Microbiota gastrointestinal y utilización de probióticos en lechones en transición

P. Serrano, P. Cembrero, E. Gómez y M. Láinez.
Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. CITA Segorbe (Castellón).

La microbiota gastrointestinal es un ecosistema complejo y dinámico que desempeña un papel muy importante en el desarrollo del animal. Comprender cuáles son las principales funciones de este ecosistema es esencial para poder desarrollar estrategias alimentarías que nos ayuden a gestionar los problemas derivados del destete.

El conocimiento del ecosistema gastrointestinal es todavía limitado. En los siguientes apartados se realiza una revisión y se describe la composición y funciones principales de estos microorganismos.

Desarrollo de la microbiota

La flora intestinal del cerdo es de gran diversidad y complejidad, y varía cualitativa y cuantitativamente a lo largo de las distintas partes del intestino y de las distintas etapas de desarrollo (Pluske *et al*, 2003).

El establecimiento de la microbiota normal de un cerdo es un proceso complejo que en su primera fase se caracteriza por una rápida colonización de bacterias, seguida de otra serie de etapas en las cuales diversos grupos de bacterias dominantes se establecen definitivamente. Este proceso continúa hasta alcanzarse una población bacteriana característica para cada animal.

Al nacimiento, el tubo digestivo de los lechones es estéril, y supone un medio ideal para el crecimiento de bacterias adquiridas del entorno. En el momento del nacimiento los lechones quedan expuestos al canal del parto, a las heces maternas y al ambiente, todos ellos fuentes de microorganismos. Las madres son la fuente inicial de microorganismos para los lechones, en particular sus heces. Los lechones pueden consumir hasta 85 g de heces maternas por día (Sansom *et al*, 1981). A las tres horas de vida ya se pueden encontrar pequeñas poblaciones bacterianas en el intestino de los lechones (Savage, 1977; citado por Maxwell *et al*, 1995).

La ingestión de heces maternas introduce en su tracto digestivo una gran variedad de bacterias que buscan el nicho más apropiado don-

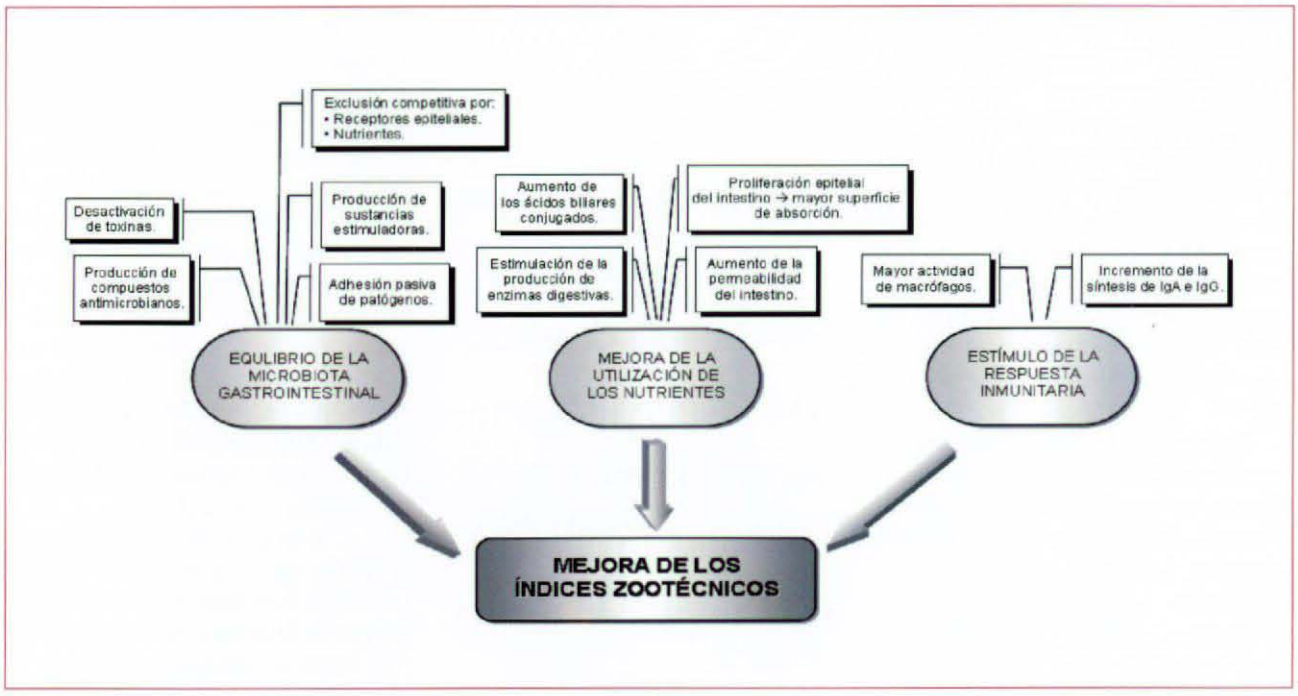


Figura 1. Modo de acción de los probióticos.

de compiten e interaccionan entre sí hasta constituir finalmente una población relativamente estable y compleja que representa la microbiota intestinal normal. Esta estabilidad en la composición de la microbiota intestinal se rompe cuando se producen cambios dietéticos o ambientales importantes (Pérez *et al*, 2002).

