

Estrategias nutricionales para el control de *Salmonella* en porcino.

Formi[®] : producto de elección en el control de *Salmonella*.

Victoria Pascual Castellón

Departamento Técnico MIAVIT NUTRICIÓN ANIMAL

nutricionanimal@miavit.es ; victoria.pascual@miavit.es

Tel. : 609 333 809

Pablo Fuentes Cot

pablo.fuentes@miavit.es

Tel. : 600 419 809

INTRODUCCIÓN

En los últimos 30 años, el concepto de seguridad alimentaria ha ido evolucionando adaptándose a las exigencias de la sociedad actual.

El concepto se creó en 1.974 cuando la Cumbre Mundial sobre Alimentación definió la seguridad alimentaria desde el punto de vista de suministro de alimentos : “Asegurar la disponibilidad y la estabilidad nacional e internacional de los precios de los alimentos básicos”. Posteriormente, en 1.983, la FAO se centró en el acceso a los alimentos : “Asegurar que todas las personas tengan en todo momento acceso físico y económico a los alimentos básicos que necesitan”. Finalmente, en 1.996, la Cumbre Mundial sobre la Alimentación estableció una definición de índole multidimensional : “Existe seguridad alimentaria cuando todas las personas tienen en todo momento acceso físico y económico a suficientes alimentos inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias en cuanto a los alimentos a fin de llevar una vida activa y sana”.

Sin embargo, la confianza de los consumidores en la seguridad de los productos alimenticios se ha visto alterada por una serie de crisis sanitarias relacionadas con los alimentos (BSE, dioxinas, uso antibióticos,... etc.).

Para hacer frente a este problema, la Unión Europea está aplicando una estrategia global, a fin de que los ciudadanos vuelvan a confiar en la seguridad de los alimentos, basada en una combinación de normas alimentarias, zoonitarias y fitosanitarias que se aplican tanto a los alimentos producidos en la UE como a los importados.

En este marco, las autoridades europeas han adoptado medidas para la vigilancia y el control de los agentes zoonóticos con la publicación de normativas comunitarias :

- ⇒ Directiva 2003/99/CE sobre la vigilancia de las zoonosis y los agentes zoonóticos.

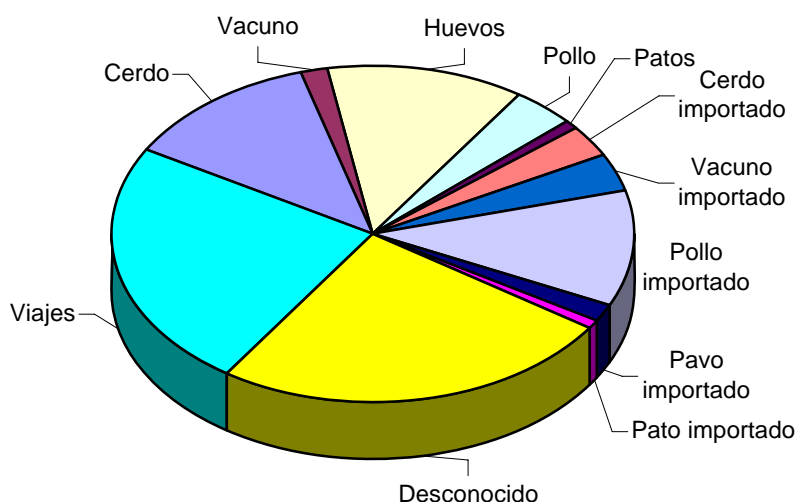
- Reglamento CE 2160/2003 sobre el control de la *Salmonella* y otros agentes zoonóticos específicos transmitidos por los alimentos.

La salmonelosis es una de las principales toxiinfecciones alimentarias por zoonosis en los países desarrollados. Según los informes publicados conjuntamente por la Autoridad europea de seguridad alimentaria (EFSA) y el Centro de prevención y control de enfermedades (ECDC), en el 2006 y 2007 las enfermedades zoonóticas afectaron a más de 350.000 personas en la Unión Europea. Siendo la salmonelosis la segunda zoonosis más frecuente, con 160.649 y 151.995 casos declarados en 2006 y 2007, después de la campilobacteriosis, con 175.561 y 200.507 casos declarados en 2006 y 2007. No obstante, las estadísticas infravaloran la incidencia real de la enfermedad ya que los casos más leves no se declaran. Aunque la incidencia de salmonelosis ha disminuido en los últimos años, pasando de la primera a la segunda plaza en importancia, sigue siendo un problema importante para la salud pública.

En España, en 2006 y 2007, según datos del Laboratorio Nacional de Referencia de *Salmonella*, se dieron 5.117 y 3.659 casos en humana, respectivamente.

Un estudio realizado en Dinamarca en 2005 (Anon, 2006) cuantifica el origen de los casos de salmonelosis en humana, atribuyendo que la carne de cerdo es el origen de un 9,8-20,7 % de las toxiinfecciones por *Salmonella*. Los huevos y ovo productos, el cerdo de origen nacional y el pollo de importación son los principales responsables de la enfermedad en humana (figura 1).

Figura 1. Estimación del origen de los casos de salmonelosis en humana en Dinamarca en 2005 (Anon, 2006).



No debemos olvidar, que la *Salmonella* también tiene importancia desde el punto de vista de la sanidad animal traduciéndose en un aumento de los costes de producción y una menor rentabilidad de las explotaciones.

A nivel nacional, se han puesto en marcha estudios de prevalencia de *Salmonella* en la cabaña porcina con el fin de conocer la situación actual y sentar las bases para fijar un objetivo comunitario de reducción de prevalencia. Inicialmente, se preveía que los Programas Nacionales de Control se instauraran en España durante el 2010 en cerdos de engorde y un año después en cerdas reproductoras. Actualmente la Comisión europea

está realizando un estudio de costes-beneficio sobre las diferentes medidas a aplicar en los programas de control que se tendrá en consideración para el establecimiento de los objetivos de reducción, a finales de 2.009. Finalmente, parece que los Programas Nacionales de Control se instauraran de forma conjunta para cerdos de engorde y cerdas reproductoras aproximadamente 18 meses después de conocerse los objetivos comunitarios de reducción de prevalencia.

SALMONELLA

Salmonella es un género de bacterias Gram- anaerobias facultativas que pertenece a la familia de las Enterobacterias. Aunque el principal reservorio es el tracto gastrointestinal de las aves y los mamíferos, se ha aislado prácticamente en todo tipo de animales. Es capaz de sobrevivir y multiplicarse durante largos periodos en el ambiente, soportando bien la congelación y en gran medida la desecación. La inactivación se produce por calor, luz, aplicación de desinfectantes y su supervivencia disminuye en pH ácido.

La salmonelosis habitualmente se transmite por vía fecal-oral, si bien también se ha descrito la posibilidad de infección por vía aérea a través de la inhalación de aerosoles o partículas de polvo contaminadas (Davies y Funk, 1.999). Tras la ingestión de una dosis suficiente, capaz de atravesar la barrera gástrica, puede llegar al intestino y adherirse por medio de fimbrias al epitelio intestinal, penetrando por endocitosis y diseminándose a tejido linfoide donde se producirá la multiplicación bacteriana. La dosis infectante varía en función del serotipo, la edad del cerdo y su estado inmunitario, siendo las heces la vía más frecuente de eliminación y la de mayor importancia epidemiológica.

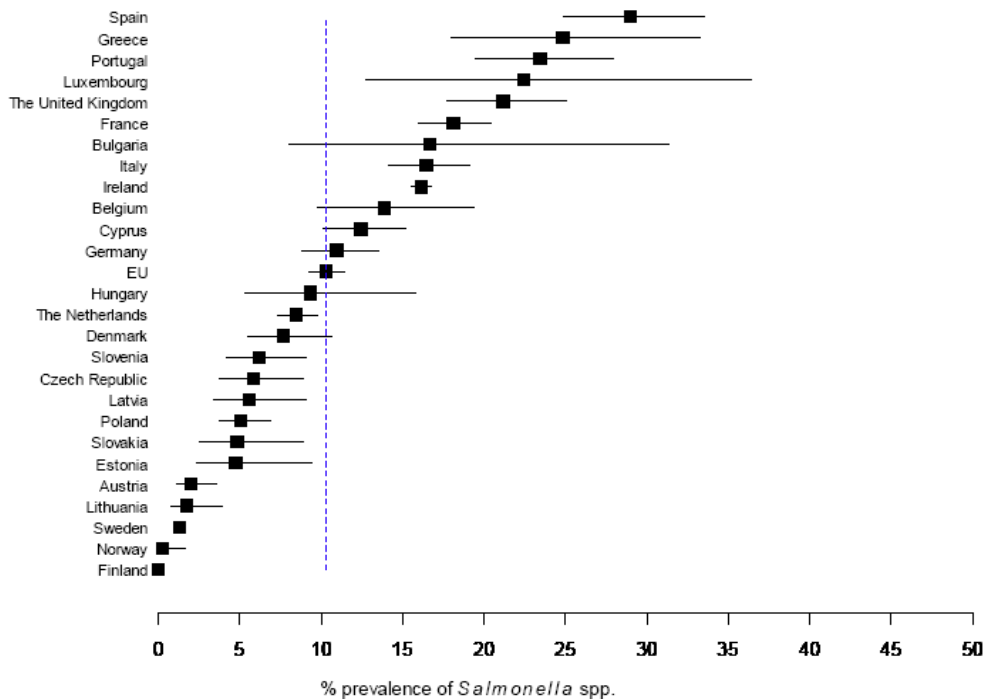
En el cerdo, en caso de dosis infectivas bajas o tras la recuperación incompleta de un cuadro agudo, se produce una infección subclínica que no se asocia a ninguna sintomatología y pasa de forma desapercibida. Estos portadores asintomáticos pueden excretar de forma intermitente *Salmonella* en las heces. En condiciones de estrés, muy habituales en las condiciones de explotación intensivas (alta densidad, temperatura extrema, ventilación inadecuada, destete, parto, tratamientos con corticoesteroides, cargas, transporte,...), aumenta la proliferación de *Salmonella* y por tanto su excreción a la vez que incrementa la susceptibilidad de los animales expuestos.

La medicación de los animales sólo se aconseja en caso de infección clínica. Su aplicación en portadores subclínicos no reduce la prevalencia, ni la magnitud ni el periodo de excreción del patógeno (Dahl et al., 1.997) e incluso puede contribuir a la aparición de resistencias (Mateu, 2.001). La Unión Europea ha decidido no utilizar estrategia antibiótica para el control de *Salmonella* debido al alto grado de resistencia de la bacteria. En este sentido, no debemos olvidar que las bacterias tienen la capacidad de intercambiar plásmidos que pueden contener genes de resistencia no sólo entre bacterias de la misma especie sino también entre diferentes especies.

