

**CONTROL DE SALMONELLA EN CARNE DE PORCINO:
EFECTO DE LA ALIMENTACIÓN ANIMAL**

Jaume Coma
Grupo Vall Companys

1.- INTRODUCCIÓN

El control de la prevalencia de *Salmonella* en la producción porcina es importante básicamente por tres motivos. En primer lugar, por la gran importancia de la salmonelosis como zoonosis causante de toxiinfección alimentaria y la relevancia de su control en los planes de salud pública en países desarrollados. En segundo lugar, por el aumento de protagonismo de los atributos de seguridad alimentaria como hechos diferenciales en el comercio internacional. Y por último, por sus efectos sobre la sanidad animal y repercusiones económicas en sistemas de producción porcina.

La salmonelosis es la **toxiinfección alimentaria** por zoonosis más importante en países desarrollados (cuadro 1). La media de casos declarados en Europa es de 73 por cada 100.000 habitantes con importantes variaciones entre países en función del método de diagnóstico, la comunicación de datos y también de los hábitos culinarios de cada país. Probablemente, las estadísticas infravaloran la incidencia real de la enfermedad ya que los casos más leves no se declaran. En la mayoría de casos se tratan de gastroenteritis acompañadas de un cuadro febril, pero en algunos casos (5%) puede cursar en septicemia e incluso causar la muerte (0,1% de los casos). Se estima que la incidencia real de salmonelosis en la Unión Europea puede rondar los 450 casos anuales por cada 100.000 habitantes con 3 muertos por cada millón de habitantes (Berends et al., 1998). Estas estimaciones coinciden con datos reales de Estados Unidos donde se declaran anualmente entre 400 y 800 muertes por salmonelosis (CDC, 2001). La mortalidad es más elevada en las poblaciones de riesgo: niños, personas de avanzada edad o población con el sistema inmune debilitado. Por estos motivos la salmonelosis, junto a las otras toxiinfecciones

alimentarias importantes, se ha convertido en una cuestión prioritaria de salud pública para la Unión Europea (Libro Blanco sobre Seguridad Alimentaria, 2000) y en objeto de normativa, monitorización y control. Actualmente, la legislación establece una serie de controles sobre la presencia del patógeno en el producto cárnico (Directiva 64/433/CEE, 71/118/CEE y 94/65/CEE), así como sobre la epidemiología, comunicación y evaluación de la enfermedad en una red europea de laboratorios (Enter-net) equivalente a FoodNet en Estados Unidos (Directiva 92/117/CEE). A corto plazo, es previsible que las normativas sobre presencia de *Salmonella* se extiendan a otros segmentos de la cadena alimentaria.

Cuadro 1.- Toxiinfecciones alimentarias por zoonosis más importantes en Europa (Comisión Europea, 2000)

Patógeno	Incidencia: Casos anuales / 100.000 habitantes	
	Media	Rango entre países
<i>Salmonella</i>	73	1,8 – 136
<i>Campylobacter</i>	30	0,3 – 108
<i>Yersina</i>	2	0,3 – 18

Independientemente de la enorme importancia desde el punto de vista de seguridad alimentaria, el control de *Salmonella* es importante desde un **punto de vista comercial** sea por la creación de barreras comerciales de índole sanitario a la importación de carne o bien sea por su utilización como herramienta de marketing en mercados de exportación. Una mejora en los estándares de seguridad alimentaria aporta una diferenciación temporal del producto hasta que esta diferenciación es adoptada como norma de obligado cumplimiento por el resto de sector; sin embargo, hasta que esto no ocurre, representa una ventaja competitiva para entrar en mercados más exigentes. El mejor ejemplo de este enfoque es el programa de control de *Salmonella* en Dinamarca (desde 1993), país netamente exportador; mientras que el programa establecido en Suecia (desde 1961), país deficitario en carne de porcino, es la base para la exigencia de garantías adicionales a las importaciones incluso procedentes de otros países de la Unión Europea.

Finalmente, pero no menos importante, la *Salmonella* tiene un papel relevante desde un punto estrictamente de **sanidad animal**. La salmonelosis suele presentarse principalmente en cerdos de engorde con un proceso diarreico acompañado de fiebre elevada. En casos muy agudos puede producirse muerte súbita de los animales sin signos previos de la enfermedad. El resultado final es un posible aumento de mortalidad, un incremento en gastos de medicación, un retraso en salida a matadero y una menor homogeneidad; lo que en definitiva se traduce en un mayor coste económico. En el cuadro 2 se muestra un ejemplo concreto de estimación de costes asociados a un brote en un determinado centro productivo. Por tanto, el control de la prevalencia de *Salmonella* en porcino resulta en un menor coste de producción y una mayor rentabilidad de la explotación.

