actualmente se utiliza de manera habitual en algunas partes del mundo. Sin embargo, aunque las dietas bajas en proteína puedan tener beneficios en la reducción de las alteraciones postdestete en el tracto intestinal y disminuir el tránsito de nitrógeno al medio ambiente, alcanzar el balance deseado de aminoácidos en la dieta para unos niveles óptimos de crecimiento puede suponer ciertas dificultades.

## 2.2.- Información experimental

Nyachoti et al. (2006) suministraron dietas variando entre 230 g y 170 g PB por kg y encontraron descensos lineales en el nitrógeno del plasma en la urea y en el contenido de ácidos grasos volátiles en la digesta del íleon terminal de cerdos destetados. Bikker et al. (2006) también concluyeron que niveles bajos de PB en la dieta conllevan una menor concentración de amonio en el intestino delgado, lo que indica una reducción en la digestión de las proteínas. Además, la altura de los villi (482 vs. 542  $\mu\text{m}$ ) y la profundidad de la criptas (183 vs. 169  $\mu\text{m}$ ) en el yeyuno fueron diferentes en las dietas de 230 g y 170 g de PB por kg, respectivamente, aunque el significado biológico de estas diferencias no se comprende del todo. No obstante, en el estudio de Nyachoti et al. (2006), una disminución del contenido en PB de 230 g a 170 g por kg redujo el crecimiento de los lechones a pesar de que las dietas estaban suplementadas con lisina cristalina, metionina, treonina y triptófano para satisfacer las necesidades recomendadas de los cerdos. Nyachoti et al. (2006) resumieron que las dietas bajas en proteínas eran deficientes en isoleucina (Ile) y valina (Val), lo que pudo ser la causa de la reducción en el crecimiento de los cerdos alimentados con dietas bajas en proteínas, y Wellock et al. (2006) presentaron información similar. En este estudio, Wellock et al. (2006) examinaron los efectos del nivel y calidad de proteína en la digestibilidad ileal de la proteína y las poblaciones de bacterias seleccionadas en el colon. Estos autores demostraron que una disminución en los niveles de proteína (230, 180 y 130 g por kg) mejoraba la consistencia fecal e incrementaba el ratio de lactobacilos a coliformes en el contenido del colon, mientras que reemplazar leche

desnatada en polvo con proteína de soja no influyó sobre ninguno de los parámetros de la salud gastrointestinal determinados. Los coeficientes de digestibilidad de la leche desnatada en polvo y la proteína de soja cuando fueron medidos en el íleon terminal fueron similares (88% y 84%, respectivamente), lo que sugiere que esta respuesta no significativa en los parámetros referentes a la salud del intestino de estas 2 fuentes proteicas se debe a la digestibilidad similar de su proteína en el íleon.

Figuroa et al. (2002) propuso que los aminoácidos Val e Ile limitan el crecimiento de los cerdos cuando la proteína de la dieta se reduce en más de 4 unidades porcentuales. Estudios posteriores en base a una dieta baja en proteína con su perfil ideal de aminoácidos (Chung y Baker, 1992) mediante la adición de aminoácidos cristalinos, incluyendo Ile y Val han demostrado que una disminución del contenido de PB de la dieta hasta 170 g PB por kg (Le Bellego y Noblet, 2002; Htoo et al., 2007; Heo et al., 2008) no afectó negativamente al crecimiento de los cerdos después del destete. Yue y Qiao (2008) obtuvieron resultados opuestos suministrando 3 dietas con diferentes contenido de PB (212, 189 y 172 g PB por kg dieta) después del destete, con una disminución del rendimiento (especialmente con 172 g PB por kg) aunque mejoraron la consistencia fecal y disminuyeron los niveles de nitrógeno de urea en plasma.

Htoo et al. (2007) condujeron 3 experimentos para estudiar los efectos de una dieta suplementada con aminoácidos baja en proteína (240 vs. 200 g PB por kg de dieta), en relación con la digestión, la diarrea, la concentración de metabolitos microbianos y rendimiento después del destete. Estos autores concluyeron, en ausencia de diarrea, reducciones en la producción de metabolitos microbianos potencialmente peligrosos en el ciego de los cerdos destetados. Htoo et al. (2007) también observaron una disminución en la concentración de ácidos grasos volátiles (un 28%) con reducciones en ácidos acético, isobutírico e isovalérico, lo que atribuyeron principalmente a un menor nivel de fibra fermentable en la dieta.