La vacunación parece tener, a día de hoy, una eficacia muy limitada desde el punto de vista de seguridad alimentaria debido a la falta de especificidad para determinados serotipos (Davies y Funk, 1.999). Conseguir una vacuna para una bacteria de la que se conocen más de 2.400 serotipos no es nada fácil. Las autovacunas, elaboradas específicamente para un grupo de animales, pueden ser una alternativa interesante en este sentido.

Según el estudio realizado por la EFSA entre octubre de 2.006 y septiembre de 2.007, la prevalencia de *Salmonella* en ganglios linfáticos mesentéricos en cerdos de engorde varía considerablemente entre los 24 Estados Miembros y Noruega, entre 0 y 29 % con una media de 10,3% (figura 2). España, Grecia y Portugal, en este orden, presentan los mayores índices de prevalencia de *Salmonella*. El único país que no tuvo ningún animal positivo en el estudio fue Finlandia y en Noruega tan sólo uno.

Figura 2. Estudio de referencia comunitario para la estimación de la prevalencia de *Salmonella* en ganglios linfáticos mesentéricos en cerdos de engorde en UE y Noruega en 2.006-2.007 (The EFSA Journal (2.008)135, 1-111).



© European Food Safety Authority, 2008

En este mismo estudio, en 13 Estados Miembros entre los que no se encuentra España, la prevalencia de contaminación por *Salmonella* en canales oscilaba entre 0 y 20 % con una media de 8,3 %. Así mismo, 9 Estados Miembros realizaron análisis serológicos con diferentes tests de detección de anticuerpos siendo los resultados no comparables entre ellos. Los resultados obtenidos oscilaron entre 3,5 % y 33,3 % de prevalencia.

Los cerdos pueden infectarse con cualquier serotipo de *Salmonella*, tal y como corrobora el citado estudio. En él se aislaron 87 diferentes serotipos. La tabla 1 detalla la distribución de los 10 serotipos más frecuentes de *Salmonella* en la UE (24 Estados Miembros) y España, siendo *S. Typhimurium* (40 %) y *S. Derbi* (14,6 %) los más frecuentes en la UE y *S. Typhimurium* (36,1 %) y *S. Rissen* (15,6 %) los más frecuentes en España.

No obstante, aunque el género *Salmonella* está presente en toda la geografía, los serotipos más frecuentes pueden variar a lo largo del tiempo y de la zona geográfica. Las autoridades europeas están preocupadas por la creciente importancia de la *S. Typhimurium* DT104 ya que presenta resistencia a la mayoría de antibióticos.

Tabla 1. Distribución (%) de los 10 más comunes serotipos de Salmonella en ganglios linfáticos mesentéricos en cerdos de engorde en UE y España en 2.006-2.007 (The EFSA Journal (2.008)135, 1-111).

	UE	ESPAÑA
<i>S. Typhimurium</i>	40,0	36,1
<i>S. Derby</i>	14,6	10,2
<i>S. 4,[5],12:i</i>	6,1	12,0
<i>S. Rissen</i>	5,8	15,6
<i>S. Enteritidis</i>	4,8	1,1
<i>S. Anatum</i>	2,4	3,7
<i>S. Bredeney</i>	2,0	3,5
<i>S. Infantis</i>	1,9	0
<i>S. London</i>	1,3	1,4
<i>S. Brandenburg</i>	1,2	1,1
Otros serotipos	19,9	15,3

Existen varios estudios epidemiológicos realizados en diferentes países que demuestran que *S. Enteritidis* y *S. Typhimurium* son en este orden los principales responsables de la enfermedad en humana (ambos serotipos son responsables del 81 % de los casos diagnosticados en humana en UE en 2.007). En general, huevos, ovo productos y la carne de pollo son las principales fuentes de *S. Enteritidis* mientras que la carne de cerdo es la fuente más importante de *S. Typhimurium*.

Los serotipos más frecuentemente aislados en materias primas o pienso, *S. Tennessee*, *S. S. Mbandaka*, *S. Cubana*, *S. Livingstone* y *S. Anatum*, no se corresponden a los serotipos con una mayor incidencia en la población animal y humana (Davies y Funk,1.999; Mousing et al.,1.997). No por ello, deja de ser importante su control ya que cualquier serotipo puede ocasionar un problema de seguridad alimentaria y por ello se convierte en un objetivo a controlar.

El Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MARM) ha elaborado un Programa Nacional de Investigación de *Salmonella* en piensos. Este programa ha evaluado la presencia de la bacteria en distintas materias primas, piensos compuestos destinados a la alimentación animal y muestras medioambientales de los centros de producción en un total de 600 fábricas de pienso . Este plan de investigación es de especial relevancia en el contexto europeo por ser el primer estudio de amplio alcance que se realiza en piensos lo que permite tener datos epidemiológicos a lo largo de toda la cadena alimentaria. Los resultados presentados a finales de 2.008, además de cuantificar el potencial riesgo de los piensos como transmisores de *Salmonella*, podrán ser utilizados

por las Autoridades Europeas para establecer criterios microbiológicos en las materias primas y piensos.

La tabla 2 indica los niveles de prevalencia de *Salmonella* en las 600 fábricas objeto de estudio. Los resultados se analizan para *Salmonella spp.* y para los serotipos de *Salmonella* con incidencia en Salud Pública (*S. Enteritidis*, *S. Typhimurium*, *S. Infantis*, *S. Virchow* y *S. Hadar*).

Tabla 2. Prevalencia de *Salmonella* (%) en materias primas, piensos compuestos completos y muestras medioambientales de 600 fábricas de piensos españolas durante 2.008 (Plan Nacional de Investigación de *Salmonella* en pienso, MARM 2.008).

	<i>Salmonella spp.</i>	<i>Salmonella</i> incidencia Salud Pública
Materias Primas	9,8	0,3
Pienso Completo	8,1	1,0
Cualquier muestra	27,0	3,0

Según este estudio, no se observaron diferencias significativas en el nivel de prevalencia de *Salmonella* en los diferentes tipos de fábricas de piensos por su volumen de producción, si bien las fábricas de piensos pequeñas (menos 1000 Tn/mes) presentaron unos niveles de contaminación ambiental muy superiores. Tampoco se observaron diferencias significativas en el nivel de prevalencia de serotipos de *Salmonella* con incidencia en la Salud Pública entre los diferentes tipos de fábricas, a excepción del grupo de más de 10.000 Tn/mes en las que no se dio ningún caso.

Por lo que respecta a las materias primas, el riesgo de contaminación con *Salmonella* es mayor en las materias de origen animal, semillas de oleaginosas y sus subproductos y subproductos de cereales. En pienso, lógicamente, el nivel de contaminación con *Salmonella*, tomada la muestra inmediatamente después de su fabricación y por tanto sin recontaminaciones post-fabricación, es superior en los piensos en harina que granulados.

No parece existir una alta correlación entre los principales serotipos de *Salmonella* aislados en materias primas, piensos compuestos y muestras medioambientales en las fábricas de pienso españolas y los serotipos aislados en ganglios linfáticos mesentéricos de cerdos de engorde en España (tabla 3). Si bien es difícil sacar conclusiones a respecto, es importante destacar que a pesar de que la contaminación con serotipos de *Salmonella* de incidencia en la Salud Pública de las materias primas no es frecuente, estos serotipos sí aparecen en el pienso completo y en las muestras medioambientales.

Con todo ello, podemos concluir que para garantizar la calidad microbiológica del pienso, además de aplicar sistemas de descontaminación en las materias primas y pienso completo, es muy importante implantar sistemas de calidad APPCC y buenas prácticas de fabricación que hagan también hincapié en los protocolos de limpieza y desinfección de las instalaciones de acuerdo a los distintos puntos críticos de control de la fábrica en cuestión (piquera materias primas, báscula, elevador, granuladora, molino, aspiraciones polvo, mezcladora, enfriador, ensacado, silos de carga,...etc.).

Tabla 3. Principales serotipos de *Salmonella* (%) aislados en materias primas, piensos compuestos completos y muestras medioambientales de 600 fábricas de pienso españolas durante 2.008 (Plan Nacional de Investigación de Salmonella en pienso, MARM 2.008).

Principales serotipos de Salmonella en ganglios linfáticos mesentéricos en cerdos de engorde en España en 2.006-2.007 (The EFSA Journal (2.008)135, 1-111).

Materia Prima (%)		Pienso Completo (%)		Ambiente (%)		Cerdos (%)	
Senftenberg	13,7	Anatum	8,5	Anatum	10,7	Typhimurium	36,1
(I) 1,31,19:-:-	8,6	Mbandaka	8,5	Mbandaka	7,1	Rissen	15,6
Livingstone	6,8	Senftenberg	6,8	Typhimurium	7,1	4,[5],12:i	12,0
Cerro	5,1	Tennessee	6,8	Montevideo	6,0	Derby	10,2
Mbandaka	5,1	Typhimurium	5,8	Agona	4,8	Anatum	3,7
Subsp. Salamae	5,1	Agona	5,1	London	3,6	Bredeney	3,5
Adelaide	3,4	(I) 1,13,23:i:-	5,1	Newport	3,6		
Lexington	3,4	(I) 6,7:--	3,4	Rissen	3,6		
		Bonariensis	3,4				
		Subsp. Diarizonae	3,4				
		Hadar	3,4				
		Livingstone	3,4				

Serotipos de *Salmonella* con incidencia en Salud Pública (*S. Enteritidis*, *S. Typhimurium*, *S. Infantis*, *S. Virchow* y *S. Hadar*).

PLANES DE CONTROL DE *SALMONELLA*

La epidemiología de la salmonelosis es compleja debido a la posibilidad de producirse la contaminación en cualquier punto de la cadena alimentaria. Por lo tanto, cualquier plan de control de *Salmonella* debe diseñarse de forma global teniendo en cuenta todos los eslabones de la cadena alimentaria: materias primas para la alimentación animal, fabricación de piensos compuestos, agua de bebida, la granja, transporte de animales, e matadero, la sala de despiece, la industria de transformación, distribución e inclusive la conservación y preparación del producto cárnico por el consumidor en el hogar.

En la situación actual, con una elevada prevalencia de *Salmonella* en la mayoría de granjas españolas, no es posible erradicar la *Salmonella* pero si reducir todo lo posible su presencia en las mismas.

Obviamente, el control de *Salmonella* en las explotaciones porcinas es un punto crítico en el que las estrategias nutricionales junto con las medidas de bioseguridad desempeñan un papel clave. La estrategia de control debe perseguir los siguientes objetivos :

1. Reducir el riesgo de introducción de la *Salmonella* en la granja.

La entrada del patógeno a la explotación puede producirse por animales nuevos, pienso, agua, pájaros, roedores, otros animales, personal, herramientas, vehículos de transporte,... etc. La presencia de roedores u otros animales además de ser vehículos de entrada de la infección actúan como mecanismos amplificadores ya que excretan gran cantidad del patógeno en las heces.

2. Reducir los niveles de contaminación ambiental.

La importancia del ambiente como fuente de infección de *Salmonella* obliga a revisar las prácticas de higiene y manejo a fin de reducir este tipo de contaminación (desinfección de las instalaciones, diseño de las instalaciones, materiales de construcción, flujo de animales,... etc.).