Así pues, se pueden distinguir tres fases diferenciables en la evolución de la composición de la microbiota intestinal. La primera fase coincide con la primera semana de vida, la segunda fase con la primera semana tras el destete, y la tercera fase se desarrolla entre el destete y la adaptación final a la nueva dieta sólida (Mackie *et al*, 1999).

Durante la primera fase, las bacterias aerobias y anaerobias facultativas procedentes de la cerda y del ambiente son las bacterias predominantes. Tres horas después del nacimiento constituyen un 80% del total.

Estos primeros colonizadores modifican el medio gastrointestinal haciéndolo más favorable para los microorganismos anaerobios. Tras 48 horas de vida, las bacterias anaerobias ya son el 90% de la población bacteriana total. De este grupo de bacterias las predominantes son lactobacilos y estreptococos (10^7-10^9 UFC/g digesta), y se mantendrán durante todo el periodo de lactación. Estas bacterias están bien adaptadas a utilizar el sustrato lácteo disponible (Pluske *et al*, 2003).

La microbiota que se desarrolla en el intestino grueso después del nacimiento está constituida por una extensa y variada selección de bacterias mayoritariamente anaerobias estrictas, incluyendo las especies de *Bacteroides, Eubacterium, Bifidobacterium, Propionibacterium, Fusobacterium,* y *Clostridium* (Radecki y Yokohama, 1991; citado por Pluske *et al*, 2003).

Tras el destete se produce un periodo breve de ayuno y un posterior consumo de una nueva dieta sólida. Estos cambios suponen una alteración de la disponibilidad de sustrato específico para los microorganismos presentes en los distintos segmentos del tracto digestivo. Estas nuevas condiciones, junto con los cambios que se producen en la estructura intestinal y la alteración de la capacidad funcional del mismo, provocan cambios en la cantidad, composición y complejidad de la microbiota intestinal.

Dos días tras el destete el número de *Lactobacillus*, previamente dominantes, desciende mientras que el número de *E. coli* y de anaero-

bios facultativos aumenta considerablemente (Williams *et al*, 2001).

Estas alteraciones dejan al lechón más susceptible frente a una proliferación de bacterias patógenas y potencialmente causantes de enfermedad. Estos desórdenes en la microbiota normal de los lechones provocan una parada en el crecimiento y aumentan la incidencia de enfermedades causadas por microorganismos patógenos (Pluske *et al*, 2003).

Transcurrido este periodo de cambios se produce una reestabilización de la población bacteriana. Después del destete, la flora normal adulta se desarrolla, y en los animales adultos sanos, se establece una población estable y característica para cada individuo (Zoetendaal *et al*, 1998).

Composición de la microbiota gastrointestinal

La densidad de población microbiana en diferentes partes del tracto gastrointestinal depende de las condiciones físico-químicas de la región en las que se encuentra el microorganismo, así como del ritmo de vaciado de la sección.

Las poblaciones microbianas del estómago están claramente influenciadas por el bajo pH del entorno. La población del intestino delgado se ve afectada por la elevada velocidad del flujo de su contenido. Todo lo contrario que sucede en el intestino grueso donde la velocidad a través de su luz es mucho más reducida y por tanto en esta zona, la densidad de microorganismos es mucho mayor. El mayor tiempo de permanencia en la parte final del intestino delgado y del grueso resulta en un incremento de la multiplicación y lo que se traduce en una mayor presencia microbiana en estas partes.

La concentración microbiana en la digesta del estómago del cerdo puede alcanzar 10^7 a 10^8 UFC/g, y es creciente hacia el final del intestino delgado llegando a alcanzar 10^9 UFC/g (Bach Knudsen *et al*, 1993). Las especies dominantes en el estómago e intestino delgado de los cerdos son Enterobacterias, *Streptococci* y *Lactobacilli*, mientras que la mayor diversidad de bacterias en el intestino grueso incluye grupos bacterianos como *Bacteroides, Prevotella, Eubacterias, Lactobacilli, Fusobacterias, Peptoestreptococci, Sellenomonas, Megasphaera, Veillonella* y *Streptococci* (Jensen, 1999; citado por Pluske *et al*, 2003).