En nuestro laboratorio, 2 estudios recientes por Heo et al. (2008, 2009) demostraron, bajo condiciones de contaminación o no con ETEC, que dando una dieta LP reforzada con Ile y Val cristalina después del destete no compromete la producción, tanto en el periodo postdestete como a las 15 semanas de edad. En el trabajo de Heo et al. (2008), 60 lechones destetados fueron repartidos en un diseño aleatorio con 5 combinaciones de dieta distinta y duración del tratamiento. Los 5 tratamientos consistían en; (i) una dieta alta en proteína (HP) (243 g PB por kg) durante 14 días después del destete (HP14), (ii) una dieta baja en proteína (LP) (173 g CP por kg) durante 5 días después del destete (LP5), (iii) una dieta baja en proteína durante 7 días después del destete (LP7), (iv) LP durante 10 días después del destete (LP10), y (v) dieta LP durante 14 días después del destete (LP14). Al finalizar los diferentes tratamientos, todos los lechones recibieron una segunda dieta (215 g PB por kg). Ninguna de las dietas contenía compuestos antimicrobianos. Las dietas fueron formuladas con 2 niveles de PB para

establecer las variaciones en la ingesta de proteína y por tanto en la fermentación de la proteína en el intestino, para evaluar de manera apropiada los efectos en la diarrea. Las dietas bajas en proteínas fueron formuladas para contener Ile y Val cristalina para evitar el efecto potencial de un desequilibrio dietario de aminoácidos esenciales en la producción. Las dietas bajas en proteínas fueron suministradas durante diferentes periodos de tiempo después del destete, para permitir un análisis de la duración óptima de la alimentación que tenía un impacto positivo en la reducción de PWD sin comprometer la producción. Al suministrar una dieta baja en proteína sólo 5 días después del destete, y posteriormente otra con un alto contenido en proteína, no sólo disminuyeron los índices de fermentación de la proteína en el intestino, sino que también se consiguieron los mismos niveles de rendimiento que los cerdos con la dieta HP14 a 15 semanas después del destete (Heo et al., 2008). Es más, las dietas bajas en proteína redujeron de manera significativa los síntomas relacionados con el PWC, tales como el índice de diarrea y el uso terapéutico de antibióticos (cuadro 1).

**Cuadro 1.- Efectos del suministro de dietas con contenido alto o bajo de proteína sobre la incidencia de diarreas, los tratamientos antibióticos necesarios, contenido en nitrógeno amoniacal (NH<sub>3</sub>-N) en heces y concentración de nitrógeno en urea en plasma después del destete (Heo et al., 2008)**

Tratamiento <sup>1</sup> :	HP	LP5	LP7	LP10	LP14	ESM <sup>2</sup>	P
Índice de diarreas <sup>3</sup>	6,0 <sup>a</sup>	0,0 <sup>b</sup>	1,2 <sup>b</sup>	1,2 <sup>b</sup>	1,3 <sup>b</sup>	0,55	0,011
Tratamientos antibióticos <sup>4</sup>	1,2 <sup>a</sup>	0,1 <sup>b</sup>	0,2 <sup>b</sup>	0,4 <sup>b</sup>	0,2 <sup>b</sup>	0,11	0,009
NH <sub>3</sub> -N fecal <sup>5</sup>	488 <sup>a</sup>	422 <sup>b</sup>	410 <sup>b</sup>	407 <sup>b</sup>	389 <sup>b</sup>	3,5	<0,001
N de urea en plasma <sup>6</sup>	5,8 <sup>a</sup>	3,5 <sup>b</sup>	3,2 <sup>b</sup>	2,9 <sup>b</sup>	2,3 <sup>b</sup>	0,11	<0,001

<sup>1</sup>HP: dieta de alto contenido en proteína durante 14 d (240 g PB/kg); LP5: dieta de bajo contenido en proteína durante 5 d (180 g PB/kg); LP7: dieta de bajo contenido en proteína durante 7 d; LP10: dieta de bajo contenido en proteína durante 10 d; LP14: dieta de bajo contenido en proteína durante 14 d.

<sup>2</sup>Error estándar de la media.

<sup>3</sup>Índice de diarreas: proporción de días con diarreas con respecto al total de días (14 d) del ensayo.

<sup>4</sup>Tratamientos antibióticos: número de tratamientos con antibiótico con respecto al total de días (14 d) del ensayo.

<sup>5</sup>Contenido medio de nitrógeno amoniacal en muestras de heces (mg/kg) medido repetidamente los días 5, 7, 10 y 14.

<sup>6</sup>Contenido medio de nitrógeno en urea (mmol/L) medido repetidamente los días 5, 7, 10 y 14.

<sup>a,b</sup>Valores dentro de la misma fila con diferente superíndice difieren (P < 0,05).