Otro punto importante es la reducción de la excreción del patógeno minimizando el estrés, en la medida de lo posible. Además, un estatus sanitario deficiente agrava el problema ya que distintos tipos de diarrea actúan como elemento predisponente para aumentar la prevalencia de *Salmonella*.

3. Reducir la diseminación de la *Salmonella* dentro de la granja.

Deben adoptarse una serie de medidas que minimicen la propagación del patógeno dentro de la granja como son ; uso de pediluvios, higiene del personal, ropa y calzado específico para zonas de riesgo, ubicación de las enfermerías, flujo de animales, ... etc.

Las pautas de limpieza deben evitar el contacto directo de los animales con el purín ya que es uno de los factores más correlacionados con el aumento de la prevalencia de *Salmonella*.

4. Aumentar la resistencia a la colonización de los animales.

La genética puede influir en la resistencia de los animales a la infección por *Salmonella*, pudiendo ser un tema de estudio interesante si bien existen pocos trabajos al respecto.

Entre las medidas de control que pueden contribuir a mejorar la resistencia de los animales a la infección destacan principalmente las estrategias nutricionales. Dichas estrategias se basan en crear un entorno sano en el intestino con un gran contenido de sólidos en el estómago que configuren un entorno inhóspito para la *Salmonella*.

LA ALIMENTACIÓN DENTRO DE LOS PLANES DE CONTROL

La alimentación juega un papel muy importante en el control de *Salmonella* no sólo por ser una fuente de infección sino porque puede contribuir a la mejora de la salud intestinal de animal. Esto afecta positivamente sobre la resistencia del animal a la colonización y por tanto disminuyendo la prevalencia de *Salmonella*.

La industria del pienso está obligada a implantar sistemas de calidad basados en criterios APPCC (Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control) que junto con la aplicación de buenas prácticas de fabricación puedan garantizar la calidad microbiológica del pienso (Reglamento CE nº 1831/2003 por el que se fijan requisitos en materia de higiene de piensos). Así, los productos alimenticios no deben contener **microorganismos** ni sus **toxinas o metabolitos** en cantidades que supongan un riesgo inaceptable para la salud humana.

En este sentido, abordaremos el tema desde dos ópticas diferentes: por un lado la higiene microbiológica del pienso y por otro una serie de estrategias nutricionales que contribuir al control de la *Salmonella* en el cerdo. Es importante tener presente que la implantación de un sistema de control efectivo de la alimentación debe conjugar ambos aspectos, es decir, no son sustituibles sino que se complementan.

CONTROL MICROBIOLÓGICO DE LAS MATERIAS PRIMAS Y PIENSOS

Se trataría de evitar o minimizar la contaminación biológica, incluida la *Salmonella*, de las materias primas y piensos. La evaluación de proveedores y los controles efectuados a la entrada de la mercancía no permiten la garantía de la no contaminación biológica. Además, aún entrando la materia prima no contaminada la contaminación puede darse posteriormente en fábrica por numerosos factores : roedores, pájaros, otros animales, personal, instalaciones, maquinaria, ... etc.

La descontaminación de las materias primas, además de obligatoria desde el punto de vista legislativo, a la entrada en fábrica es fundamental para evitar el crecimiento microbiológico de los piensos. El riesgo de crecimiento microbiológico depende del agua activa (W_a) y del pH.

- ⇒ El agua activa es el contenido de agua libre que los microorganismos utilizan para crecer. El crecimiento microbiológico es exponencial ya que cuando se

inicia se libera más agua activa y sube el pH favoreciendo posteriores contaminaciones.

El contenido de agua activa necesaria para el crecimiento varía en función del microorganismo :

Hongos	a partir de 0,65 de Wa
Hongos productores de toxinas	a partir de 0,75 de Wa
<i>Salmonella</i> spp.	a partir de 0,90 de Wa

Así, el control del crecimiento fúngico, que es el primero que se produce por su menor necesidad en agua activa, debe ser el primer objetivo a controlar. Si bien el crecimiento bacteriano no debe despreciarse y deberá ser el segundo objetivo a controlar.

- ⇒ Todos los microorganismos tienen un pH óptimo de crecimiento y un rango de pH fuera del cual no pueden proliferar.

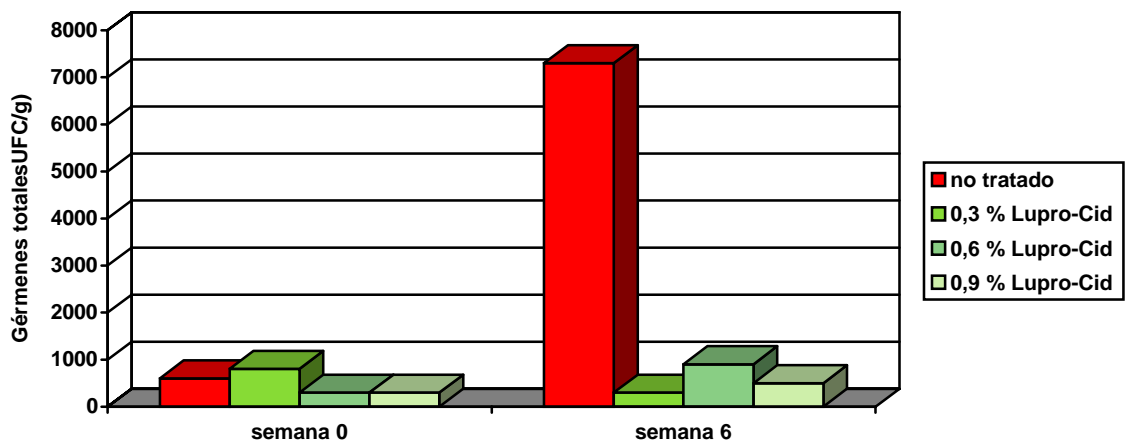
En general, los hongos tienen un pH óptimo cercano a 5 mientras que para bacterias se da alrededor de pH = 7 (tabla 4).

Tabla 4. Rango de pH para el crecimiento de *Salmonella* spp. y *Escherichia Coli*.

	Límite Inferior	Óptimo	Límite Superior
<i>Salmonella</i> spp.	4,0	6,5-7,5	9,0
<i>Escherichia Coli</i>	4,4	6,0-7,0	9,0

Los sistemas de descontaminación combinan tratamientos químicos y/o tecnológicos. Los tratamientos químicos están basados en la sensibilidad de los microorganismos a pH ácido y los tecnológicos en tratamientos térmicos.

Figura 3. Recontaminación microbiológica tras 6 semanas después del tratamiento térmico (Hadorn, Wiedmer, Feuerstein, 2.000).



Los tratamientos térmicos son muy eficaces en el momento de su aplicación. No obstante, un pienso al que se le ha sometido a un tratamiento térmico debe protegerse también con ácidos orgánicos para evitar posteriores recontaminaciones. La esterilización aumenta el riesgo de recontaminación ya que facilita la colonización posterior por bacterias patógenas al no existir otra flora que compita con ellas en el crecimiento (figura 3).

ÁCIDOS ORGÁNICOS COMO AGENTES ANTIMICROBIANOS

El uso de ácidos orgánicos crea un medio hostil para el crecimiento microbiológico. El modo de acción se resume en el cuadro siguiente.

Cuadro 1. Modo de acción de los ácidos orgánicos (Roth y Kichgessner, 1.995).

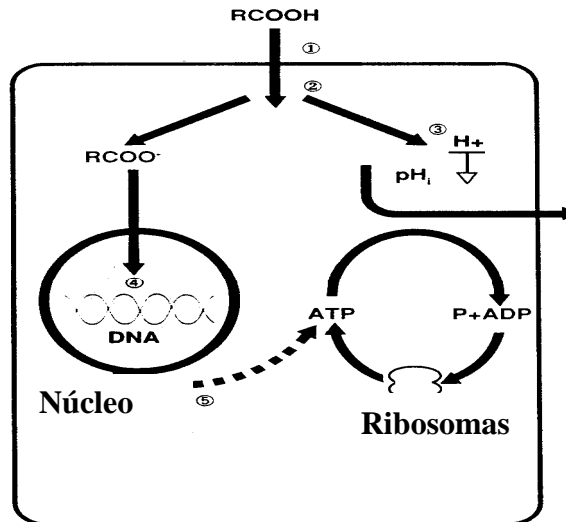
Alimento	Reducción del valor pH y la capacidad tampón	
	Efecto antimicrobiano (bacterias, levaduras, hongos)	
Tracto digestivo	1) H+	<ul style="list-style-type: none"> * Reducción pH en el estómago * Influencia en la pepsina * Influencia en la microflora
	2) Anión-	<ul style="list-style-type: none"> * Agente complejo para cationes (Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Fe⁺⁺, Cu⁺⁺, Zn⁺⁺) * Influencia en la microflora
Metabolismo	Fuente de energía	

Los ácidos ejercen sobre los microorganismos dos tipos de efecto, aunque estrechamente relacionados. En primer lugar, existe una acción bacteriostática debida a la acidez en sí de todo tipo de ácidos, tanto orgánicos como inorgánicos, basada en la bajada del pH de medio.

El segundo tipo es la acción bactericida debida a la forma no dissociada de los ácidos orgánicos que es capaz de atravesar la pared celular bacteriana, especialmente importante en el caso de las bacterias gram negativas; y este efecto tiene mayor importancia que la bajada de pH por sí misma (figura 4). Una vez en el interior de la bacteria, el ácido puede disociarse disminuyendo el pH intracelular lo que provoca grandes alteraciones en el gradiente de protones a través de la membrana obligando a utilizar su propia energía para recuperar el equilibrio osmótico, interfiriendo con los sistemas de transporte de aminoácidos y fosfatos, además de inactivar muchas enzimas esenciales debido a este pH ácido (Bearson et al., 1.997). El anión perjudica la síntesis de ADN evitando la replicación de la bacteria y además al aumentar la concentración interna de aniones se activa el mecanismo de compensación de carga eléctrica que obliga a la bacteria a aumentar los niveles de Na⁺, K⁺, y/o glutamato lo que produce un aumento de la

presión mecánica sobre la pared de la bacteria pudiéndose llegar a la destrucción de la célula (Foster, 1.999).

Figura 4. Efecto bactericida debido a la forma no disociada de los ácidos orgánicos.



Los ácidos inorgánicos no tienen esta acción bactericida ya que todo el ácido se encuentra disociado en disolución.

En la elección de la estrategia acidificante es importante conocer las características propias de cada ácido (cuadro 2). El concepto de pKa, que es el pH al cual un 50 % de ácido está disociado, nos proporciona una idea de la fuerza del ácido. A menor masa molar mayor facilidad tiene el ácido para atravesar la pared celular y entrar en la bacteria. Un punto muy importante es la solubilidad en agua puesto que para que ejerza su función deberá solubilizarse previamente.

Cuadro 2. Características químicas de los ácidos orgánicos (Foegeding y Busta, 1.991).