**Cuadro 2.- Estimación de costes asociados a un brote de *Salmonella typhimurium*
(Neumann y Kniffen, 1999)**

Parámetro	Efecto	Coste en los lotes afectados (euros / animal)
Crecimiento medio diario	Reducción en 45 g	0,54
Tratamiento antibiótico	Generalizado + Individual	0,27
Cerdos fuera de rango	Aumento en 2%	0,90
Mortalidad (cuando ocurre)	Aumento en 3%	Hasta 1,10
Cuarentena y bioseguridad	Varios	0,23
Coste total por animal (dependiendo de la mortalidad)		1,94 a 3,04

2.- SALMONELLA: GENERALIDADES

2.1.- Características

Salmonella es un género de bacterias Gram- anaerobias facultativas que pertenece a la familia de las *Enterobacteriaceae*. Aunque el principal reservorio es el tracto gastrointestinal de los mamíferos y aves, se ha aislado prácticamente en todo tipo de animales. Sobrevive largos periodos de tiempo en el ambiente, soportando bien la congelación y en gran medida la desecación. En determinadas condiciones, es capaz de multiplicarse en un ambiente exterior y en agua. Se inactiva por calor, luz, desinfectantes comunes (fenoles, clorados e iodóforos) y su supervivencia disminuye en pH ácido (cuadro 3).

Cuadro 3.- Rango de condiciones que permiten crecimiento de *Salmonella*.

Parámetro	Límite inferior	Óptimo	Límite superior
Temperatura	5 °C	35 - 37 °C	45 °C
Actividad de agua	0,92	>0,96	
pH	4,0	6,5 – 7,5	9,0

La vía de infección tradicional es la ingestión siendo también posible la transmisión por aerosol (Davies y Funk, 1999). Tras la ingestión, *Salmonella* se adhiere por medio de fimbrias al epitelio intestinal en el íleon y penetra por endocitosis a través de las microvellosidades o por el espacio inter-enterocito. La multiplicación bacteriana se produce en el tejido linfóide con virulencia variable en función de la cepa y el hospedador. Produce diferentes enterotoxinas y citotoxinas que provocan un cuadro clínico caracterizado por diarrea intensa, cianosis, fiebre elevada y potencialmente muerte por septicemia. Las principales lesiones corresponden a cuadros de colitis y gastritis acompañados de esplenomegalia y aumento del tamaño de los ganglios mesentéricos. En casos de dosis infectivas bajas o recuperación incompleta de un cuadro agudo, se produce una infección subclínica en la que la bacteria se acantona en diversos

tejidos del organismo (ganglios linfáticos ileales, tonsilas, pulmones, ciego y colon) y puede ser eliminada por heces durante meses sin que el animal muestre ninguna sintomatología de la enfermedad. Estos portadores asintomáticos son importantes reservorios de la enfermedad y el principal foco de infección.

2.2.- Serotipos

En función de sus características antigénicas, existen 2213 serotipos distintos de los que más de 200 se han aislado en personas infectadas. Actualmente, *S. typhimurium*, *S. enteritidis*, *S. infantis*, *S. choleraesuis* y *S. heidelberg* son algunos de los serotipos más frecuentemente aislados en personas y animales, pero al mismo tiempo existen multitud de diferentes serotipos con relevancia epidemiológica en función de la especie infectada y su ubicación geográfica. Los **cerdos** pueden infectarse por cualquier serotipo siendo *S. choleraesuis* y *S. typhisuis* los más adaptados, y *S. typhimurium*, *S. choleraesuis* y *S. derby* los más frecuentes. Sin embargo, aunque el género *Salmonella* sea geográficamente omnipresente, los serotipos predominantes pueden variar notablemente a lo largo del tiempo y en distintas zonas. Actualmente en Europa, *S. typhimurium* es el serotipo aislado con mayor frecuencia en granjas de porcino con sintomatología clínica de salmonelosis. En cambio, *S. choleraesuis* es el serotipo prevalente en los casos diagnosticados en Estados Unidos. En los casos producidos por *S. choleraesuis*, la enfermedad tiende a presentarse más frecuentemente de forma septicémica con hemorragias generalizadas y muerte (Darwich et al., 1999).

Los datos epidemiológicos oficiales de diferentes países indican que *S. enteritidis* y *S. typhimurium* son los principales serotipos responsables de la enfermedad en **personas** (figura 1). En la mayoría de países, *S. enteritidis* es el primer responsable de la infección pero, en los últimos años, se ha detectado un aumento en la frecuencia y gravedad de los casos producidos por *S. typhimurium* (Hald y Wegener, 1999; Darwich et al., 1999). En general, huevos, ovoproductos y pollo son las principales fuentes de *S. enteritidis*, mientras que *S. typhimurium* puede tener diversos orígenes siendo el cerdo el más relevante. Se estima (Berends, 1998) que la carne de cerdo es el origen de un 15% de las toxiinfecciones por *Salmonella* (rango entre 5 y 25 % según estudios) y de un 50% de las producidas por *S. typhimurium* (figura 2).