Para evaluar la capacidad de las dietas bajas en proteína para reducir la diarrea, se utilizó un modelo de infección de ETEC donde los cerdos fueron alimentados con una dieta alta en proteína (aproximadamente 250 g CP por kg) durante 14 d (HP14) o con una dieta baja en proteína, complementada con aminoácidos durante 14 días (LP14) o 7 días (LP7) después del destete (Heo et al., 2009). La mitad de los cerdos fueron inoculados oralmente con 3 mL, 8 mL y 8 mL (10<sup>7</sup> CFU/mL) de ETEC (serotipos O149; K91; K88) a

las 72, 96 y 120 horas después de su llegada. El modelo con ETEC utilizado causó una diarrea moderada y fue el elegido porque la respuesta de los animales en una ubicación comercial, donde los cerdos recién destetados están expuestos a un reto biológico considerable, son diferentes a los que se encuentran en un ambiente más limpio de una instalación experimental. Suministrar una dieta baja en proteína durante 7 días después del destete disminuyó significativamente los índices del metabolismo microbiano de la proteína y PWC de los cerdos infectados y no infectados (Cuadro 2), confirmando las primeras conclusiones (Heo et al., 2008).

**Cuadro 2.- Efecto del nivel de proteína bruta (PB) y carbohidratos fermentables (CF) de la dieta sobre los contenidos de bacterias preseleccionadas y sobre los productos de fermentación en diferentes partes del tracto digestivo de lechones a los 7 días después del destete (Bikker et al., 2006).**

	PB		CF		Significación			ESM
	Bajo 152 g/kg	Alto 216 g/kg	Bajo 75 g/kg	Alto 134 g/ kg	PB	CF	PB x CF	
<b>Ileum</b>								
LB <sup>1</sup>	8,08	8,10	7,78	8,40	NS <sup>2</sup>	0,047	NS	0,15
Coliforms <sup>1</sup>	7,36	7,46	7,88	6,94	NS	0,063	NS	0,23
Amoníaco, mg/L	27,8	58,6	52,8	33,5	0,003	0,049	NS	6,2
Ácido láctico, mM	15,3	21,7	14,4	22,5	NS	0,080	NS	2,5
<b>Colon</b>								
LB <sup>1</sup>	9,21	9,17	9,22	9,16	NS	NS	NS	0,09
Coliforms <sup>1</sup>	8,32	8,21	8,45	8,07	NS	NS	NS	0,017
Amoníaco, mg/L	276	358	366	267	NS	0,076	0,255	34,0
Ácido láctico, mM	0,95	1,06	1,13	0,88	NS	NS	NS	0,18

<sup>1</sup>LB (Lactobacilli) y coliformes totales expresado como logaritmo de unidades formadoras de colonias por gramo de digesta.

<sup>2</sup>NS: no significativo para  $P > 0,05$ .

Además, suministrar una dieta baja en proteína no disminuyó el rendimiento de los cerdos, mientras que las infecciones aumentaron el PWC (Cuadro 3) y disminuyeron el rendimiento productivo (datos no publicados). La presencia de *E. coli*  $\beta$ -hemolítica en muestras fecales aumentó de manera significativa en los cerdos con *E. coli* en relación a los no infectados. El efecto más significativo en la infección fecal con *E. coli* era más evidente en los días 5 y 7 después del destete, y el resultado volvió al nivel de preinfección en el día 10. Este efecto a corto plazo de la infección experimental con ETEC en el resultado de *E. coli* es equiparable con los informes previos (Madec et al., 2000; Montagne et al., 2004; Wellock et al., 2008a) y demostró el éxito en la inducción de la diarrea subclínica. La infección con ETEC deprimió de manera significativa la ingesta diaria y el

ratio ganancia:ingesta en el periodo de 28 días sin reducir la ingesta diaria, lo que se encuentra en concordancia con el trabajo de Wellock et al. (2008b).