Ácidos	Fórmula	Solubilidad en H ₂ O	Mol g	Equiv* g	Forma	pKa**
Fórmico	HCOOH	Muy Alta	46,03	46,03	Líquida	3,75
Acético	CH ₃ COOH	Muy Alta	60,05	60,05	Líquida	4,76
Propiónico	CH ₃ CH ₂ COOH	Muy Alta	74,08	74,08	Líquida	4,88
Butírico	CH ₃ CH ₂ CH ₂ COOH	Muy Alta	88,12	88,12	Líquida	4,82
Láctico	CH ₃ CH(OH)COOH	Alta	90,08	90,08	Líquida	3,83
Sórbico	CH ₃ CH:CHCH:CHCOOH	Baja	112,14	112,14	Sólida	4,76
Fumárico	COOHCH:CHCOOH	Baja	116,07	58,03	Sólida	3,02/4,38
Málico	COOHCH ₂ CH(OH)COOH	Muy Alta	134,09	67,05	Sólida	3,4/5,1
Tartárico	COOHCH(OH)CH(OH)COOH	Alta	150,09	75,05	Líquida	2,93/4,23
Cítrico	COOHCH ₂ C(OH)(COOH)CH ₂ COOH	Alta	192,14	64,05	Sólida	3,13/ 4,76/ 6,4

* Considerando liberación de H⁺
 ** Pka = pH al cual está 50 % disociado

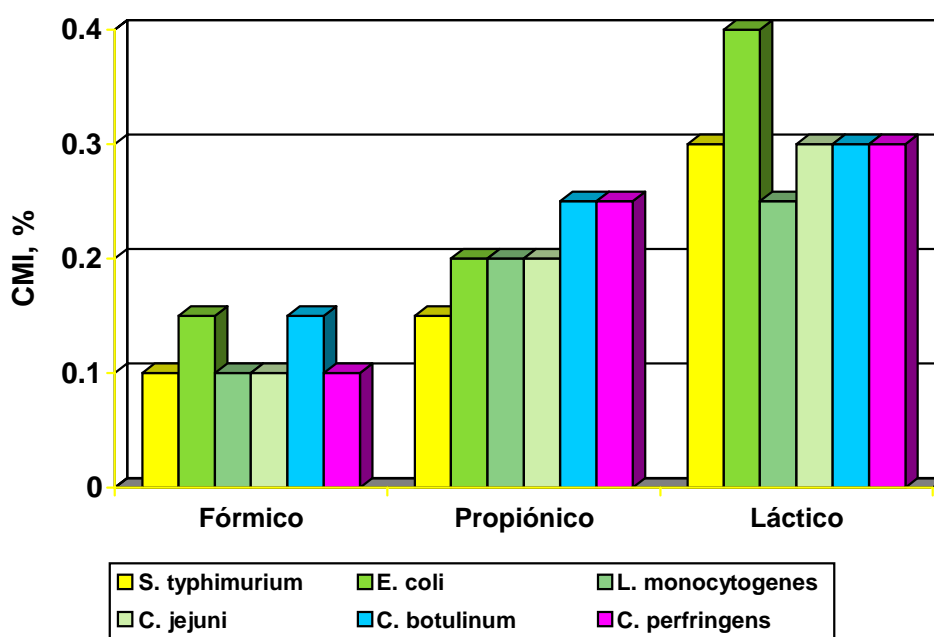
Así pues la mayor o menor actividad inhibitoria de la forma no disociada depende principalmente de la capacidad de atravesar la pared celular de la bacteria, y por lo tanto resultarán más eficaces las moléculas de pequeño tamaño y alta solubilidad en agua como es el ácido fórmico. No obstante, la toxicidad del ácido una vez ha penetrado en la bacteria depende del anión y por tanto deberá estudiarse para cada ácido orgánico y cada tipo de microorganismo.

A continuación, en la tabla 5, se detalla la concentración mínima inhibitoria (CMI) para los diferentes grupos de microorganismos de diferentes ácidos.

Tabla 5. Concentración Mínima Inhibitoria (kg/Tn) versus hongos, bacterias y levaduras (Coelho,1.996).

	Fórmico	Acético	Propiónico	Sórbico	Butírico	Benzoico
Hongos	2,1	2,4	1,9	2,0	2,9	2,9
Bacterias	2,4	3,9	3,9	12,4	10,0	12,6
Levaduras	2,1	8,0	6,6	2,5	7,2	7,0

Figura 5. Concentración Mínima Inhibitoria (%) versus algunas bacterias patógenas de interés en la producción animal (LUFA Speyer,2.000).



En líneas generales, el ácido propiónico es el antifúngico por excelencia y el ácido fórmico el de elección por su actividad antibacteriana. Si bien, la diferencia de CMI para hongos entre los diferentes ácidos no es tan importante, en el caso de las bacterias, ácidos como el benzoico y sórbico presentan una CMI muy alta.

Si analizamos la concentración mínima inhibitoria para diferentes bacterias patógenas de los ácidos más comúnmente empleados llegamos a conclusiones interesantes (figura 5). El ácido fórmico se confirma como el más efectivo contra todas las bacterias objeto de estudio y el ácido propiónico, además de ser un buen antifúngico, es más efectivo que el ácido láctico en todos los casos.

En el uso de ácidos orgánicos para el control microbiológico es importante tener en cuenta que actúan por contacto y que por tanto necesitan un tiempo de contacto necesario para efectuar el control.

BASF realizó en 2.006 un estudio comparativo del efecto del ácido fórmico y una mezcla de fórmico-propiónico, a diferentes dosis, en un pienso al que se le había sembrado un millón de gérmenes de *S. Typhimurium* (DSM 5569) o de *S. Enteritidis* (DSM 9898).

En ambos casos, *S. Typhimurium* demostró ser más resistente y tener mayor capacidad de supervivencia en el pienso que *S. Enteritidis*. Una dosificación del 0,9 % de Amasil® 85 (ácido fórmico del 85 %) pudo eliminar por completo la contaminación de *S. Typhimurium* en un plazo de 6 días mientras que la *S. Enteritidis* se pudo eliminar por completo con una dosificación del 0,6% de Amasil® 85 tras 72 horas de contacto. En el caso el Lupro-Cid® (75 % de ácido fórmico del 85 % y 25 % de ácido propiónico) se obtuvieron idénticos resultados, ofreciendo a la vez mayor protección frente a hongos (figura 6 y 7).

Figura 6. Tasa de supervivencia de *Salmonella Typhimurium* en pienso compuesto tras haber realizado una siembra del patógeno, en función de la concentración de Lupro-Cid® (75 % de ácido fórmico del 85 % y 25 % de ácido propiónico) (Roser-BASF, 2.006).

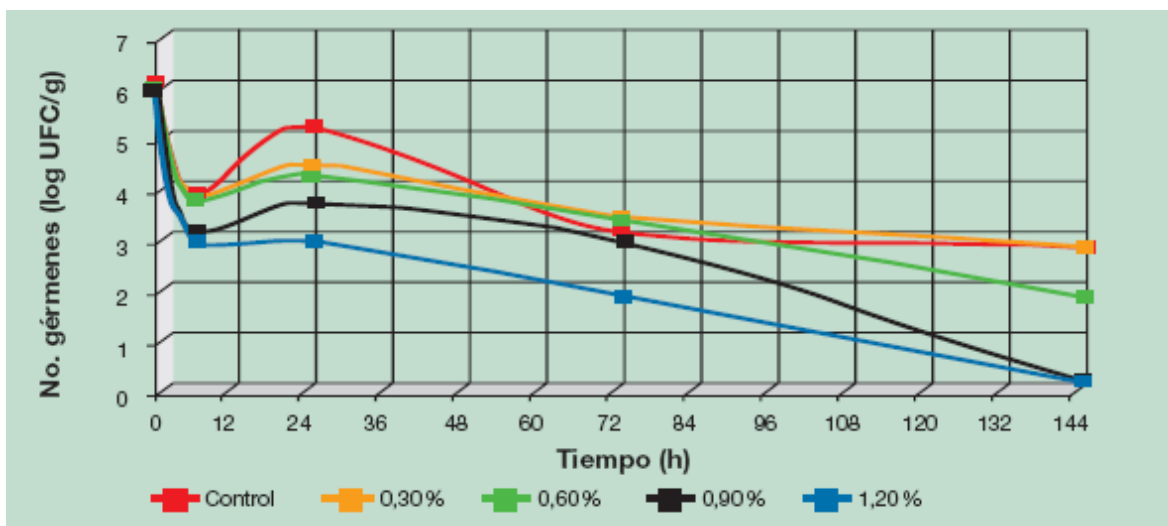
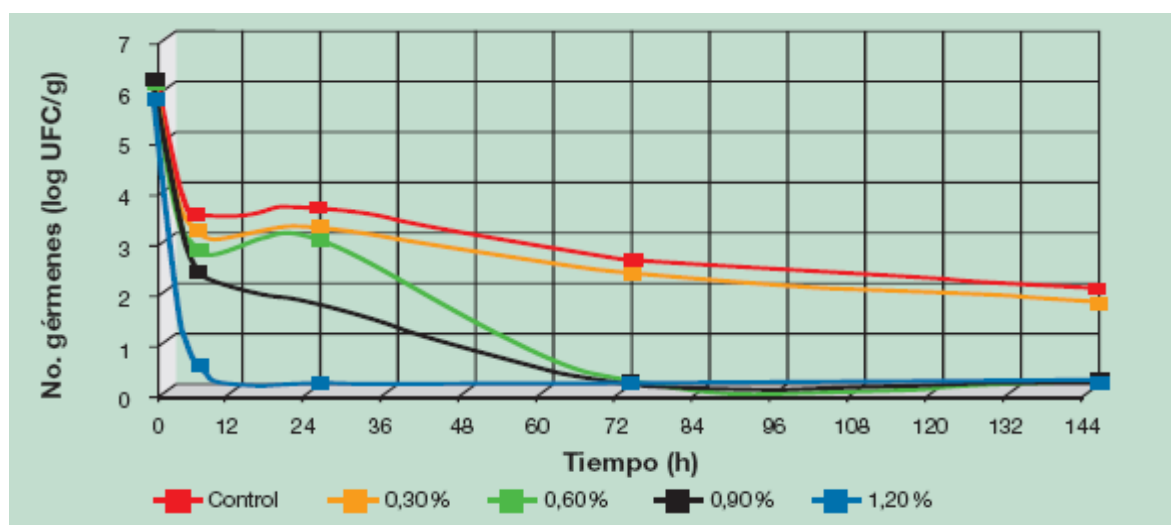


Figura 7. Tasa de supervivencia de *Salmonella Enteritidis* en pienso compuesto tras haber realizado una siembra del patógeno, en función de la concentración de Lupro-Cid® (75 % de ácido fórmico del 85 % y 25 % de ácido propiónico) (Roser-BASF, 2.006).