La tasa de contaminación de **productos cárnicos** de porcino por *Salmonella* depende de la existencia de un programa de control de *Salmonella* y del tipo de seguimiento analítico que se realice. Diversos sondeos indican valores de aproximadamente 8% de contaminación en países como Estados Unidos, Alemania, Italia y Holanda, muy por encima del <1% en Dinamarca o <0,02% en Suecia (Kaesbohrer, 1999; Comisión Europea, 2000; Hurd et al., 2001). En la gran mayoría de casos, el principal serotipo aislado es *S. typhimurium* (cuadro 4).

Figura 1.- Frecuencia de los serotipos aislados en casos de salmonelosis humana en distintos países (Comisión Europea, 2000; CDC, 2001)

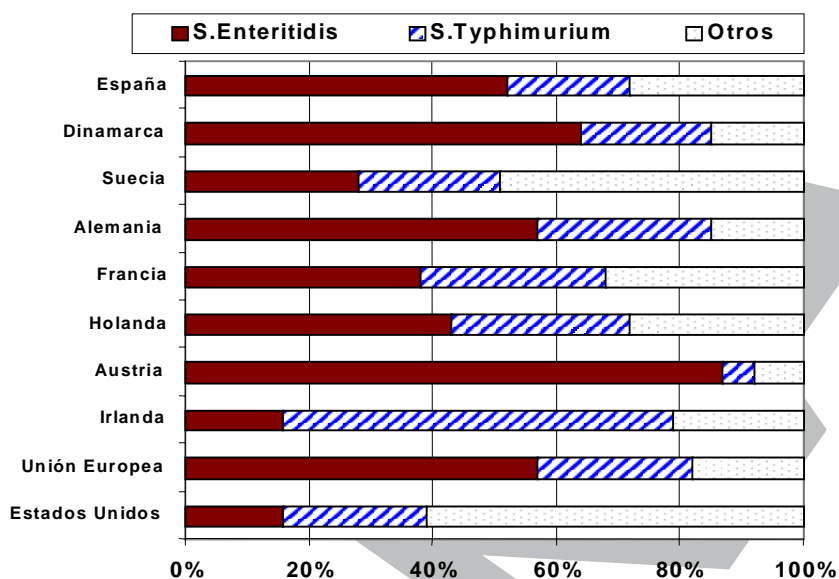
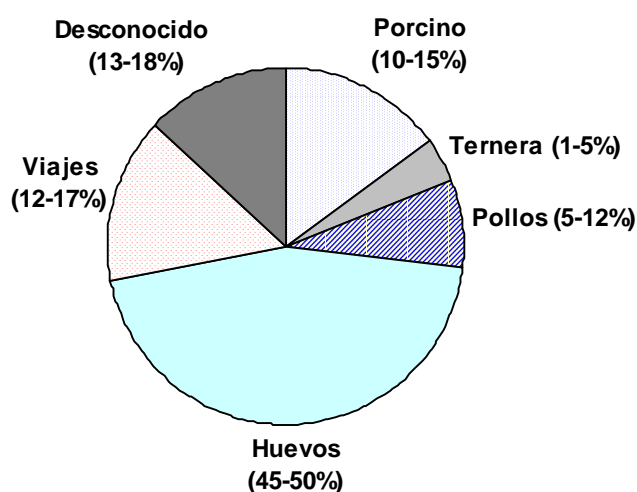


Figura 2.- Origen de los casos de salmonelosis en la población humana de Dinamarca (Hald y Wegener, 1999)



Cuadro 4.- Frecuencia (%) de *S. typhimurium* respecto al total de muestras de porcino positivas a *Salmonella* en distintos países (Kaesbohrer, 1999; Mateu, 2001)

País	En cerdos vivos	En productos cárnicos
Dinamarca	79	66
Bélgica	63	25
Alemania	65	74
Francia	36	36
Italia	12	29
España	37	

Es especialmente alarmante la creciente importancia del grupo (fagotipo) de cepas de *S. typhimurium* denominado DT104 ya que presentan múltiple resistencia a la mayoría de antibióticos. Cepas resistentes a ampicilina, cloranfenicol, estreptomina, sulfamida, tetraciclina, trimetoprim y quinolonas (R-ACSSuT-Tm-Cip) se han detectado en porcino de diferentes países, y entre ellos, España recientemente (Darwich et al., 1999, 2000; Mateu, 2001). La aparición de estas cepas multiresistentes suponen un importante problema tanto para la salud pública como para la producción animal. A nivel de salud pública, la existencia de cepas multiresistentes compromete peligrosamente la terapéutica hospitalaria habitual y aumenta el riesgo de los pacientes afectados por toxiinfecciones alimentarias. En producción animal, las resistencias suponen un mayor número de fracasos terapéuticos, con el consiguiente efecto sobre la epidemiología de la enfermedad y su coste económico.