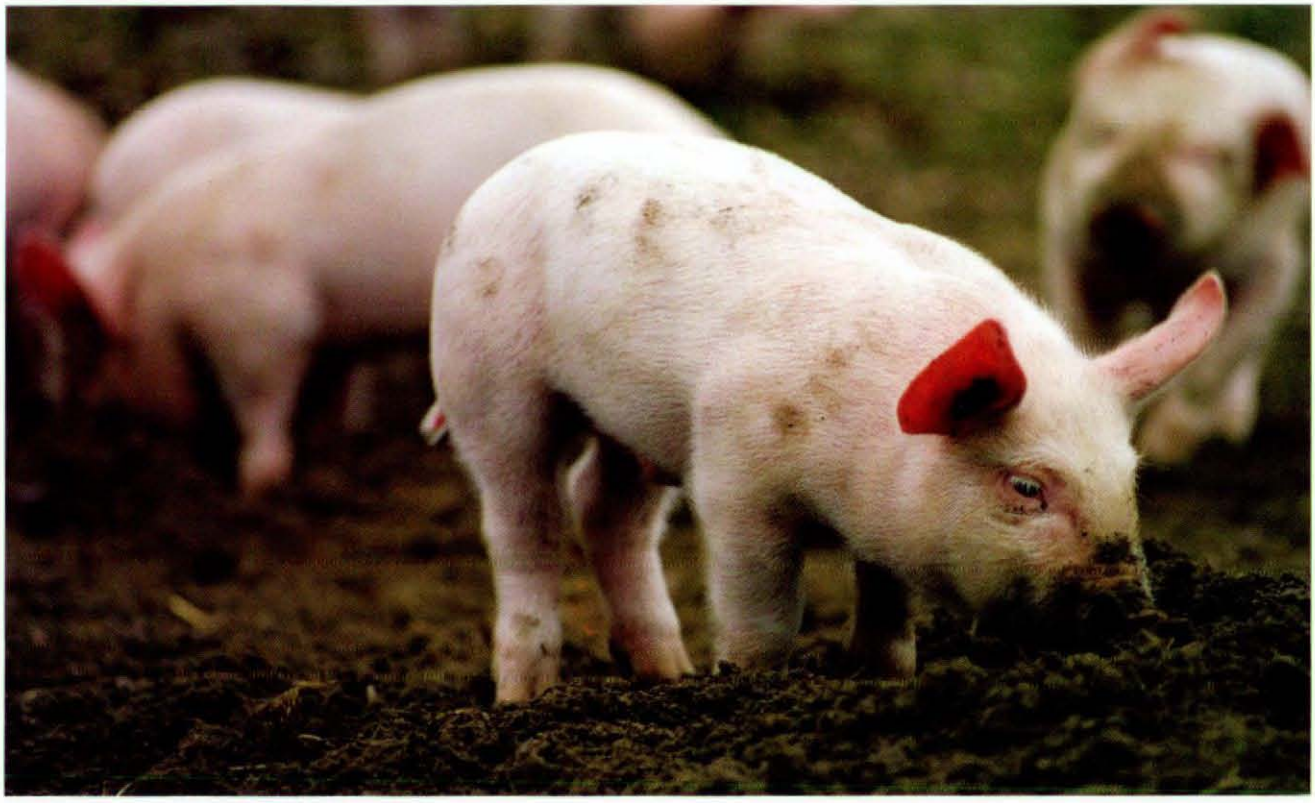
La densidad de población microbiana en el ciego y el colon es de 10^{10} a 10^{11} bacterias viables por gramo de digesta e incluye más de 500 especies diferentes (Moore *et al*, 1987). La gran cantidad de sustrato que se encuentra en esta zona, junto con un pH neutro y la menor fluidez del contenido de esta sección hace que se cree un ambiente favorable para el desarrollo de una microbiota estable.

> “La ingestión de heces maternas introduce en el tracto digestivo del lechón una gran variedad de bacterias que buscan el nicho más apropiado donde compiten e interaccionan entre sí hasta constituir una población estable y compleja”

Funciones de la microbiota intestinal

Las relaciones que se establecen entre la microbiota y el hospedador afectan sin duda al desarrollo del mismo. Por ello es importante conocer cuáles son las principales funciones que desempeñan las bacterias que colonizan el tracto gastrointestinal y de qué manera afectan al animal.

Esta compleja población tiene un efecto protector sobre el hospedador. La microbiota indígena impide la colonización del intestino por parte de otras bacterias patógenas mediante un proceso llamado resistencia a la colonización (Van der Waaij *et al*, 1971; citado por Maxwell *et al*, 1995) que constituye una primera línea de defensa frente a la invasión de bacterias causantes de enfermedad. Este proceso conlleva mecanismos muy complejos entre el hospedador y la población microbiana.



Los mecanismos por los cuales la microbiota indígena previene e impide la colonización del intestino por parte de otras bacterias son diversos. La competencia por los nutrientes y la producción de sustancias como bacteriocinas, generan un ambiente hostil para el desarrollo de bacterias patógenas.

Para colonizar el tracto gastrointestinal las bacterias deben multiplicarse a igual o mayor velocidad que son eliminadas. Las bacterias deben ser capaces de adherirse a las paredes del intestino para mantener una colonización permanente (Macki *et al*, 1999). Los mecanismos por los cuales las bacterias se adhieren a las paredes del intestino son diversos. Existen bacterias que muestran especificidad por ciertos receptores de la mucosa que utilizan para fijarse a ella. Así pues, la competencia por los receptores del epitelio evita que otras bacterias colonicen el intestino (Maxwell *et al*, 1995).