ESTRATEGIAS NUTRICIONALES PARA EL CONTROL DE LA *SALMONELLA* EN EL CERDO

La industria alimentaria ha adoptado medidas eficaces para reducir la contaminación por *Salmonella* en pienso y el siguiente paso debe ser aplicar prácticas de alimentación que sean efectivas en el control de la transmisión del patógeno y la reducción de la prevalencia de *Salmonella*.

La tabla 6 resume las estrategias nutricionales que pueden adoptarse para reducir la incidencia de *Salmonella*.

Tabla 6. Estrategias nutricionales para controlar *Salmonella*.

Factores que reducen la <i>Salmonella</i>	Factores que aumentan la <i>Salmonella</i>
Alimentación líquida	Alimentación en seco
Incorporación de suero a la ración	
Pienso en harina	Pienso granulado
Tamaño de molturación grosero	Tamaño de molturación fino
Pienso mezclado con granos de cereal	
Altos niveles de cebada	Altos niveles de trigo
Reducción del nivel de proteína	Alta capacidad tampón
Inclusión de Formi®	

El efecto beneficioso de estas prácticas se explica por un mejor equilibrio del ecosistema microbiológico intestinal creando un entorno inhóspito para el crecimiento de la *Salmonella*.

Tabla 7. Estrategias nutricionales y ratio de probabilidad de seropositividad a *Salmonella* (Lo Fo Wong et al., 1.999).

Estrategia nutricional	Ratio de probabilidad
Pienso harina y líquido	1,0
Pienso harina y en seco	4,2
Pienso granulado y en seco	8,2
Pienso granulado y líquido	10,4
Alimentación líquida con suero	1,0
Alimentación líquida sin suero	5,6

Son varios los autores que han estudiado el efecto del tipo de alimentación y su procesado, y todos presentan las mismas conclusiones, la probabilidad de detectar animales seropositivos en granja disminuye notablemente cuando se utiliza un sistema de alimentación líquida, el pienso en harina, un tamaño de molturación grosero (> 3 mm) o e pienso mezclado con granos de cereal (Dahl, 1.997; Lo Fo Wong et al., 1.999; Wingstranc et al., 1.999; Hamilton et al., 2.000; Kranker y Dahl, 2.000). Así mismo, dichos autores no encontraron ninguna asociación de la prevalencia de *Salmonella* con la utilización de antibióticos promotores de crecimiento, alimentación ad libitum o restringida, tamaño de la granja y peso al sacrificio.

Tabla 8. Efecto del tamaño de molturación y de la presentación del pienso sobre resultados productivos e indicadores de salud intestinal (Jørgensen et al., 1.999).

Presentación pienso Molturación	Granulado 2 mm	Granulado 4 mm	Harina 4 mm
Parámetros productivos			
GMD (g/d)	812	793	791
Ingesta (kg/d)	2,06	2,14	2,26
IC (kg/kg)	2,54	2,69	2,86
% magro	59,5	59,6	59,7
Rentabilidad relativa por plaza y año	100	83	67
Salud intestinal			
Úlceras gástricas (escala 0-10)	2,90	1,70	0,08
Materia seca estómago (%)	10,3	17,2	21,3
Coliformes es estómago (log UFC/g)	5,2	4,4	4,2
Coliformes es ciego (log UFC/g)	6,8	6,5	5,3
Bacterias lácticas en estómago(logUFC/g)	7,6	7,4	8,3
Concentración ácido láctico estómago (mmol/kg digesta)	15,0	16,0	34,0
Almidón en heces (%MS)	0,2	1,7	5,7
Seropositivos <i>Salmonella</i> (%)	12,9	5,6	2,8

Los resultados de un estudio realizado por el Comité Nacional Danés de Producción Porcina (Jørgensen et al., 1.999) evidencian la dicotomía existente. Por un lado, las dietas granuladas y con menor tamaño de molienda presentan mejores parámetros productivos mientras que las dietas en harina y molturación grosera mejoran la salud intestinal y reducen el riesgo de contaminación por *Salmonella*, además de reducir la incidencia de úlceras gástricas (tabla 8).

El efecto podría explicarse porque la harina grosera promueve una estratificación de contenido estomacal (con una mayor separación de fases líquida y sólida) que influye en la dinámica de vaciado gástrico e indirectamente reforzaría la barrera gástrica. Ello se traduce en un ambiente favorable para el establecimiento de bacterias ácido lácticas, tanto en estómago como en tramos anteriores del intestino delgado, con una mayor concentración de ácidos orgánicos y la consecuente disminución del pH y una reducción del número de enterobacterias.

Otro aspecto a considerar es que el mayor tamaño de la partícula tiene un efecto positivo sobre la estructura de la mucosa intestinal con incrementos en la profundidad de las criptas y cambio en la composición de las mucinas que puede disminuir la adhesión de *Salmonella* al epitelio intestinal (Brunsgaard, 1.998). Además, el mayor tamaño de la partícula, también favorece una mayor cantidad de almidón en forma de almidón resistente que provoca cambios en la fermentación en tramos posteriores del intestino dificultando el crecimiento del patógeno (Kjeldsen y Dahl, 1.999).

En la práctica, los inconvenientes económicos y productivos de la harina grosera debido a empeoramiento de la digestibilidad y del índice de conversión desaconsejan su utilización como herramienta de control de *Salmonella*.

Los sistemas de alimentación líquida han demostrado ser eficaces para reducir la prevalencia de *Salmonella*, sobre todo los que se basan en alimentación líquida fermentada o alimentación a base de suero (Van der Wolf et al., 1.999; Lo Fo Wong et al., 2.004^a; Farzan et al., 2.006). Este efecto protector se debe, por un lado, a la mayor concentración de ácido láctico resultante de la fermentación lo que reduce el pH y crea un ambiente desfavorable para el crecimiento de enterobacterias (Van Winsen et al., 2.002; Canibe y Jensen, 2.003). Por otra parte, la propia población de bacterias lácticas presentes en el alimento contribuye al control de la proliferación de patógenos en el tracto digestivo (Van Winsen et al., 2.001, Canibe y Jensen, 2.003). Además, durante la fermentación se reduce la cantidad de carbohidratos fácilmente fermentables lo que conlleva una reducción del crecimiento microbiano en todo el tracto digestivo y por tanto un menor riesgo de proliferación de patógenos (Jensen y Mikkelsen, 1.998).

En este caso, a pesar de los buenos resultados productivos que se consiguen con sistemas de alimentación líquida, la fuerte inversión inicial, el mayor grado de tecnificación de las explotaciones y la disponibilidad de un suministro continuado de subproductos líquidos cuestionan la viabilidad de su aplicación como herramienta de control de *Salmonella*.

Estudios realizados por Dahl y Jørgensen (2.001) pusieron de manifiesto que la mezcla de pienso con grano de cereal tiene un efecto positivo en el control de *Salmonella* si bien la eficacia es limitada en las granjas con alta prevalencia. Ello, junto con el coste económico que supone el empeoramiento del índice de conversión hace inviable su aplicación práctica en el control de *Salmonella*.

La reducción de la proteína bruta del pienso reduce la prevalencia de *Salmonella* al reducir la disponibilidad de substrato para las bacterias patógenas (Blanchard y Khan,

2.005). No obstante, para no que no se produzca un empeoramiento del índice de conversión, los piensos deberían diseñarse ajustando al máximo los requerimientos a las necesidades del animal, lo cual no siempre es fácil por múltiples factores, y en tal caso la eficacia de esta práctica es limitada en el control de la prevalencia de *Salmonella*.

La digestibilidad del pienso se ve afectada negativamente por una alta capacidad tampón del mismo y, además, algunos autores han encontrado que una alta capacidad tampón puede favorecer el desarrollo de bacterias coniformes en el tracto intestinal (Øverland et al., 2.002).

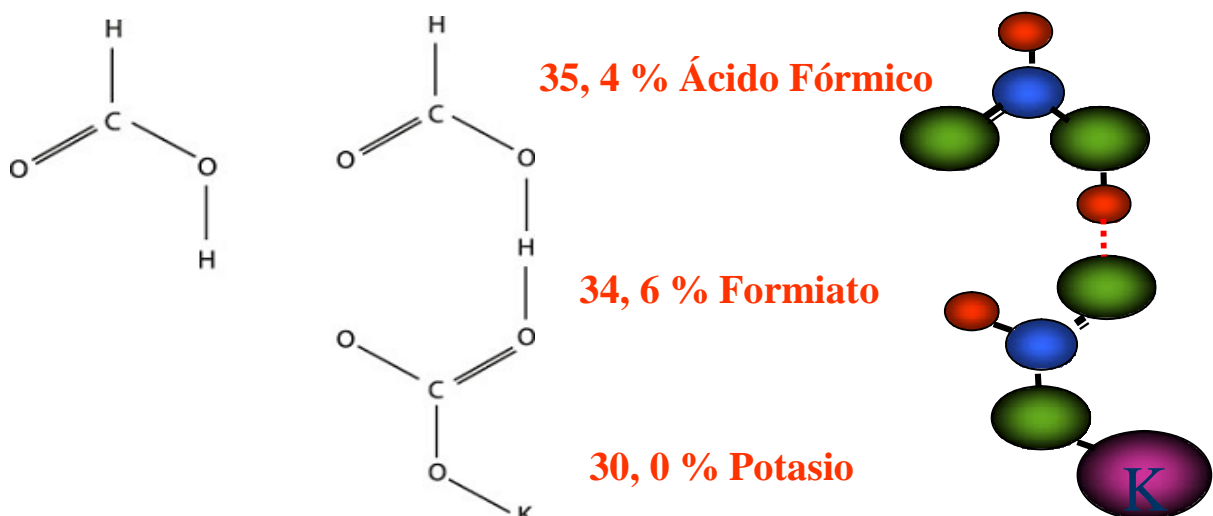
Otra de las estrategias a considerar en el control de *Salmonella* es la exclusión competitiva, es decir, la colonización del tracto intestinal por flora beneficiosa propia que compita en crecimiento con las bacterias patógenas. La administración de probióticos, microorganismos viables directamente, o prebióticos, que promuevan el crecimiento de la flora beneficiosa, son herramientas con pocos estudios realizados hasta la fecha que evalúen su uso como estrategia de control de la prevalencia de *Salmonella* en porcino.

El uso de ácidos orgánicos tiene efecto limitado a nivel intestinal puesto que el pH de medio desplaza el equilibrio hacia la forma disociada que no tiene efecto bactericida. Según Jørgensen et al., (2.001) y Jensen et al. (2.003), para conseguir cambios en el medio intestinal es necesaria la incorporación de 15 a 20 kg/Tn de ácidos a la dieta, en función del tipo de ácido incorporado. La posibilidad de incorporar ácidos en el agua de bebida presenta las mismas limitaciones a nivel intestinal y además tiene el inconveniente de ocasionar obturaciones y corrosión de los bebederos.

Formi[®] EN EL CONTROL DE SALMONELLA

La especial formulación del Formi[®] (diformiato de potasio) ha permitido unir en una red cristalina el ácido fórmico y el formiato de potasio mediante puentes de hidrógeno.