**Cuadro 3.- Efectos del régimen alimenticio y de la infección experimental con ETEC sobre los niveles de nitrógeno, urea en plasma (PUN), de nitrógeno amoniacal (NH<sub>3</sub>-N) en heces y la incidencia de PWD en período de 2 semanas posteriores al destete<sup>1</sup> (Heo et al., 2009).**

Período	Régimen alimenticio <sup>2</sup>						ESM	Significación		
	No infectado			Infectado				FR <sup>3</sup>	I <sup>4</sup>	FR x I
<b>PUN, mmol/L</b>										
Día 7	5,9	3,0	3,1	6,9	4,5	2,5	1,02	0,006	0,400	0,562
Día 14	4,5	3,9	1,1	4,4	3,3	1,9	0,45	<0,001	0,796	0,299
<b>Nitrógeno amoniacal, mg/kg DM</b>										
Día 7	360	289	285	409	320	296	5,9	<0,001	0,006	0,401
Día 14	449	383	364	482	407	392	7,6	<0,001	0,060	0,970
<b>Incidencia de PWD<sup>1</sup></b>										
Días 1-7	16,7 <sup>a</sup>	11,9 <sup>a</sup>	8,3 <sup>a</sup>	48,8 <sup>b</sup>	22,6 <sup>c</sup>	36,9 <sup>d</sup>	1,70	0,002	<0,001	0,027
Días 8-14	22,6	7,1	8,3	40,5	20,2	26,2	1,91	0,001	<0,001	0,842
Días 1-14	19,6	9,5	8,3	44,6	21,4	31,5	1,52	<0,001	<0,001	0,171

<sup>a-d</sup> Valores dentro de la misma fila con diferente superíndice difieren ( $P < 0,05$ ).

<sup>1</sup>Incidencia de PWD observada durante los 14 días después del destete en 12 réplicas por régimen alimenticio, expresada como el porcentaje medio de días con diarrea con respecto al total de 14 días de duración del ensayo. Los datos son valores medios por combinación de tratamientos entre los días 1-7, 8-14 y 1-14.

<sup>2</sup>HP14; dieta de alta proteína durante 14 d, LP7; dieta de baja proteína durante 7-d, LP14; dieta de baja proteína durante 14-d, después del tratamiento.

<sup>3</sup>Efecto del régimen alimenticio.

<sup>4</sup>Efecto de la infección.

En conjunto, nuestros resultados y los de otros autores indican que suministrar una dieta baja en proteínas suplementada con aminoácidos cristalinos basada en el principio del concepto de aminoácido ideal (Chung y Baker, 1992) durante un periodo breve de tiempo después del destete puede formar parte de una estrategia para minimizar las alteraciones gastrointestinales asociadas con la fermentación de la proteína. Un problema de esta estrategia en el momento actual es el coste adicional por la inclusión de aminoácidos cristalinos como Ile y Val. No obstante y en un reciente estudio danés a gran escala llevado a cabo en granjas comerciales, los lechones fueron alimentados con dietas que contenían 210 g o 180 g de proteína bruta por kg las primeras 3 semanas después del destete. La dieta baja en proteína contenía aproximadamente un 20% menos de los aminoácidos esenciales que lo recomendado por los estándares daneses, por lo que los lechones con esta dieta crecieron 28 g por día más despacio que los lechones alimentados con una dieta alta en

proteína. Sin embargo, la frecuencia del tratamiento terapéutico para PWD entre los cerdos con la dieta baja en proteína se redujo un 25% (Callesen y Johansen, 2006)

### 2.3.- Interacciones entre los carbohidratos de las dietas y la proteína

El grado en el que la fermentación de la proteína se puede reducir también depende de la cantidad y el tipo de los carbohidratos fermentables (CF) en la dieta. Con un incremento en el suministro de CF en la dieta, cualquier exceso de proteína en la dieta presenta una propensión mayor de ser incorporado en la proteína bacteriana en lugar de ser fermentado y utilizado como fuente de energía, y también puede influir sobre la composición y actividad de la microbiota en el intestino posterior (Jeaurond et al., 2008). En relación a esto, Bikker et al. (2006) examinaron los efectos interactivos de los CF de la dieta (definidos como la suma de los polisacáridos no almidón y la fracción ileal indigestible del almidón resistente) con 2 niveles de PB en la dieta: 152 g por kg y 216 g por kg. El mayor efecto relativo a la salud gastrointestinal fue el siguiente; (i) los niveles reducidos de PB en la dieta redujeron las concentraciones de  $\text{NH}_3$  en el intestino delgado y colon, (ii) no se produjeron cambios en el conteo de coliformes/lactobacilos o de los niveles de VFA asociados con suministrar dietas con bajo contenido proteico, (iii) los mayores niveles de CF redujeron las concentraciones de  $\text{NH}_3$  en el intestino delgado y colon, (iv) mayores niveles de CF aumentaron el número de lactobacilos, redujeron el número de coliformes, e incrementaron los niveles de ácido láctico en el intestino delgado y, (v) mayores niveles de CF en la dieta incrementaron los niveles de butirato sólo en el colon. Además, los tratamientos de la dieta no tuvieron efecto alguno sobre la anatomía, morfología y actividad enzimática en el yeyuno. No obstante, suministrar la dieta alta en CF, especialmente en combinación con un bajo contenido en CP afectó negativamente al rendimiento. Esta información demuestra la ambigüedad observada entre los índices de salud gastrointestinal y las mediciones de producción (Cuadro 2).