La adhesión de las bacterias mediada por receptores específicos tiene además un papel importante en el desarrollo de la inmunidad natural del lechón. Esta unión de las bacterias a la mucosa no sólo determina cuál será la composición de la microbiota sino que además tiene efecto sobre la expresión genética del hospedador (Stokes *et al*, 2004).

Por otra parte, la actividad metabólica y la presencia física de esta compleja y estable población microbiana proporcionan al animal una resistencia a la colonización por otras bacterias (Nurmi y Rantala, 1973; citado por Pluske *et al*, 2003).

Los factores del hospedador involucrados en la resistencia a la colonización son diversos. Los movimientos peristálticos, la secreción de diversos enzimas y de electrolitos, la descamación de células del epitelio, el tejido linfoide asociado al intestino, y la secreción de IgA (Stewart *et al*, 1993; citado por Maxwell *et al*, 1995) impiden que las bacterias patógenas se desarrollen.

Además del efecto protector, la flora microbiana también desempeña un papel importante en la digestión de nutrientes que no han sido digeridos en el paso previo. Los azúcares, como por ejemplo la glucosa, son la principal fuente de energía de las bacterias que colonizan el intestino delgado. En cambio, la fibra procedente de la dieta es la principal fuente de energía de las bacterias del intestino grueso

(Bach Knudsen *et al*, 1993). Este proceso de degradación de carbohidratos es especialmente importante en el intestino grueso donde el tiempo de permanencia de este sustrato es mayor y donde la población microbiana es más importante.

La digestión de la fibra procedente de la dieta es llevada a cabo por las bacterias celulolíticas que son capaces de degradar la celulosa (Maxwell *et al*, 1995). La fermentación de los carbohidratos presentes en el colon da como resultado ácidos grasos de cadena corta, ácido láctico y gases. Los ácidos grasos resultantes junto con los aminoácidos y vitaminas producidas son absorbidos por el animal. Los ácidos grasos son fuente de energía para el hospedador, y tienen un efecto inhibitorio sobre el desarrollo de patógenos.

> "La estabilidad en la composición de la microbiota intestinal se rompe cuando se producen cambios dietéticos o ambientales importantes"

Los antibióticos como promotores del crecimiento

En los días posteriores al destete es frecuente la aparición de problemas ligados a desórdenes intestinales, infecciones y diarreas. En las últimas décadas, la gestión de estos problemas denominados como Síndrome Diarreico Post-Destete ha estado ligada al uso preventivo de antibióticos.

Los antibióticos pueden utilizarse con fines terapéuticos para tratar animales enfermos, como profiláctico para prevenir infecciones o como promotor del crecimiento con el fin de mejorar e incrementar la producción (Schwarz *et al*, 2001). Los principales efectos de estas sustancias se reflejan en la microbiota intestinal, sobre la que provocan una serie de cambios beneficiosos. Causan daños letales en la población patógena, aumentando el número de bacterias beneficiosas, al mismo tiempo que se reduce la población de microorganismos patógenos. Estos cambios en la composición de la microbiota se traducen en una mejora las funciones digestivas y del estado sanitario de los animales. Así mismo, provocan una reducción de la producción de toxinas, reducen la utilización de los nutrientes esenciales por parte de las bacterias, reducen el grosor del epitelio intestinal lo que permite un aumento de la absorción de nutrientes, reducen la renovación de las células epiteliales de la mucosa intestinal así como la motilidad intestinal (Bach Knudsen *et al*, 2001).

Los efectos de la adicción de antibióticos en las dietas son más acusados en animales enfermos o bajo condiciones sanitarias deficientes. Así mismo la respuesta es mucho mayor en animales jóvenes.

En general, se producen incrementos del 3 al 8% en el índice de crecimiento, 2 a 8% en los índices de conversión en cerdos de cebo, con respuestas mucho mayores en lechones (Close, 2000; Ewing *et al*; citado por Butaye *et al*, 2003; Armstrong, 1986; citado por Bach Knudsen, 2001).

Sin embargo, la evidencia del desarrollo de resistencias de ciertas bacterias a estas sustancias y su repercusión sobre la salud pública, han conducido a la prohibición del uso de antibióticos como promotores del crecimiento en la alimentación animal en toda la Unión Europea desde el 1 de enero de 2006.

Estos cambios en la legislación han tenido un gran impacto en la producción porcina. La necesidad de desarrollar nuevos sistemas de producción en la industria porcina para poder mantener e incrementar la competitividad del sector dentro de Europa y en el resto de mercados, han llevado a la industria alimentaria a la búsqueda de alternativas que contribuyan al control de estos desórdenes post-destete.

Alternativas al empleo de antibióticos como promotores del crecimiento

Desde que se produjeron las primeras restricciones al uso de antibióticos como promotores

del crecimiento, la industria alimentaria ha ido desarrollando alternativas. Aunque los mecanismos de acción a través de los cuales estas nuevas estrategias ejercen su acción son distintos, los objetivos de todas ellas son los mismos. El objetivo principal es mantener los resultados zootécnicos obtenidos hasta el momento y conseguir un buen estado sanitario de los animales. Muchas de estas estrategias actúan sobre la flora gastrointestinal manteniendo el equilibrio de la misma. Una flora indígena sana protege y ayuda al animal a resistir las invasiones de bacterias patógenas.