3.- EPIDEMIOLOGÍA DE LA INFECCIÓN

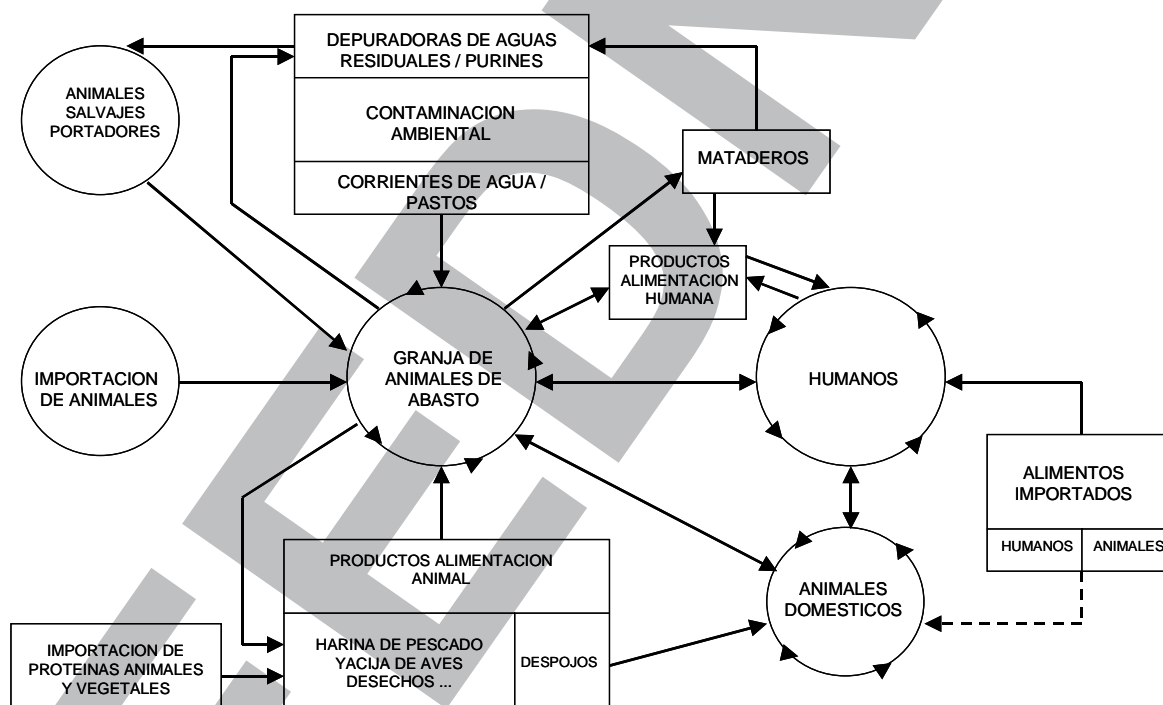
La contaminación por *Salmonella* puede producirse en cualquier etapa de la cadena cárnica: desde las materias primas para alimentación animal, la fabricación de pienso, la granja, el matadero, la sala de despiece, los centros de elaboración hasta la conservación y preparación del producto cárnico por el consumidor en el hogar. Por tanto, un plan de control de *Salmonella* requiere una presión constante en cada uno de los eslabones de la cadena productiva. Actualmente, la responsabilidad y en consecuencia la regulación parece estar concentrada sobre el matadero / sala de despiece y, en menor grado, sobre la distribución y establecimientos de venta. Sin embargo, el control de las toxiinfecciones alimentarias debe pasar por una reducción de la prevalencia de los patógenos en la población animal. Por este motivo, es importante conocer los mecanismos epidemiológicos que actúan en la introducción y control de la transmisión de *Salmonella* en granjas de porcino.

La **introducción** de *Salmonella* en una granja se puede realizar a través de los propios cerdos, del pienso, agua de bebida, pájaros, roedores, otros animales, personas, polvo en el ambiente,...La complejidad de las vías de infección se ilustra en la figura 3. Normalmente la atención se centra en el control de *Salmonella* en las entradas de pienso y animales a la granja pero la importancia de los otros vectores no debe infravalorarse. Las medidas de bioseguridad son extremadamente importantes especialmente en explotaciones donde la prevalencia de *Salmonella* es muy baja o nula. La monitorización de la calidad del agua, el control de la fosa de purín, las medidas de higiene en granja, la limpieza y desinfección de vehículos, el control de insectos, roedores y pájaros son elementos básicos para prevenir posibles infecciones. Las medidas de control para prevenir la introducción de *Salmonella* en granja fueron extensamente revisadas por Cia (2001).

Los programas existentes de control de *Salmonella* realizan una evaluación de los proveedores de animales reproductores. Algunos estudios (Davies y Funk, 1999) realizados sobre epidemiología de *Salmonella* en cerdas indican una alta prevalencia (entre un 20 y 85%). La importancia de entrar animales libres de *Salmonella* es obvia en granjas de ciclo cerrado. Sin

embargo, la importancia se reduce en sistemas de producción en diferentes fases. Dahl et al. (1997) demostraron que el traslado de animales de 10 semanas de edad procedentes de granjas afectadas por *S. typhimurium* a instalaciones limpias, con aplicación de prácticas de manejo adecuadas, era una medida efectiva en la prevención de la infección en el momento del sacrificio. Pero también se ha demostrado que existe una fuerte asociación entre las seroprevalencias de granjas de cerdas, destete y engorde (Kranker y Dahl, 2000; Dahl et al., 2000). Por tanto, se recomienda extender las prácticas de alimentación y bioseguridad a las granjas de cerdas y destetes. Además, las cerdas reproductoras constituyen una parte importante de la carne porcina que se comercializa y destina a consumo humano. En definitiva, es importante aplicar el programa de control de *Salmonella* en el parque de reproductoras tanto por su efecto indirecto sobre la prevalencia en cerdos de engorde como por su efecto directo al tratarse de animales que potencialmente se destinan a consumo humano.