### 3.- EL USO DE PREBIÓTICOS EN EL PERIODO POSTDESTETE EN CERDOS

Los prebióticos, tal y como se definen en términos de la nutrición humana por Gibson y Roberfroid (1995), son ingredientes alimenticios no digeribles que benefician al organismo huésped mediante la estimulación selectiva del crecimiento de bacterias “beneficiosas” como *Lactobacillus* spp. y *Bifidobacterium* spp en el colon. La lista de prebióticos es extensa e incluye un amplio rango de compuestos, tales como gomas, lactilol, lactulosa, pirodextrinas y oligosacáridos, aunque los prebióticos más estudiados en nutrición porcina son los transgalacto-oligosacáridos (TOS) y los fructooligosacáridos (FOS) como la inulina y la oligofruktosa.

Los informes sobre el efecto de los prebióticos en los niveles de bacterias potencialmente beneficiosas en el tracto gastrointestinal de cerdos jóvenes son ambigüos.



Por ejemplo, Mikkelsen et al. (2003a) no encontraron relación al utilizar TOS mientras que en otros estudios se han hallado elevados niveles de *Lactobacilli* y *Enterococci* con una mezcla de inulina, lactulosa, almidón de trigo y pulpa de remolacha (Konstantinov et al., 2004). Konstantinov et al. (2004) analizaron la respuesta de la microbiota del íleon y colon de cerdos destetados al suplementar la dieta con una mezcla de inulina, lactulosa, almidón de trigo y pulpa de remolacha azucarera. La adición de carbohidratos fermentables ocasionó un cambio en la composición intestinal de las bacterias y su actividad, resultando en un aumento significativo en los números de *Lactobacilli* y *Enterococci*. Otros estudios utilizando varios prebióticos en dietas al destete encontraron reducciones significativas en el contenido de amoníaco en el ciego, colon proximal y heces (Awati et al., 2006; Shim et al., 2005) en la levaduras fecales (Mikkelsen et al., 2003b) en la producción de ácidos grasos de cadena corta (Smiricky-Tjardes et al., 2003), y en el establecimiento de una microbiota más diversa y estable (Konstantinov et al., 2003).

Un factor que contribuye a los efectos ambiguos de los prebióticos parece ser que, utilizando la adición con FOS como ejemplo, sus efectos se ven influenciados por otros factores de la dieta (eg, van Loo, 2004). Por ejemplo, las poblaciones de bacterias varían en su capacidad para procesar carbohidratos complejos que se encuentran de manera natural en distintos granos. Drew et al. (2002) llevaron a cabo un experimento donde los lechones fueron alimentados con dietas basadas en maíz, trigo y cebada durante 3 semanas, 2 semanas después del destete, midiéndose la concordancia de bacterias intestinales seleccionadas. Comparando con la dieta basada en maíz, tanto la dieta en base de trigo y la de cebada incrementaron los niveles de *Lactobacillus* spp. en el íleon y *Bifidobacterium* spp. en el ciego. Además, la dieta de cebada disminuyó el número de *Enterobacterias*. Esto indica que el posible efecto de un prebiótico puede ser influido por la formulación de la dieta en la que se incluye. Otra causa de las respuestas inconsistentes podría estar relacionada con las longitudes de cadena variables de los diferentes productos utilizados, ya que esto significa que fermentarán de manera diferente en el tracto gastrointestinal (van Loo, 2004).

De una manera parecida, los efectos de la incorporación de los prebióticos en la dieta sobre las características de la producción también son ambiguos. La incorporación de prebióticos (e.g. FOS y TOS) en las dietas de cerdos en concentraciones que varían de los 5 a 40 g/kg dieta no causaron una mejora significativa en el rendimiento de los cerdos en la mayoría de los estudios (Halas et al., 2007), mientras que otros encontraron una mejora del crecimiento (Estrada et al., 2001). En contraposición, se ha llevado a cabo al menos investigación en relación a los efectos de los prebióticos en el control de PWC. Un estudio reciente en nuestro laboratorio (Halas et al., 2009) evaluó los efectos de alimentar los cerdos con FOS (como inulina) y/o ácido benzoico sobre la PWC, los índices de fermentación en el tracto digestivo y la productividad de cerdos infectados con una cepa enterotoxigénica de ETEC. Cuarenta y ocho cerdos machos enteros de 21+ 3 días de edad y pesando 4,97±0,08 kg (media ± error estándar) fueron utilizados en un experimento