A continuación, se describen de manera breve, las principales alternativas que se han desarrollado hasta el momento:

- Enzimas. Las enzimas son proteínas globulares que catalizan las reacciones bioquímicas. Estos catalizadores biológicos ejercen un papel esencial en la digestión de los animales. Las enzimas ayudan en la degradación de los componentes de la dieta, lo que facilita la absorción de los nutrientes por parte del animal. Las más utilizadas son amilasas, glucanasas, celulasas y pectinasas. La utilización de enzimas en las dietas de lechones es especialmente beneficiosa. Tras el destete el sistema digestivo es inmaduro y la producción de enzimas en ese momento es insuficiente. La inclusión de complejos enzimáticos en la dieta provoca una mejora de la digestibilidad de los nutrientes lo que se traduce en una mejora en los índices zootécnicos (Partridge, 2001; citado en De la Fuente, 2005).
- Ácidos orgánicos: Los ácidos orgánicos han sido utilizados como agentes antimicrobianos. La inclusión de estas sustancias en los piensos de los animales tiene

un efecto inhibitorio en el crecimiento de levaduras, bacterias y mohos. Además de este efecto conservante de los ácidos, la inclusión en las dietas contribuye a la acidificación de la digesta de los lechones, aunque este efecto es limitado y se da principalmente en el estómago y no en otras partes del intestino. Así pues, el principal efecto que tienen los ácidos orgánicos es su actividad antimicrobiana. La actividad antimicrobiana de los distintos ácidos tiene relación con su capacidad de disociación y ésta depende al mismo tiempo del pH del medio. La forma disociada tiene capacidad lipofílica y por ello puede atravesar la membrana de las bacterias por difusión y llegar hasta el citoplasma. La forma disociada del ácido tiene un efecto sobre las enzimas bacterianas, interfiriendo así en distintas etapas de su metabolismo. Los ácidos más usados en alimentación animal son entre otros el ácido fórmico, acético, propionico, butírico, láctico y fumárico.

> “Para colonizar el tracto gastrointestinal las bacterias deben multiplicarse a una velocidad igual o mayor que con la que son eliminadas”

- Extractos de plantas: Los extractos de plantas utilizados en los piensos son muy diversos, entre los más utilizados están los que incluyen ajo, cebolla o puerro. También es muy común el uso de especias como el tomillo, orégano, clavo, laurel, albahaca y comino. Los efectos antimicrobianos de cada una de ellas son distintos y los efectos que producen sobre el crecimiento de los animales dependen del tipo de planta utilizada. Además del efecto que ejercen sobre la microbiota intestinal, la inclusión en los piensos como saborizante aumenta el consumo de pienso de los animales jóvenes, estimula la producción enzimática y el desarrollo del sistema inmune (Garcilópez, 2005).
- Minerales. La administración de dosis de ZnO está relacionada con un incremento del crecimiento de los lechones (Hill *et al*, 2001), así como con una menor incidencia de diarreas tras el destete. Los mecanismos de acción por los cuales mejoran el crecimiento no son del todo conocidos. Algunos estudios han comprobado que se producen cambios en la morfología intestinal, aumentando la relación entre la altura de las vellosidades y la profundidad de la criptas (Roselli *et al*, 2005) y en la actividad enzimática.
- Prebióticos. Gibson *et al* (1995) definen los prebióticos como "compuestos no digestibles de la dieta que afectan de manera beneficiosa al hospedador estimulando de manera selectiva el crecimiento y/o la actividad de una o un número limitado de bacterias en el colon". Estas sustancias no son hidrolizadas en las primeras fracciones del tracto gastrointestinal y sirven como sustrato selectivo para aquellas bacterias beneficiosas que colonizan el colon. Fructooligosacáridos, galactooligosacáridos, xylooligosacáridos, isomaltosa, inulina, mananooligosacáridos son algunas de las sustancias empleadas como prebióticos en alimentación animal.
- Probióticos. Los probióticos son aditivos alimentarios compuestos por microorganismos vivos, que ingeridos en ciertas dosis, contribuyen a equilibrar la flora gastrointestinal normal de los animales y por lo tanto producen un efecto beneficioso sobre el hospedador. Los microorganismos utilizados en la UE pertenecen a tres grupos básicos:
  - Bacterias ácido lácticas entre los que se encuentran enterococos (*Enterococcus faecium*), lactobacilos (*Lactobacillus farciminis, Lactobacillus rhamnosus, Lactobacillus helveticus, Lactobacillus bulgaricus, Lactobacillus lactis, Lactobacillus acidophilus, Lactobacillus plantarum, Lactobacillus casei*) y estreptococos (*Streptococcus thermophilus, Streptococcus infantarium*).
  - Bacterias pertenecientes al género *Bacillus* (*Bacillus cereus var. toyoi, Bacillus licheniformis, Bacillus subtilis*).