Figura 3.- Introducción y recirculación de *Salmonella* en una granja de porcino (WHO, 1988)



En caso de presencia de la enfermedad, es vital realizar un control de la transmisión. Desde esta óptica, tan importante es el control de la enfermedad clínica como la identificación serológica y control de las granjas con portadores subclínicos que no muestran ninguna sintomatología de enfermedad. Tal como se ha mencionado anteriormente, los cerdos portadores excretan un nº muy bajo de *Salmonella* debido a que el sistema inmune inhibe la proliferación bacteriana. La bacteria se mantiene acantonada en distintos tejidos del organismo, pero cualquier factor de estrés (ayuno, cargas, transporte, parto, infección concurrente, tratamiento con corticosteroides, aumentos de densidad en corrales,...) puede inducir una supresión del sistema

inmune que resulta en una proliferación de *Salmonella* con el consiguiente aumento de excreción fecal.

La medicación de animales sólo es efectiva en aquellos animales con sintomatología clínica. Además su utilización en portadores subclínicos no es aconsejable ya que no reduce la prevalencia, ni la magnitud ni el periodo de excreción del patógeno (Dahl et al., 1997) e incluso puede contribuir notablemente a la aparición de multiresistencias (Mateu, 2001). La utilización de vacunación para el control de *Salmonella* tiene una utilidad muy limitada desde un punto de vista de seguridad alimentaria (Davies y Funk, 1999). La limitación de las prácticas vacunales radica en su falta de especificidad para determinados serotipos. La vacunación difícilmente crea inmunidad contra serotipos no-proprios del animal hospedador pero que pueden ser importantes de cara a la seguridad alimentaria. Además, la utilización de vacunas previene básicamente la invasión de tejidos, con poca efectividad sobre la colonización del tracto intestinal, siendo esta última de gran importancia desde una óptica de seguridad alimentaria. Sin embargo, en algunos casos se ha demostrado una disminución en la excreción fecal de cualquier tipo de *Salmonella* al vacunar con vacunas vivas atenuadas de un serotipo concreto (Charles et al., 1999).

La alimentación de los animales juega un papel crítico en el control de *Salmonella* no sólo por ser un posible vector y foco de infección sino también por ser una herramienta utilizada para controlar la transmisión del patógeno. Por un lado, se debe realizar un control de *Salmonella* en materias primas y piensos para evitar la introducción del patógeno a través de la alimentación del animal. Por otro lado, determinados sistemas de alimentación afectan beneficiosamente el ecosistema microbiológico en intestino y contribuyen a la disminución en la prevalencia de *Salmonella*.

4.- CONTROL DE SALMONELLA EN MATERIAS PRIMAS Y FABRICACIÓN DE PIENSOS COMPUESTOS

La higiene microbiológica del pienso es un requisito indispensable en un plan de control de *Salmonella*. El control de *Salmonella* en la fabricación de piensos compuestos se compone de las siguientes acciones:

- Evitar o minimizar la entrada de *Salmonella*. Es decir, controlar la contaminación de las materias primas.
- Aplicar medidas de descontaminación, básicamente mediante tratamientos químicos y/o térmicos.
- Prevenir la recontaminación en fases posteriores del proceso productivo manteniendo la higiene microbiológica de equipos e instalaciones en la fábrica de piensos y en el transporte.

Para abordar de una forma global estos aspectos es importante evaluar la integridad del proceso e implementar el análisis de peligros y puntos de control crítico (APPCC ó HACCP en

inglés: hazard analysis and critical control points) en las distintas etapas: recepción de materias primas, fabricación de piensos y transporte.

4.1.- Contaminación de materias primas

La garantía de no introducción de *Salmonella* en la fábrica de piensos es prácticamente imposible por diferentes motivos. Por un lado, el tiempo necesario para la analítica microbiológica hace inviable un control en la entrada de materia prima. Aún en el caso de analítica a proveedores homologados, la distribución irregular del patógeno en la materia prima hace que resultados negativos del muestreo estadístico sólo representen una garantía parcial. Además, la contaminación por *Salmonella* se puede producir por otros múltiples vectores: roedores, insectos, pájaros y el propio personal. Por tanto, es prudente pensar que todas las materias primas pueden estar potencialmente contaminadas por *Salmonella*.