factorial 2x2, siendo los factores inulina (0 versus 8%) y ácido benzoico (0 vs. 0,5%). Suministrar dietas con inulina mejoró la consistencia fecal (CF) y redujo la incidencia de PWC, aunque el uso de ácido benzoico no tuvo ningún efecto sobre el PWC o los ETEC fecales (Cuadro 4). Las heces húmedas (con una puntuación CF más alta) fueron asociados con un aumento del derramamiento de ETEC fecal. Es más, la inulina redujo la concentración total de ácidos grasos de cadena corta en el colon proximal y aumentó la concentración total de ácido láctico en el ciego y el colon proximal. Suministrar inulina o ácido benzoico no tuvo ningún efecto en la productividad después del destete.

**Cuadro 4.- Efectos de la inclusión de ácido benzoico e inulina en las dietas sobre la incidencia de diarrea, la consistencia de las heces (FC) y la eliminación de ETEC en lechones inoculados con ETEC (Halas et al., 2009).**

Ácido benzoico, %	Dietas *				Significación				
	0		0,5		SEM	BA **	IN **	BA×IN	Tiempo
Inulina, %	0	8	0	8					
Días con diarrea ***	2,6	1,2	2,9	0,8	0,28	0,982	0,001	0,496	0,001
Media FC <sup>†</sup>	3,2	2,9	3,1	2,5	0,10	0,071	0,022	0,563	
Días con excreción <sup>‡</sup> ETEC <sup>†</sup>	1,3	0,7	1,2	0,4	0,20	0,539	0,041	0,532	
Día 0	0	0	0	0	-	-	-	-	
Día 4	0,4	0,5	0,4	0	0,15	0,342	0,059	0,408	
Día 5	1,3	0,3	0,3	0,2	0,17	0,114	0,079	0,206	
Día 6	1,2	0,8	0,6	0,2	0,18	0,113	0,338	0,967	
Día 7	0,8	0,3	0,5	0,1	0,11	0,217	0,022	0,752	
Día 11	0,1	0,1	0,1	0	0,04	0,517	0,583	0,583	
Puntuación media ETEC <sup>§</sup>	0,8	0,4	0,4	0,1	0,10	0,102	0,115	0,806	

\*\*BA = ácido benzoico; IN = inulina. \*\*\*Valores medios y error estándar; la diarrea representa el número de días con FC  $\geq$  4. Los días de diarrea variaron desde el día 4 hasta el día 9 postdestete.

<sup>†</sup>Analizados por medidas repetitivas ANOVA; los valores son medias ajustadas por mínimos cuadrados de observaciones realizadas los días 4, 5, 6, 7, 8 y 9 (observaciones individuales en cada lechón; la variable FC varía de 1 a 5).

<sup>‡</sup>Valores de ETEC desde 0 a 5. <sup>‡</sup>Valores medios y errores estándar; la excreción de ETEC representa el número de días con ETEC  $\geq$  1.

<sup>§</sup>Analizados por medidas repetitivas ANOVA; medias ajustadas por mínimos cuadrados de observaciones los días 4, 5, 6, 7 y 11 (la variable ETEC varía de 0 a 5).

#### 4.- CONCLUSIONES

La información recopilada hasta la fecha parece indicar que reducir el contenido de proteína en la dieta inmediatamente después del destete es una estrategia adecuada para disminuir la incidencia de PWC/PWD y mejorar la salud intestinal de los lechones evitando el uso de compuestos antimicrobianos. No obstante, si los aminoácidos de la dieta

son reducidos por debajo de los requerimientos de los lechones, el rendimiento se verá afectado. El reto para los formuladores de alimentos y veterinarios será fabricar esas dietas teniendo en cuenta el aumento de costes asociado con la preparación de dietas con un menor contenido proteico. Con respecto a los prebióticos, y de acuerdo con la información disponible, la justificación extendida para el uso de prebióticos en cerdos destetados debido al aumento del rendimiento es ambigua. Los prebióticos, bajo determinadas condiciones, parecen aumentar las concentraciones de bacterias específicas tales como Lactobacilos y Bifidobacterias en el tracto digestivo y/o reducir la colibacilosis postdestete y mejorar la materia seca del contenido fecal. No obstante, se necesita una mayor investigación para clarificar bajo qué condiciones las respuestas a prebióticos como la inulina podrían ser exitosas.