- Levaduras del género *Saccharomyces* (*Saccharomyces cerevisiae*).

Los efectos de los probióticos

Los probióticos son preparados de bacterias vivas y, para ejercer su efecto, deben permanecer viables en el pienso. El proceso de granulación, y el periodo y las condiciones de almacenamiento deben controlarse. La temperatura afecta de manera importante a la supervivencia de las bacterias. Por todo ello, las diferentes condiciones de administración del probiótico pueden marcar diferencias entre resultados.

Además, para ser efectivos, los probióticos deben sobrevivir al bajo pH y a las secreciones biliares y pancreáticas del tracto gastrointestinal. Varios trabajos han comprobado la viabilidad de estas bacterias para sobrevivir al tránsito intestinal de los cerdos. Pérez *et al.* (2006) comprobó la tolerancia de cuatro tipos de bacterias ácido lácticas al tránsito gastrointestinal mediante la exposición de las mismas a condiciones ácidas con distintos niveles de pH, a un preparado de jugo gástrico, y a una preparación de secreciones del intestino delgado. Las cuatro bacterias lácticas fueron capaces de sobrevivir en esas condiciones, aunque el *E. faecium* mostró una mayor sensibilidad.

La eficacia de los probióticos como alternativa a los antibióticos promotores del crecimiento se debe principalmente a la acción que éstos ejercen sobre la microbiota de los animales. La inclusión de probióticos en las dietas no promueve directamente el crecimiento

de los animales sino que facilitan la expresión del crecimiento al intervenir sobre el equilibrio de la microbiota intestinal. A pesar de la multitud de estudios existentes que corroboran la eficacia de los probióticos en alimentación animal, los mecanismos específicos por los cuales los probióticos ejercen su efecto beneficioso no son del todo conocidos, así como tampoco las interrelaciones que se producen entre estos ellos. En la **Figura 1** se describen los principales mecanismos de acción de los probióticos que han sido estudiados por diferentes autores.

Equilibrio de la microbiota intestinal

El género *Enterococcus* y en concreto la especie *E. faecium*, por ejemplo, forma parte de la microbiota normal de los cerdos (Devriese *et al*, 1994; citado por Broom *et al*, 2006). Así pues, uno de los efectos esperados de la inclusión de este probiótico en el pienso de los lechones es la posible influencia que éste pudiera ejercer sobre el equilibrio de la microbiota normal. Los probióticos tienen un efecto biorregulador sobre la flora gastrointestinal del hospedador, evitando desequilibrios en la misma y potenciando al mismo tiempo el desarrollo de la microflora indígena (Anadón *et al*, 2006). Por tanto, cabe esperar que se produzca un aumento del recuento de enterococos y bacterias ácido lácticas frente a un posible descenso en el recuento de aquellas bacterias patógenas. Un crecimiento de estas bacterias patógenas puede provocar desórdenes intestinales como diarreas y producir un descenso del crecimiento de los animales que presentan infecciones subclínicas (Fox, 1988). La inclusión de probióticos en las dietas de los lechones puede prevenir este tipo de infecciones y por tanto contribuye a mejorar los índices de producción de estos animales.

> “El objetivo principal de las alternativas a los antibioticos promotores del crecimiento es mantener los resultados zootécnicos obtenidos hasta el momento”

Broom *et al* (2006) no encontraron diferencias significativas, ni en el recuento de bacterias aeróbicas, anaerobias y bacterias ácido lácticas en el contenido, ni en el tejido del intestino delgado, así como tampoco en los nódulos linfáticos del mesenterio. Así mismo, el recuento de *E. coli* y de enterococos no se vio modificado. Pérez *et al* (2006) tampoco observaron cambios en el recuento de coliformes viables del contenido gastrointestinal tras la administración del probiótico. No obstante, sí se encontraron diferencias significativas debidas al efecto del tiempo de tratamiento. Los recuentos más altos se daban en el inicio del tratamiento y se redujeron hacia el final del ensayo. Al igual que en los trabajos anteriores, Scharek *et al* (2005) tampoco encontraron diferencias significativas en el recuento total de bacterias anaerobias y de coliformes, ni en el las heces de las cerdas, ni en el contenido intestinal de los lechones alimentados con el probiótico (*Enterococcus faecium* SF68). En dicho estudio, la colonización del intestino por parte de las bacterias coliformes en los lechones seguía un patrón similar en ambos grupos, aunque la colonización por parte de *E. coli* enteropatogénica β-hemolítica y del serotipo O141 fue menor en los animales tratados con el probiótico.

Bogovic *et al* (2004) no observó efecto significativo en el recuento total de coliformes tras el tratamiento de los lechones con *Lactobacillus gasseri* K7 y LF221. El efecto del tiempo sobre el recuento de estas bacterias sí fue significativo. El número de bacterias aumenta entre el día 1 y el 10, y disminuye los 15 últimos días. A diferencia de los trabajos anteriores en este caso si se obtuvieron resultados significativos en el recuento de lactobacilos. Los grupos tratados presentaban un mayor recuento de estas bacterias frente a los grupos control, 5 días después de suprimir el tratamiento el recuento de estas bacterias en los grupos tratados fue menor que en el control.