Sin embargo, algunas materias primas son más susceptibles de contaminación que otras. Las proteínas de origen animal han sido tradicionalmente identificadas como ingredientes críticos con gran variabilidad en su grado de contaminación (desde < 1% hasta 50%) en función de la higiene del proceso, instalaciones y transporte. También, los productos de oleaginosas pueden mostrar tasas importantes de contaminación debido a la posible presencia del patógeno en su proceso industrial de obtención. Diferentes sondeos (datos internos, 2000) indican posibles tasas de 6% en harina de colza o 10% en harinas de soja y girasol que coinciden con datos publicados por el ministerio de agricultura en el Reino Unido (anteriormente MAFF) de entre 5 y 10% de proteínas vegetales contaminadas (McIlroy, 2001). Por otro lado, los cereales serían el grupo de materias primas con una menor presencia de *Salmonella* (<1,5%), mientras que subproductos de cereales como la cuarta pueden presentar altas tasas de contaminación en función de las instalaciones de las que proceden (de 0 hasta 30% de muestras positivas en distintos proveedores; datos propios, 2000). Pero aún en el caso de que la tasa de contaminación sea mínima, dado que las materias primas comparten las mismas rutas de entrada a fábrica, la contaminación cruzada entre los diferentes ingredientes es altamente probable. Un estudio reciente llevado a cabo por el MAFF detectó *Salmonella enteritidis* en las piqueras de una de cada tres fábricas (McIlroy, 2001).

No obstante, aunque la tasa de contaminación pueda ser relativamente alta, los serotipos aislados en materias primas o pienso frecuentemente no se corresponden a los serotipos que afectan a la población animal o humana. (Davies y Funk, 1999; Mousing et al., 1997). Los serotipos *S. tennesse*, *S. mbandaka*, *S. cubana*, *S. livingstone*, *S. anatum* son algunos de los aislados frecuentemente en materias primas o piensos. Sin embargo, la frecuencia de detección de *S. enteritidis* en pienso de avicultura es muy baja. De igual manera, prácticamente nunca se aísla *S. typhimurium* en la monitorización de materias primas y pienso llevada a cabo dentro del programa danés de control de *Salmonella* (Mousing et al., 1997). Por tanto, la prevalencia de *Salmonella* en granja probablemente no está tan relacionada con la presencia de *Salmonella* en pienso sino con otras características del pienso que influyen la salud intestinal del animal (ver

apartado 5). Esto no significa que debamos olvidarnos de la presencia de *Salmonella* en la alimentación animal porque, dada la naturaleza cambiante de la virulencia y ubicación geográfica de *Salmonella*, puede suponer la entrada de nuevos serotipos potencialmente patógenos para los animales y/o personas por ejemplo a través de materias primas importadas.

4.2.- Descontaminación de materias primas y pienso

Así pues, es de vital importancia aplicar medidas que eliminen la *Salmonella* y garanticen que el pienso entregado a granja no es un vector del patógeno. Los sistemas de descontaminación pueden combinar tratamientos químicos y procesos tecnológicos. Los tratamientos químicos se basan en la sensibilidad de *Salmonella* a pH ácidos. Este apartado se centra en los procesos tecnológicos ya que la suplementación con ácidos se cubre posteriormente. Los procesos tecnológicos se basan en la termosensibilidad de *Salmonella* y combinan temperatura, humedad, presión y duración del proceso. A continuación se enumeran distintos procesos utilizados para la descontaminación, desde procesos en instalaciones experimentales a equipos empleados habitualmente en condiciones industriales:

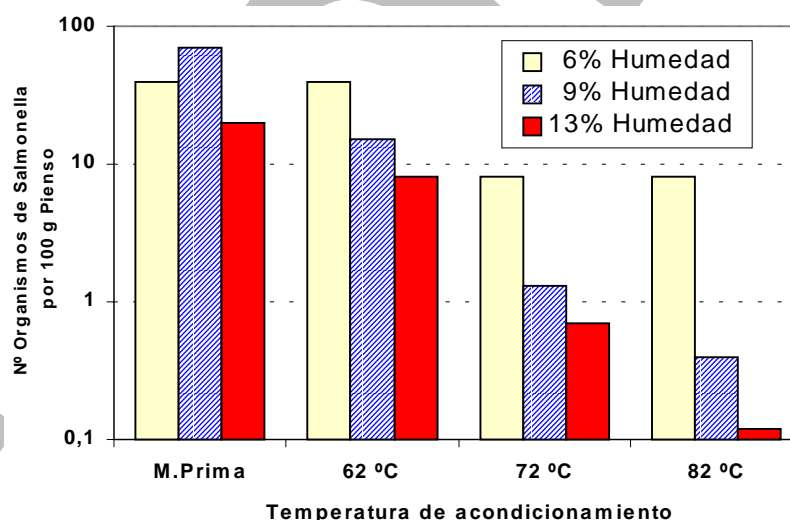
- Pasteurización o esterilización de la harina
- Acondicionamiento de larga duración
- Sistemas APC – Condiciones anaeróbicas de pasteurización
- Doble granulación
- BOA Compactor – Aglomeración por compactación
- Acondicionado – Expander con o sin granulación
- Extrusión y otros procesos de alta temperatura y corta duración (HTST)