## 5.- RESUMEN

Se ha escrito mucho en relación al control o reducción de la omnipresente enfermedad conocida como colibacilosis postdestete (PWC), que aparece generalmente los primeros 4-10 días después del destete, y es comúnmente asociada en la producción comercial de cerdo con un “impuesto por crecimiento rápido”. A pesar de la enorme cantidad de investigación que se ha llevado a cabo, el periodo de tiempo después del destete todavía suscita considerable interés, y paradójicamente, recibe una cantidad de investigación, tiempo y esfuerzo desproporcionada en relación a su contribución en los costes totales de producción, cuando podría decirse que la mayoría de los costes residen en las fases de crecimiento y acabado. No obstante, la nutrición, manejo y estrategias de disminución para el periodo postdestete continúan siendo relevantes, con retos como las restricciones o prohibiciones en el uso de antimicrobianos y (o) la resistencia a antibióticos que desafía continuamente a los gestores de la producción, nutricionistas, veterinarios e investigadores. Este informe se centra principalmente en la importancia de utilizar dietas con bajo contenido en proteína y prebióticos como parte de una estratégica dieta global para reducir los efectos de las enfermedades y desordenes del postdestete. La información disponible sugiere que las dietas bajas en proteína, formuladas correctamente y equilibradas para aminoácidos esenciales, pueden reducir la incidencia de PWC sin comprometer el crecimiento y la eficacia alimenticia de los lechones después del destete, y por ello podrían utilizarse como parte de una estrategia global para mantener el bienestar intestinal en cerdos destetados. Además, el uso de dietas con un bajo contenido en proteína puede reducir la excreción de nitrógeno en el medio ambiente. La información referente a la eficacia de prebióticos sobre la producción en el postdestete y la salud del cerdo es más ambigua.

## 6.- REFERENCIAS

- AWATI A., WILLIAMS, B.A., BOSCH, M.W., GERRITS, W.J.J. y VERSTEGEN, M.W.A. (2006) *J. Anim. Sci.*, 84: 2133-2140.
- BIKKER, P., DIRKZWAGER, A., FLEDDERUS, J., TREVISI, P., LE HUEROULURON, I. y LALLÈS, J.P. (2006) *J. Anim. Sci.*, 84: 3337-3345.
- CALLESEN, J. y JOHANSEN, M. (2006) *Importance of protein content and composition of feed for daily gain and post-weaning diarrhoea*. Report no. 740 (In Danish), Danish Pig Production.
- CHUNG, T.K. y BAKER, D.H. (1992) *J. Anim. Sci.*, 70: 3102-3111.
- DREW, M.D., VAN KESSEL, A.G., ESTRADA, A.E., EKPE, E.D. y ZIJLSTRA, R.T. (2002) *Can. J. Anim. Sci.*, 82: 607-609.
- ESTRADA, A., DREW, M.D. y VAN KESSEL, A. (2001) *Can. J. Anim. Sci.*, 81: 141-8.
- FAIRBROTHER, J.M., NADEAU, E. y GYLES, C.L. (2005) *Anim. Health Res. Rev.*, 6: 17-39.
- FIGUEROA, J.L., LEWIS, A.J., MILLER, P.S., FISCHER, R.L., GOMEZ, R.S. y DIEDRICHSEN, R.M. (2002) *J. Anim. Sci.*, 80: 2911-2919.
- GASKINS, H.R. (2001) In: *Swine Nutrition* (Lewis, A. J. y Southern, L.L., eds.), pp. 585-608. 2nd ed. CRC Press, Florida, USA.
- GIBSON, G.R. y ROBERFROID, M.B. (1995) *J. Nutr.*, 125: 1401-1412.
- HALAS, D., HANSEN, C.F., HAMPSON, D.J., MULLAN, B.P., WILSON, R.H. y PLUSKE, J.R. (2009) *Arch. Anim. Nutr.*, 63: 267-280.
- HALAS, D., HEO, J.M., HANSEN, C.F., KIM, J.C., HAMPSON, D.J., MULLAN, B.P. y PLUSKE, J.R. (2007) *Persp. in Agric., Vet. Sci., Nutr. and Nat. Res.*, 2 (No. 079), 13 pp.
- HAMPSON, D.J. (1994) In: *Escherichia coli in domestic animals and humans* (Gyles, C.L., ed.), pp. 171-191. CAB International, Wallingford, Oxon, UK.
- HEO, J.M., KIM, J.C., HANSEN, C.F., MULLAN, B.P., HAMPSON, D.J. y PLUSKE, J.R. (2008) *Arch. Anim. Nutr.*, 62: 343-358.
- HEO, J.M., KIM, J.C., HANSEN, C.F., MULLAN, B.P., HAMPSON, D.J. y PLUSKE, J.R. (2009) *J. Anim. Sci.*, 87: 2833-2843.
- HÖGBERG, A y LINDBERG, J. E. (2004) *Anim. Feed Sci. Technol.*, 116: 113-128.
- HTOO, J.K., ARAIZA, B.A., SAUER, W.C, RADEMACHER, M., ZHANG, Y., CERVANTES, M. y ZIJLSTRA, R.T. (2007) *J. Anim. Sci.*, 85: 3303-3312.
- JEUROND, E.A., RADEMACHER, M., PLUSKE, J.R., ZHU, C.H. y DE LANGE, C.F.M. (2008) *Can. J. Anim. Sci.*, 88: 271-281.
- KONSTANTINOV, S.R., AWATI, A., SMIDT, H., WILLIAMS, B.A., AKKERMANS, A.D.L. y DE VOS, W.M. (2004) *App. Env. Microbiol.*, 70: 3821-3830.
- KONSTANTINOV, S.R., ZHU, Y.H., WILLIAMS, B.A., TAMMINGA, S., DE VOS, W.M. y AKKERMANS, A.D.L. (2003) *FEMS Microbiol. Lett.*, 43: 225-235.
- LALLÈS, J. P., BOUDRY, G., FAVIER, C., LE FLOC'H, N., LURON, I., MONTAGNE, L., OSWALD, I. P., PIE, S., PILE, C. y SEVE, B. (2004) *Anim. Res.*, 53: 301-316.