Figura 8. Estructura molecular del diformiato de potasio, $\text{KH}(\text{COOH})_2$.



Formi[®] contiene un 96,5% de diformiato de potasio

Esta estructura cristalina le confiere unas propiedades químicas muy especiales ya que los puentes de hidrógeno tienen alta estabilidad a pH ácido pero son muy inestables a pH neutro o básico. En pH cercano a la neutralidad, como es el caso a nivel duodenal, Formi[®] se disocia en ácido fórmico (HCOOH), anión formiato (HCOO⁻) y potasio (K⁺).

Figura 9. Estudio cinético del Formi[®] en diferentes tramos del sistema digestivo (Mroz et al., 2000).

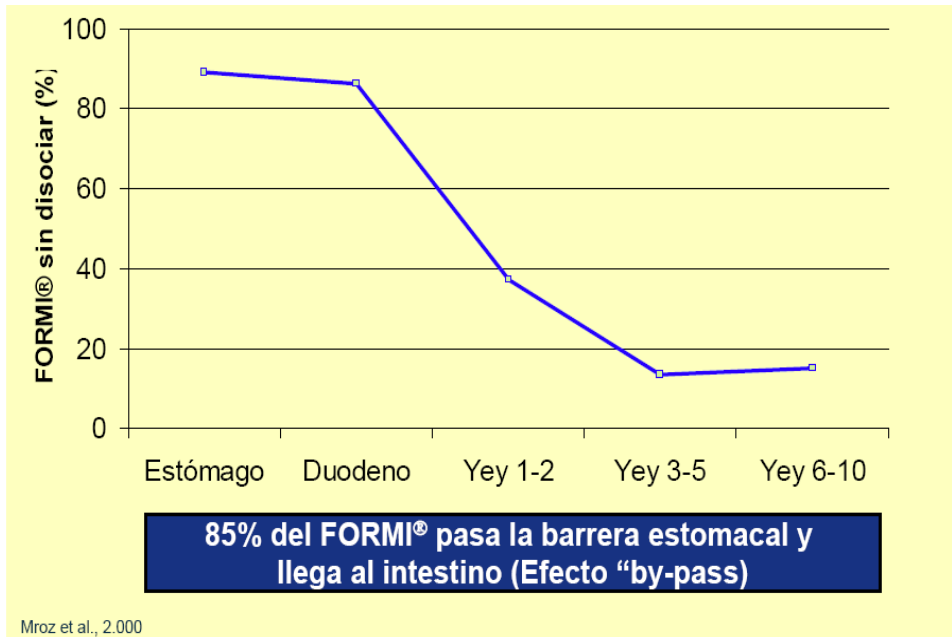
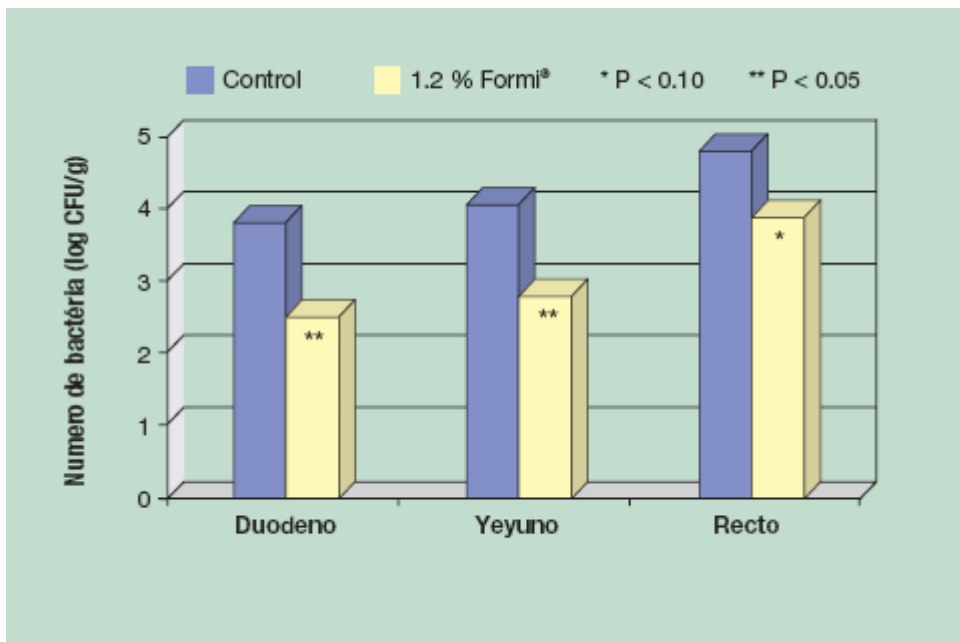


Figura 10. Efecto antimicrobiano de Formi[®] sobre las bacterias coliformes en cerdos crecimiento-cebo en diferentes tramos del intestino (Øverland et al., 2000).



Un estudio cinético en cerdos demostró que el 85 % de Formi[®] sobrepasa el estómago y llega al duodeno tal cual (figura 9). Ello permite, que el fórmico, el ácido más eficaz en la inhibición del crecimiento bacteriano, alcance el duodeno en cantidades importantes para ejercer su efecto antimicrobiano principalmente en el intestino delgado, aunque el efecto se prolonga en todo el tracto intestinal e incluso en las heces (figura 10).

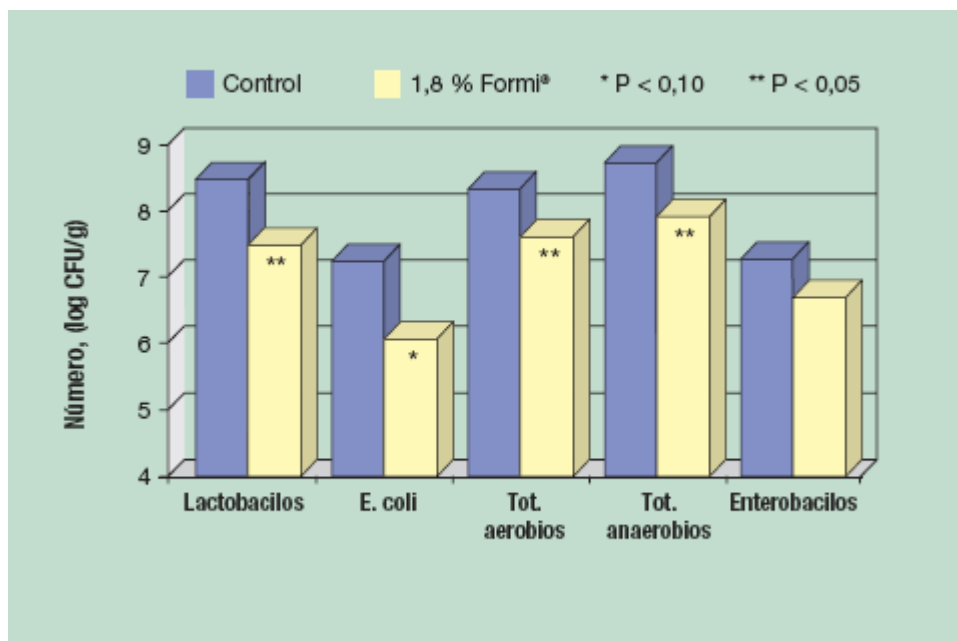
Los resultados de investigaciones in vitro muestran que Formi[®] tiene efecto antimicrobiano en un amplio rango de pH, desde 3 a 7. Este efecto antimicrobiano in vivo se expresa de tres maneras (Hebeler et al., 2.000 y Øverland et al., 2.000) :

1. Se produce una reducción general de la flora microbiana en el intestino delgado. Debido a esta reducción, por un lado hay un menor consumo de nutrientes por esta microflora y por otro lado se crean menos metabolitos que incrementan el desgaste de la mucosa (por ejemplo, amoníaco).

La reducción de la carga microbiana junto con una mejor digestibilidad de los nutrientes explican el efecto promotor de crecimiento del Formi[®].

2. La reducción microbiana es especialmente importante contra patógenos como *Escherichia Coli* y *Salmonella* que se adhieren mayoritariamente al epitelio intestinal del intestino delgado.
3. Un ecosistema microbiológico intestinal más favorable ya que el efecto antimicrobiano de Formi[®] es más potente contra patógenos potenciales, como por ejemplo coliformes, que contra las bacterias beneficiosas como las bacterias lácticas (figura 11).

Figura 11. Efecto antimicrobiano de Formi[®] sobre las bacterias intestinales 1 semana post-destete (Hebeler et al., 2.000).



Además el efecto antimicrobiano es más potente contra levaduras (consumidoras de ácido láctico) que contra bacterias lácticas (productoras de ácidos láctico), lo

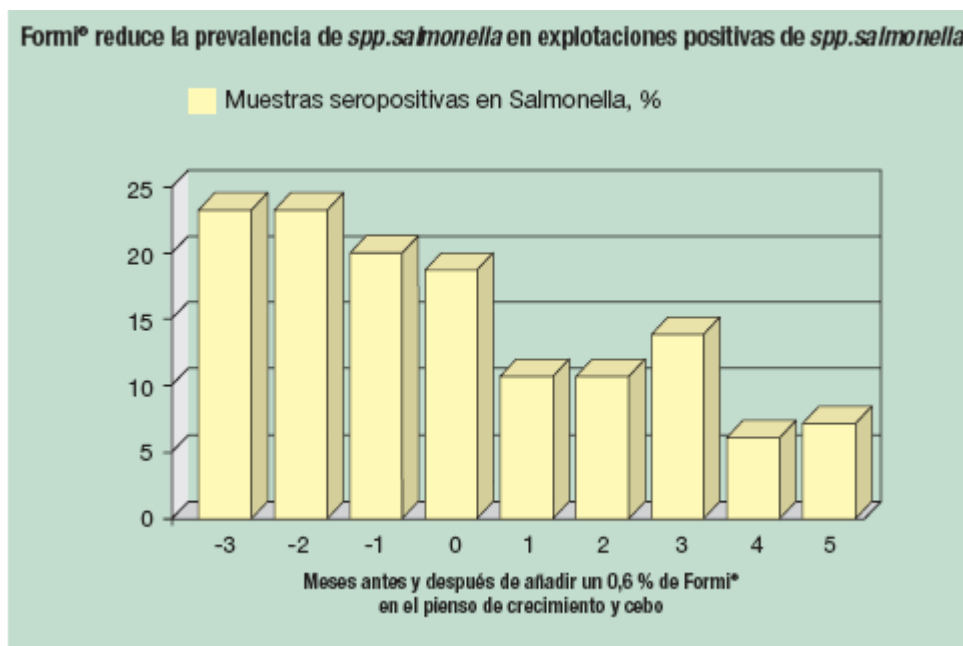
que se traduce en un aumento de la concentración de ácido láctico en el intestino (Jørgensen et al., 2.000).