Cuadro I. Estudios sobre la adición de probióticos en dietas de lechones destetados.

Producto	Periodo	GMD	C	IC	D	Artículo
Enterococcus faecium DSM 10663 NCIMB 10415	Nacimiento(N)-Destete (D)	+	–	–	+	Zeyner *et al* (2006)
Enterococcus faecium CECT 410	Destete (21) a 42 días	+	+	+	–	Pérez Guerra *et al* (2006)
Enterococcus faecium DSM 7134.	D-49	+	–	+	–	EFSA (2007)
	D-54	0	–	+	–	
	D-47	+	–	+	–	
Enterococcus faecium SF68. Cylactin ME10 y ZnO	D-20	0	0	0	No D	Broom *et al* (2006)
Enterococcus faecium M-74 y aceite de orégano	D(30dias)-20	0	–	–	0	Marcin *et al* (2006)
Enterococcus faecium EK13	N-14 días	0	–	–	–	Strompfova *et al* (2006)
Enterococcus faecium. Cylactin	D(28)-75	0	0	0	–	Olsen *et al* (1999)
	0	0	0	–		
Bacillus licheniformis y *Bacillus subtilis*. Bioplus 2B	D-F(120d)	+	0	+	+	Alexopoulos *et al* (2004)
Lactobacillus gasseri K7 y LF221	D-25	0	0	+	–	Bogovic *et al* (2004)
Bacillus licheniformis (LSP122) y *Bacillus cereus var. toyoi* Toyocerin	D(25)-28	+	+	+	+	Kyriakis *et al*(1999)
Bacillus Cereus. CenBiot	N-D-60	+	–	+	–	Zani *et al* (1998)

GMD = Ganancia Media Diaria.
C=Consumo de pienso.
IC = Índice de Conversión.
D = incidencia de diarreas en los lechones.
(+) = el efecto del producto es favorable.
(0) = el producto no tiene efecto sobre las variables estudiadas.
(–) = no se ha estudiado en el trabajo.

La regulación del complejo ecosistema intestinal se lleva a cabo a través de exclusión competitiva. Ésta se produce o bien por competencia por los receptores del epitelio a los cuales se adhieren las bacterias o bien por competencia por los nutrientes disponibles en el medio (Mulder, 1997; citado por Fernández, 2005). La actividad de los probióticos como reguladores del ecosistema gastrointestinal se ha relacionado con la capacidad de ciertas bacterias de producir sustancias con actividad antimicrobiana como son las bacteriocinas (Cladera-Olivera, 2004). Stompfová *et al* (2006) administraron durante 14 días a lechones recién nacidos un preparado que contenía *Enterococcus faecium* EK13. Esta bacteria produce una bacteriocina (enterocina A) que es capaz de inhibir el desarrollo de otras bacterias como *Listeria sp.* y *Salmonella sp.* Se observó un aumento en el recuento de enterococos en las heces de los lechones tras la aplicación de *Enterococcus faecium* EK13. Tras 7 días de tratamiento el número de *E. coli* presentes en las heces era significativamente menor comparado con el grupo control. También se realizó un recuento de bacterias recogidas a partir del contenido intestinal (yeyuno, ileon, colon y ciego). El recuento de enterococos fue significativamente mayor en el grupo tratado. El recuento de *E. coli* no presentó diferencias significativas entre el grupo tratado y el control.

Además de las bacteriocinas, los ácidos grasos producidos consecuencia del metabolismo de los carbohidratos también tienen una actividad bactericida. Éstos compuestos inhiben

la adherencia de microorganismos patógenos a las paredes de la mucosa gastrointestinal, lo que impide que estas bacterias se establezcan. Stompfová *et al* (2006) analizó la concentración de ácidos orgánicos tras la adición del probiótico en distintas partes del intestino. En los grupos tratados con probióticos se observó un aumento significativo en la concentración de ácido láctico y de ácido propiónico en el colon.

También se ha observado que ciertas levaduras forman un complejo levadura-patógeno que evita que éste último se adhiera a la pared del intestino y que se elimina rápidamente (Gedek, 1989; citado por Blanch, 2005).

Mejora de la utilización de los nutrientes

Como consecuencia del control que los probióticos ejercen sobre el equilibrio del ecosistema digestivo, en general es de esperar que la adición de estas sustancias en las dietas contribuya a una mejor digestión de los nutrientes y por tanto un mejor aprovechamiento de los mismos. Esto se traduce en una mejora de los rendimientos productivos de los animales.

La mayor producción de ácidos grasos de cadena corta en el intestino supone un aporte de energía que contribuye al desarrollo de las células del epitelio. Así pues, se ha observado un aumento de la longitud de las microvellosidades del intestino delgado tras la adición de *Saccharomyces boulardii* y *Bacillus cereus var. toyoi.* (Baum *et al*, 2002; citado por Zeyner *et al*, 2006). Este mayor desarrollo de las vellosidades contribuye a aumentar la superficie de absorción de los nutrientes.