- LE BELLEGO, L. y NOBLET, J. (2002) *Livest. Prod. Sci.*, 76: 45-58.
- LINDBERG, J.E., ARVIDSSON, A. y WANG, J.F. (2003) *Anim. Feed Sci. Technol.*, 104: 121-131.
- MADEC, F., BRIDOUX, N., BOUNAIX, S., CARIOLET, R., DUVAL-IFLAH, Y., HAMPSON, D. J. y JESTIN, A. (2000) *Vet. Microbiol.* 72: 295-310.
- MIKKELSEN, L.L., BENDIXEN, C., JAKOBSEN, M. y JENSEN, B.B. (2003a) *App. Env. Microbiol.*, 69: 654-658.
- MIKKELSEN, L.L., JACOBSEN, M. y JENSEN, B.B. (2003b) *Anim. Feed Sci. Technol.*, 109: 133-150.
- MONTAGNE, L., CAVANEY, F.S., HAMPSON, D.J., LALLÈS, J.P. y PLUSKE, J.R. (2004) *J. Anim. Sci.* 82: 2364-2374.
- NRC (1998) *Nutrient Requirements of Swine*. National Academy Press, Washington, DC.
- NYACHOTI, C.M., OMOGBENIGUN, F.O, RADEMACHER, M. y BLANK, G. (2006) *J. Anim. Sci.*, 84: 125-134.
- PIVA, A., PANCIROLI, A., MEOLA, E. y FORMIGONI, A. (1996) *J. Nutr.*, 126: 280-289.
- PLUSKE, J.R., HAMPSON, D.J. y WILLIAMS, I.H. (1997) *Livest. Prod. Sci.*, 51: 215-236.
- PLUSKE, J.R., WILLIAMS, I.H. y AHERNE, F.X. (1995) In: *The Neonatal Pig: Development and Survival* (Varley, M. A., ed.), pp. 187-235. CAB. International, Wallingford, Oxon, U.K.
- SHIM, S.B., WILLIAMS, B.A. y VERSTEGEN, M.W.A. (2005) *Acta. Agric. Scand. Section A.*, 55: 91-97.
- SMIRICKY-TJARDES, M.R., FLICKINGER, E.A., GRIESHOP, C.M., BAUER, L.L., MURPHY, M.R. y FAHEY, G.C. (2003) *J. Anim. Sci.*, 81: 2505-2514.
- VAN LOO, J. (2004) *Nutr. Res. Rev.*, 17: 89-98.
- WELLOCK, I.J., FORTOMARIS, P.D., HOUDIJK, J.G.M. y KYRIAZAKIS, I. (2006) *Anim. Sci.*, 82: 327-335.
- WELLOCK, I. J., FORTOMARIS, P. D., HOUDIJK, J.G.M. y KYRIAZAKIS. I. (2008a) *Animal* 2: 834-842.
- WELLOCK, I. J., FORTOMARIS, P. D., HOUDIJK, J.G.M. y KYRIAZAKIS. I. (2008b) *Animal* 2: 825-833.
- YUE, L.Y. y QIAO, S.Y. (2008) *Livest. Sci.*, 115: 144-152.

FEDONA