La incorporación de Formi[®] a la dieta reduce de 0,3 a 0,5 unidades el pH gástrico y duodenal, y por tanto además de la acción bactericida, especialmente importante a nivel intestinal, también ejerce una acción bacteriostática.

Son varios los países de la UE que han instaurado programas de control de *Salmonella*. El programa danés es el que más datos puede aportarnos y servirnos de guía para la implantación de un programa en nuestro país. El sistema de trabajo danés consiste en analizar regularmente las explotaciones de engorde con una producción mayor a 200 cerdos al año con un test ELISA que puede detectar el 95 % de los serotipos presentes en Dinamarca. La analítica es obligatoria y costeada por el matadero. Las explotaciones se agrupan en tres categorías en función del nivel de prevalencia de *Salmonella* en las explotaciones (1=bajo, 2=aceptable, 3=alto). Esta clasificación se tiene en cuenta en el matadero para establecer el orden de matanza y es una variable más en el cálculo de precio que el ganadero percibe por sus animales.

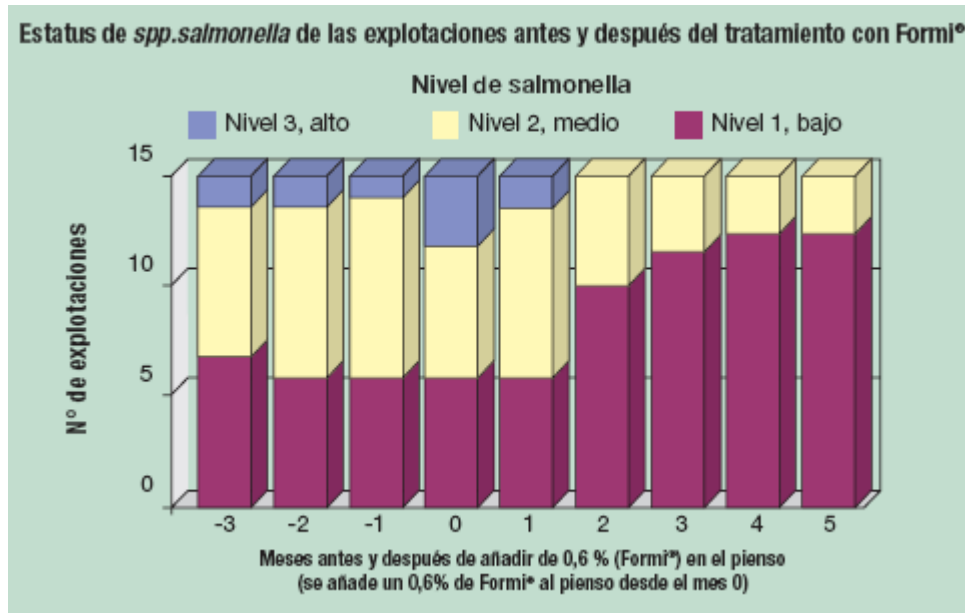
Datos recogidos en 15 explotaciones de crecimiento-cebo danesas (Olesen, 1.999) demostraron el efecto positivo de la inclusión de 0,6 % de Formi[®] a la dieta en la reducción de la prevalencia de *Salmonella*. Tres meses antes de administrar Formi[®], las explotaciones tenían una elevada incidencia de muestras seropositivas. Tras la introducción de Formi[®], la prevalencia de *Salmonella* se redujo casi inmediatamente y siguió reduciéndose en el tiempo (figura 12). Actualmente, después de varias pruebas a nivel de campo, sabemos que se tardan unas 6 semanas desde la inclusión de Formi[®] hasta que se observa una importante reducción de *Salmonella* en las explotaciones seropositivas.

Figura 12. Formi[®] reduce la prevalencia de *Salmonella* spp. (Olesen, 1.999)



En el mismo estudio (figura 13), las explotaciones se clasificaron según el sistema danés por su prevalencia de *Salmonella*, estudiándose las variaciones en la clasificación con el tiempo. Después de 2 meses de la inclusión de Formi[®], no quedó ninguna explotación de nivel 3 (alto) y el número de explotaciones de nivel 1 (bajo) había aumentado en detrimento de las de nivel 2 (aceptable).

Figura 13. Reclasificación de las explotaciones del sistema de monitorización, antes y después del tratamiento con Formi[®] (Olesen, 1.999)



Estos datos preliminares y los buenos resultados en el campo, han llevado a los fabricantes de pienso daneses a recomendar la inclusión de Formi[®] como estrategia nutricional dentro del programa de control de *Salmonella*.

Estudios posteriores realizados por el Comité Nacional Danés de Producción Porcina (Hansen et al., 2.001), compararon la eficacia de varios tratamientos que combinan el tipo de procesado del pienso (harina y granulado, con diferentes tamaños de molturación, tipo de cereal) y la inclusión de Formi[®] (tabla 9). En la misma línea que los estudios anteriores el pienso en harina presenta los peores parámetros productivos. La dieta granulada que incluye 6 kg/Tn de Formi[®] obtiene parámetros productivos similares al resto de dietas granuladas pero con unos indicadores de salud intestinal más próximos a los que se obtienen con la dieta en harina. En definitiva, con la inclusión de 6 kg/Tn de Formi[®] se obtuvieron los mismos beneficios que el uso de harina por lo que respecta a la microflora del intestino pero eliminando el efecto negativo que el uso de harina comporta sobre la productividad.

De las estrategias nutricionales que pueden aplicarse, la inclusión de Formi[®] al 0,6% en el pienso de crecimiento-cebo, ha confirmado obtener una buena eficacia en la reducción de la prevalencia de *Salmonella* sin afectar negativamente al rendimiento y a la rentabilidad de la explotación.

Tabla 9. Efecto del tamaño de molturación, de la presentación del pienso y la inclusión de Formi® sobre resultados productivos e indicadores de salud intestinal (Hansen et al., 2.001).

Presentación pienso Molturación	Harina Trigo 3 mm	Granulado Trigo 2 mm	Granulado Trigo 5 mm	Granulado 50T/50C 5 mm trigo/ 3mm cebada 0,6% Formi®
Parámetros productivos				
GMD (g/d)	867	925	915	937
Ingesta (kg/d)	2,50	2,27	2,29	2,42
IC (kg/kg)	2,88	2,45	2,50	2,58
% magro	61,3	60,7	61,5	61,5
Rentabilidad relativa por Plaza y año	75	100	100	105
Salud intestinal				
Úlceras gástricas (escala 0-10)	1,20	3,7	3,4	1,7
Materia seca estómago (%)	36,5	23,6	24,2	35,3
Coliformes es estómago (log UFC/g)	4,13	4,64	4,18	3,78
Bacterias lácticas en estómago(logUFC/g)	7,98	7,37	7,56	7,75
Levaduras en estómago (log UFC/g)	4,74	5,07	4,93	3,48
Concentración ácido láctico estómago (mmol/kg digesta)	8,5	5,7	8,4	9,3
Almidón en heces (%MS)	0,9	0,4	1,0	0,8

La tabla 10 resume los resultados de una prueba realizada en cerdos de engorde en Irlanda durante 2.007. Esta prueba se realizó en 7 explotaciones con un denominador común, alta prevalencia de *Salmonella*, si bien cada una de ellas tiene una idiosincrasia particular (manejo, medidas de bioseguridad en granja,...etc., que no se tuvieron en cuenta como variables en la prueba).

Para analizar los resultados, es importante hacer un inciso entre las diferencias debidas a la metodología utilizada. Prevalencia bacteriológica hace referencia a animales que están excretando *Salmonella*, la técnica analítica permite el aislamiento y serotipificación. Prevalencia serológica hace referencia a animales que presentan anticuerpos y que por tanto han estado en contacto con la bacteria, si bien no da información para infecciones en fase inicial, y no proporciona información sobre serotipos. El análisis serológico presenta mayor sensibilidad (probabilidad de identificar correctamente una muestra positiva) pero menor especificidad (probabilidad de identificar correctamente una muestra negativa).

El status frente a *Salmonella* de las distintas explotaciones mejoró considerablemente en todas las explotaciones. Por lo que respecta a las explotaciones J y K, si bien se da una reducción de los niveles de prevalencia, la prevalencia bacteriológica que no serológica es mayor que para el resto de explotaciones pudiendo deberse a una infección en fase inicial.

Las explotaciones porcinas afrontan el reto de alcanzar los niveles de reducción de *Salmonella* que se van a implantar próximamente. La inclusión de Formi® es una herramienta eficaz en el control de *Salmonella* en las explotaciones porcinas al mejorar la salud intestinal del cerdo aumentando la resistencia del animal a la colonización y reduciendo la prevalencia de *Salmonella*. No obstante, junto con la inclusión de Formi® en la dieta es importante aplicar otras medidas dirigidas a prevenir la introducción de la bacteria y controlar su diseminación (Sanidad, Higiene, Manejo y Bioseguridad).

Tabla 10. Prevalencia bacteriológica y serológica de *Salmonella spp.* (%), antes y después de la inclusión en el pienso de engorde de Formi® a 6 Kg./Tn, en varias explotaciones irlandesas (Lynch et al., 2.007).

	Salmonella status antes FORMI®		Salmonella status después FORMI®	
	Prevalencia bacteriológica	Prevalencia serológica	Prevalencia bacteriológica	Prevalencia serológica
Exp. F	100	88	0	50
Exp. G	77	63	3	0
Exp. H	32	17	3	4
Exp. I	71	54	4	4
Exp. J	15	42	15	0
Exp. K	37	96	14	4
Exp. L	4	96	0	0

Durante el 2.009 se ha llevado a cabo un Programa de control de Salmonelosis Porcina tanto en cerdos de engorde como en cerdas reproductoras en la Región de Murcia, los resultados de los cuales se harán públicos durante las Jornadas Técnicas de la XLI Semana Nacional de Ganado Porcino que se celebrará en Lorca (Murcia) en septiembre de 2.009. Formi® es uno de los tratamientos que se ha testado en el citado programa de control.

CONCLUSIÓN

Desde el punto de vista de seguridad alimentaria, el control de la prevalencia de *Salmonella* en porcino es importante ya que la salmonelosis es la segunda zoonosis en importancia, con 151.995 casos declarados en la Unión Europea en 2007, de los cuales se estima que aproximadamente un 15 % el origen pueda deberse a la carne de cerdo.

La contaminación de cualquier producto alimentario por *Salmonella* puede producirse en cualquier punto de la cadena alimentaria . **“De la granja hasta la mesa”**. Por lo tanto cualquier programa de Control de *Salmonella*, debe tener en cuenta la compleja epidemiología de la salmonelosis y, será eficaz cuánto más efectivo sea el control en cada uno de los eslabones de la cadena.

La alimentación juega un papel muy importante en el control de *Salmonella*, ya que además de ser una posible fuente de infección puede contribuir a mejorar la salud intestinal del cerdo que afecta positivamente a la resistencia del animal a la colonización y reduce la prevalencia de *Salmonella*.