A nivel práctico, el procesado por expander, aunque originariamente no fue introducido para la mejora de la calidad higiénica de los piensos, resulta ser una de las opciones más efectivas para la eliminación de *Salmonella* y otros patógenos en alimentación animal (cuadro 5). Como en el resto de tratamientos térmicos, la eficacia de la descontaminación depende de la temperatura, tiempo de tratamiento y humedad (Israelsen et al., 1996). A mayor temperatura se necesita menos tiempo. Asumiendo que la distribución de temperatura no es uniforme en la masa harinosa, es necesario aplicar unos márgenes de seguridad así como tener la certeza de que el tratamiento es efectivo para toda la harina tratada desde el arranque hasta la parada del equipo. A igualdad de tratamiento térmico y aporte de energía, una mayor humedad resulta en una mayor reducción del nº de microorganismos (figura 4). Y naturalmente, a igual contenido de humedad, se obtiene mayor reducción al aumentar la temperatura. Heidenrich y Löwe (1994) evaluaron diferentes combinaciones de humedad, temperatura y aporte de energía en expander obteniendo reducciones en el nº de organismos del orden de 10^6 y 10^7 (cuadro 6). En dicho trabajo, el aporte de energía necesario es extremadamente alto seguramente por tratarse de instalaciones experimentales, sin embargo se pueden obtener temperaturas similares en condiciones industriales con un menor aporte de energía (8 a 20 kWh/ton) y una adecuada adición de vapor.

Cuadro 5.- Reducción en el número de microorganismos en pienso después de tratamiento por expandir en distintos tipos de piensos (Revisión en: Beumer y Van der Poel, 1997).

Tipo	Tª (°C)	Presión (bar)	Nº de microorganismos / g de pienso				Salmonella
			Aerobios	Entero-	E. Coli	Hongos	
Pollos	harina		63.000	10	<10	1.400	-
	125	10	900	<10	<10	<10	-
	135	20	870	<10	<10	<10	-
Gallinas	harina		8 x 10 ⁵	103		1.400	+
	125		39.000	<10	<10	<10	-
Cerdos	Harina		7 x 10 ⁷	105	103	300	-
	120		3 x 10 ⁵	<10	<10	<10	-
Pavos	Harina		6 x 10 ⁵	104	10	120	+
	90	10	3 x 10 ⁴	<10	<10	<10	-
	110	20	2 x 10 ⁴	<10	<10	<10	-
	120	30	1 x 10 ⁴	<10	<10	<10	-

Figura 4.- Interacción de tratamiento térmico y humedad sobre la descontaminación de Salmonella en pienso (Israelsen et al., 1996)

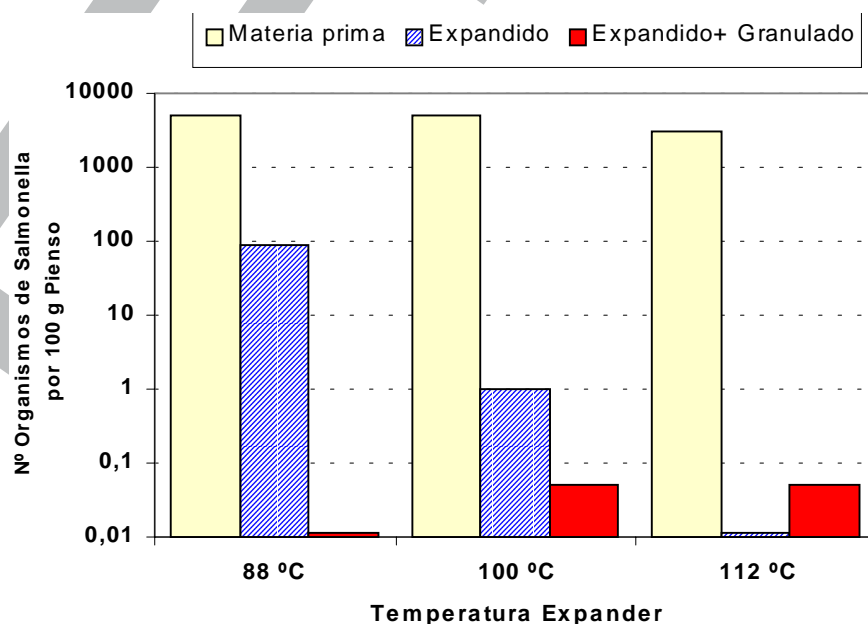


Cuadro 6.- Reducción del número de microorganismos en pienso después de tratamiento por expandir a diferentes temperaturas, contenido en humedad y aporte de energía (Heidenrich y Löwe, 1994).