En contraposición a lo expuesto en el trabajo anterior, Reiter *et al* (2006) no encontraron diferencias significativas en la altura de las vellosidades intestinales para los grupos tratados con *Enterococcus faecium* NCIMB 10415, y *Bacillus cereus var. toyoi.* No se encontraron diferencias significativas en referencia a la profundidad de las criptas entre los grupos tratados y el control, aunque sí observaron un aumento de la profundidad de las mismas en el grupo alimentado con *E. faecium* a medida que aumentaba la edad de los animales.

> “La eficacia de los probióticos como alternativa a los antibióticos promotores del crecimiento se debe principalmente a la acción que éstos ejercen sobre la microbiota de los animales”

En el trabajo de Scharek *et al* (2005), ni la longitud de las vellosidades, ni la profundidad de las criptas se vio afectada por el tratamiento con probióticos. El desarrollo del epitelio intestinal fue similar para ambos grupos (control y tratados con el probiótico). Sí se observó una modificación del ratio altura de vellosidades y profundidad de las criptas tras el destete, pero con patrones similares en ambos grupos.

Así mismo, en otros estudios también con *Bacillus cereus var. toyoi* se han observado efectos positivos sobre la lipasa endógena de los lechones lo que contribuye a una adecuada digestión de la grasa y mejora el aporte de energía. Además se observó mayor presencia de ácidos biliares conjugados que contribuyen a mejorar la digestión y absorción de los lípidos en el intestino delgado (Jadamus *et al*, 2002).

Otro de los efectos sobre la absorción de los nutrientes en animales tratados con probióticos es el aumento de la permeabilidad de la mucosa lo que facilita una mayor absorción de nutrientes. Se ha comprobado también que se produce un estímulo del transporte de glucosa a través de las células del yeyuno de los cerdos (Breves *et al*, 2000; citado por Zeyner *et al*, 2006).

Estímulo de la respuesta inmune

Distintos estudios han comprobado que algunos probióticos actúan estimulando el sistema inmune del lechón aumentando la producción de IgA e IgG (Vitíni *et al*, 2000; citado por Scharek *et al*, 2005). Muchos de estos estudios

se han realizado en especies como ratones; en el caso del porcino otros estudios no han encontrado cambios en la capacidad inmunitaria. Este es el caso de Scharek *et al* (2005), donde no se observaron efectos claros sobre la estimulación del sistema inmune de cerdas y lechones alimentados con *Enterococcus faecium*. En la misma línea Broom *et al* (2006), tampoco obtuvo efectos significativos en la concentración de IgG en el suero y en la concentración de IgA intestinal de los lechones del grupo tratado con el probiótico.

Además, la adición de probióticos en las dietas tiene efecto sobre la salud de los lechones destetados. Una menor morbilidad y mortalidad de los lechones se traduce en una reducción de los gastos de tratamientos y de las horas de trabajo ligadas a estos problemas.

Kyriakis *et al* (1999) encontraron diferencias entre los grupos tratados y los grupos control. Del mismo modo la incidencia de diarreas en los grupos control fue mayor. Alexopoulos *et al* (2004) observó una mayor mortalidad y una mayor incidencia de diarreas en los grupos control, pero estos resultados no eran significativos estadísticamente.

Resultados productivos

El efecto de la adición de los probióticos a las dietas de los lechones se manifiesta a nivel productivo en una mejora de la ganancia media diaria, un mayor consumo y mejoras en los índices de conversión. Así mismo, se ha comprobado que la inclusión de estos aditivos provoca efectos beneficiosos sobre la salud de los animales. Los trabajos realizados sobre la utilización de probióticos en el pienso de lechones destetados, son numerosos y los resultados obtenidos en cada uno de ellos son variables. En el **Cuadro I** se muestran algunos de los trabajos existentes, así como los resultados obtenidos. Todo ellos proceden de la revisión realizada en el marco del informe UE realizado al respecto.

Bibliografía

La bibliografía citada se encuentra a disposición de los lectores que la soliciten.

Porcino · Fitasa · Cebada · Trigo

Línea completa de premezclas enzimáticas para monogástricos: fitasa, xilasa, β-glucanasa

459/07

VENTAJAS

- Mejor funcionamiento digestivo.
- Mejor aprovechamiento del pienso.
- Mejores camas, menos decomisos.
- Disminución de diarreas.
- El mejor asesoramiento profesional y la mejor relación costo/beneficio

SERVICIOS

"Compromiso íntegro con nuestros clientes para optimizar calidad y costes"

· Nutrición
· Formulación
· Asesoramiento en Producción
· Control de calidad
· Modelización
· Formación

SETNA NUTRICIÓN, S.A.
E-mail: setnanutricion@setna.com
www.setna.com

C/ El Clavo,1 Pol. Ind. Santa Ana
28529 Rivas Vaciamadrid (Madrid) España

Tel.: (34) 91 666 85 00
Fax: (34) 91 666 71 94