El tratamiento de las materias primas y piensos con ácidos orgánicos puede combinarse con la aplicación de tratamientos térmicos (granulación, expandir,...), así como una serie de buenas prácticas de fabricación recomendables, para garantizar la calidad microbiológica del pienso.

En los países donde ya se han implantado Programas Nacionales de Control de *Salmonella*, Formi[®] es la estrategia nutricional de elección para la disminución de la prevalencia de *Salmonella* debido a la combinación de su efecto beneficioso sobre el equilibrio del ecosistema intestinal del cerdo sin penalizar la productividad por su efecto promotor de crecimiento.

Hasta de ahora cuando se habla de un Programa de Control de *Salmonella* en porcino se asocia siempre a cerdos de engorde, exclusivamente. Sin embargo, cualquier Programa de Control de *Salmonella* en porcino debe abarcar todo el ciclo de producción : lechones, cerdas reproductoras y cerdos de engorde.

Formi[®] es un producto de eficacia contrastada en la reducción de la prevalencia de *Salmonella* tanto en lechones, cerdos de engorde y cerdas reproductoras. Además, su inclusión permite obtener otros beneficios, también importantes para la producción porcina, como la prevención de problemas digestivos post-destete en lechones, su efecto promotor de crecimiento en cerdos de engorde y el incremento del peso de la camada a destete vía la madre a la vez que la cerda mejora sus índices reproductivos reduciendo los problemas post-parto y mantiene su condición corporal.

BIBLIOGRAFIA

BLANCHARD, P. (2.002). Potassium Di-formate : Delivering proven growth promoting benefits to pigs in the post antibiotic era. Feed Compounder August 2.002.

BLANCHARD, P. Y KHAN. N. (2.005). Estrategias nutricionales para controlar la *Salmonella spp.* en el cerdo. Info-Service BASF Alimentación Animal 79-2.005.

CANIBE, N., JENSEN, B.B., SETIÉN, S.H. y ØVERLAND, M. (2.001). Effect of k-diformate in starter diets on acidity, microbiota, and the amount of organic acids in the digestive tract of piglets, and on gastric alterations. Journal of Animal Science, 79: 2123-2133.

CIA, C. (2.001). IV Jornadas de porcino de la UAB. CRESA.

COMA, J. (2.001). Control de *Salmonella* en carne de porcino : efecto de la alimentación animal. XVII Curso de especialización FEDNA.

CREUS, E., DOS SANTOS, J. Y MARTÍN-ORÚE, S. (2.008). El papel de la alimentación en el control de *Salmonella*. Anaporc, 47: 46-54.

CREUS, E., MATEU, E. y MARTÍN-ORÚE, S. (2.008). Salmonelosis porcina : situación actual y medidas de intervención. VII Jornadas de especialización FEDNA.

CREUS, E., MATEU, E. y MARTÍN-ORÚE, S. (2.008). El papel de la alimentación en el control de la salmonelosis porcina. VII Jornadas de especialización FEDNA.

DAZA, A., OVEJERO, I. Y FLOX, J.R. (2.001). Efecto de la adición de diformiato potásico al pienso sobre los índices técnicos y estado sanitario de los lechones destetados. Anaporc, 1:15-25.

EFSA. (2.008). Report of the Task Force on Zoonoses Data Collection on the analysis of the baseline survey on the prevalence of *Salmonella* in slaughter pigs, in the EU, 2.006-2.007. Part A: *Salmonella* prevalence estimates . Question N° EFSA-Q-2006-042A.

EFSA. (2.008). A quantitative microbiological risk assessment on *Salmonella* in meat : Source attribution for human salmonellosis from meat. Scientific Opinión of the Panel on Biological Hazards. Question N° EFSA-Q-2006-077.

EIDELSBURGER, U. (1.997). El modo de acción nutritivo de ácidos orgánicos en la alimentación de lechones destetados. Info-Service BASF Alimentación Animal 53-1.997.

FAO (2.006). Programa de Seguridad Alimentaria.

HANSEN, C.F., BACK KNUDSEN, K.E., JENSEN, B.B. y KJÆRSGAARD, H.D. (2.001). Effect of meal feed, coarser grinding of pelleted feed and Bacoma Formi Vækst on *Salmonella*, gastro-intestinal health and productivity of finishers. Danish Bacon and Meat Council, n° 534.

HANSEN, C.F., BACK KNUDSEN, K.E., JENSEN, B.B. y KJÆRSGAARD, H.D. (2.001). Effect of meal feed and coarser grinding of pelleted feed on productivity, microbiology, and physico-chemical properties in the gastrointestinal tract of finishers. 4th International Symposium on the Epidemiology and Control of *Salmonella* and other food borne pathogens in Pork. Leipzig. Germany. September 2-5 2.001.

HEBELER, D., KULLA, S., WINKENWERDER, F., KAMPHUES, J., ZENTEK, J. y AMTSBERG, G. (2.000). Influence of a formic acid-potassiumformate-complex on chyme composition as well as on the intestinal microflora of weaned piglets. Hannover 54th Proc.Soc.Nutr.Physiol.Göttingen, Germany. March 7-9 2.000.

- JØEGENSEN, L., DAHL, J., JENSEN, B.B. y POULSEN, H.D. (1.999). Effect of expanding, pelleting and grinding on *Salmonella*, growth performance and gastrointestinal health in growing pigs and on phytase activity and vitamin stability in feed. Danish Bacon and Meat Council, nº 426.
- KHAN, N. (2.004). Formi[®] (diformiato de potasio) llega al intestino delgado. Info-Service BASF Alimentación Animal 76-2.004.
- KHAN, N. (2.005). Propiedades antimicrobianas de Formi[®]. Info-Service BASF Alimentación Animal 78-2.005.
- KIRCHGEBNER, M., PAULICKS, B.R. y ROTH, F.X. (1.997). Effects of supplementations of diformate complexes (Formi[®]) on growth and carcass performance of piglets and fattening pigs in response to application time. *Agribiological Research*, 50, 1: 1-10.
- KIRSI, H. Y ZDZISLAW, M. (1.999). Organic acids for performance enhancement in pig diets. *Nutrition Research Reviews*, 12: 117-145.
- LO FO WONG, D.M.A., ALTROCK, A., GRAFANKIS, S., THORBERG, B.M. y VAN DER WOLF, P.J. (1.999). 3rd International Symposium on the epidemiology and control in *Salmonella* in Pork. Washington. USA. 1.999.
- MATEU, E. (2.001). IV Jornadas de porcino de la UAB. CRESA.
- MATEU, E. (2.006). Salmonelosis porcina : situación actual y perspectivas de control en Europa. Seminario técnico BASF Barcelona-Madrid 2.006.
- MATEU, E. (2.007). Control de *Salmonella* en granja. Seminario técnico BASF Málaga 2.007.
- MROZ, Z., JONGBLOED, A.W., VAN DER WEIJ-JONGBLOED, R. y ØVERLAND, M. (2.000). Postprandial flor rates of formica and potassium in duodenal digesta of weanec piglets fed graded doses of potassium diformate. 8th Symposium on Digestive Physiology in Pigs. Uppsala. Sweden. June 19-22 2.000.
- MROZ, Z., REESE, D.E., ØVERLAND, M. y JONGBLOED, A.W.(2.001). The effect of potassium-diformate and its constitutes on the apparent digestibility (ileal/total tract) and retention of nutrients in growing-finishing pigs fed a sub-optimal lysine diet. *Journal of Animal Science*, 80: 681-690.
- ØVERLAND, M., GRANLI, T., KJOS, N.P., FJETLAND, O., STOKSTAD, M. y STEIEN, S.H. (2.000). Effect of dietary formats on growth performance, carcass traits, sensory quality, intestinal microflora, and stomach alterations in growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science*, 78: 1.875-1.884.
- ØVERLAND, M., KJLDSEN, K.C. y GRANLI, T. (2003.) Propiedades antimicrobianas del Formi[®] en las dietas para porcino. Estudio interno BASF-Hydro Formates.
- PAPENBROCK, S., STEMME, K., AMTSBERG, G., VERSPOHL, J. y KAMPHUES, J. (2.004). Prophylactic effects of potassium diformate and feed form on faecal excretion of *Salmonella* examined in two different infection models. 18th IPVS Congress. Hamburg. Germany. 2.004.
- PAPENBROCK, S., STEMME, K., AMTSBERG, G., VERSPOHL, J. y KAMPHUES, J. (2.005). Investigations on prophylactic effects of coarse feed structure and/or potassium diformate on the microflora in the digestive tract of weaned piglets experimentally infected with *Salmonella Derby*. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 89: 84-87.

PAULICKS, B.R., ROTH, X. y KIRCHGEBNER, M. (1.996). Dose effects of potassium diformate (Formi[®]) on the performance of growing piglets. *Agribiological Research*, 49,4: 318-326.

PAULICKS, B.R., ROTH, X. y KIRCHGEBNER, M. (2.000). The effect of potassium diformate (Formi[®]) in combination with different grain and energy densities in the feed on growth performance of weaned piglets. *J. Anim. Physiol. A. Anim. Nutr.*, 84, 102-111.

PORRERO, M.C., TELLEZ, S Y DOMINGUEZ, L (2.006). Puntos críticos de la *Salmonella* en producción porcina. Departamento de Sanidad Animal. Facultad de Veterinaria Universidad Complutense de Madrid.

RODRÍGUEZ, F., SOLIS, F., NAVARRO, F., MULOZ, J., TEJERO, R., IBARRA, A., LINARES, M.J. y CASAL, M. (2.000). *Salmonella spp.* serotipos aislados en el Hospital Universitario Reina Sofía de Córdoba (1.993-2.000). Servicio de Microbiología del Hospital Universitario Reina Sofía de Córdoba. España.

RODRÍGUEZ-PALENZUELA, P. (2.000). Los ácidos orgánicos como agentes antimicrobianos. XVI Curso de especialización FEDNA.

ROSER, U (2.006). Efectos del ácido en forma líquida y sólida sobre la tasa de supervivencia de *Salmonella* en piensos granulados tras una recontaminación. Info-Service BASF Alimentación Animal 82-2.006.

ROTH, F.X. Y KIRCHGEBNER, M. (1.996). The role of formic acid in animal nutrition.

ROTH, F.X. Y KIRCHGEBNER, M. y PAULICKS, B.R. (1.996). Nutritive use of feed additives based on diformates in the rearing and fattening of pigs and their effects on performance. *Agribiological Research*, 49,4: 307-317.

ROTH, F.X., WINDISCH, W. y KIRCHGEBNER, M. (1.998). Effect of potassium diformate (Formi[®]) on nitrogen metabolism and nutrient digestibility in piglets at graded dietary lysine levels. *Agribiological Research*, 51,2.

ROTH, F.X., WINDISCH, W. y KIRCHGEBNER, M. (1.998). Mineral metabolism and piglets supplied with potassium diformate (Formi. *Agribiological Research*, 51,2: 1-8.

ROTH, F.X.. (2.000). Ácidos orgánicos en nutrición porcina : eficacia y modo de acción. XVI Curso de especialización FEDNA.