Temperatura, °C	Humedad post-acondicionado, %	Aporte de energía en expandir, kWh/ton	Reducción del nº de microorganismos/g
105	13,9	37	2 x 10 ⁷
105	11,6	37	1 x 10 ²
110	14,0	45	9 x 10 ⁵
112	14,0	45	5 x 10 ⁶
120	14,1	50	6 x 10 ⁷
130	14,9	56	6 x 10 ⁷

Israelsen et al. (1996) evaluaron tres niveles de potencia de utilización del expander (7, 13 y 19 kWh/ton) y adición de vapor que resultaron en temperaturas a salida de expander de 88, 100 y 112° C (figura 5). Cuando el pienso fue expandido+granulado, prácticamente no se encontró *Salmonella* en ninguna de las tres temperaturas (reducciones de 105). Sin embargo, en el caso de pienso expandido sin granular, únicamente la alta temperatura (112°C) se mostró realmente efectiva, mientras que cuando la temperatura fue de 88°C (debido a baja intensidad de trabajo o poca adición de vapor) la descontaminación no fue efectiva ya que la reducción fue únicamente de 102. Por tanto, aunque la temperatura es teóricamente suficientemente alta, a niveles prácticos no es efectiva debido al corto tiempo de retención. Los autores recomiendan que en caso de fabricar pienso expandido sin granular, la temperatura debe ser relativamente alta (>105°C) para asegurar la ausencia de *Salmonella*. Sin embargo, si es expandido+granulado, la granulación asegura un mayor tiempo de permanencia del pienso a temperaturas que inactivan al patógeno. En caso de líneas de alta producción, en las que el tiempo de retención puede ser inferior, también se recomienda aumentar la temperatura como margen de seguridad. En todos los casos, para una buena efectividad, la humedad de la harina debe ser superior al 14%. Además del efecto de la temperatura, se postula que la disminución en presión que sufre la masa harinosa al salir del expander provoca cambios fatales en la presión interna celular de los microorganismos, contribuyendo a la descontaminación del producto (Beumer y Van der Poel, 1997). En definitiva, la utilización de expander más granulación es una tecnología efectiva en la eliminación de *Salmonella* si se utiliza adecuadamente.

Figura 5.- Efecto del tratamiento térmico por expander sobre la descontaminación de *Salmonella* en pienso (Israelsen et al., 1996)



4.3.- Puntos críticos en la recontaminación

El siguiente aspecto crítico es la no recontaminación del pienso tratado térmicamente. El pienso higienizado no debería compartir rutas con pienso sin higienizar. *Salmonella* crece rápidamente en piensos contaminados que se humedecen por condensación de agua. Además, el patógeno puede estar presente en las partículas de polvo del ambiente exterior. Por lo tanto, el **enfriador** debido a la temperatura, el movimiento de aire y la humedad del proceso, representa un posible foco de recontaminación que debe ser monitorizado periódicamente dentro de un sistema APPCC para asegurar la no recontaminación del pienso. La frecuencia de inspección y limpieza debe ser mayor en enfriadores de tipo horizontal que no en los de tipo vertical (Hägglom, 1997). El aire utilizado en el enfriador no debe provenir del lugar de descarga de materias primas. Otro punto crítico son los silos en fábrica debido también a posibles condensaciones y recontaminaciones por roedores o pájaros. Los mismos problemas ocurren en los **silos** de granja especialmente cuando las tapas se dejan abiertas o su limpieza entre crías es deficiente. Es importante mantener unas buenas prácticas de higiene periódica, desratización, un transporte y almacenamiento hermético, y posiblemente utilizar aditivos que dificulten el crecimiento del patógeno (Van der Poel, 2000).

Así pues, para efectuar un seguimiento de la efectividad de un plan de control de *Salmonella* en la fábrica de pienso es necesario realizar un muestreo periódico (Ej. semanal) de los puntos de la instalación donde el crecimiento de *Salmonella* es más probable:

- Piqueras de descarga de materia prima
- Polvo en filtros de aspiración
- Finos en enfriador
- Producto en el fondo de los elevadores
- Parte superior de silos de producto final

Los resultados negativos en estos muestreos y la aplicación de medidas correctoras en caso de analítica positiva aportan garantías sobre la ausencia de *Salmonella* en el pienso a salida de fábrica. La aplicación de medidas en el **transporte** de pienso, tales como una adecuada limpieza de cubas sobre todo si previamente se ha transportado materia prima, deben garantizar la higiene microbiológica del pienso suministrado a granja.

5.- CONTROL DE *SALMONELLA* EN EL CERDO. EFECTO DE LA ALIMENTACIÓN SOBRE EL ECOSISTEMA INTESTINAL

Independientemente de la higiene microbiológica del pienso, la alimentación animal juega un papel esencial en el control de *Salmonella* en granja por sus efectos sobre el equilibrio del ecosistema intestinal del cerdo. Diferentes prácticas de alimentación y producción son efectivas en el control de la transmisión del patógeno y la reducción de la prevalencia de

Salmonella en granja. Según diversos estudios epidemiológicos, la probabilidad de detectar animales seropositivos en una granja disminuye notablemente cuando se utiliza un sistema de alimentación líquida, el pienso en harina, un tamaño de molturación grosero (> 3 mm) o el pienso mezclado con granos de cereal (Dahl, 1997; Lo Fo Wong et al., 1999; Wingstrand et al., 1999; Hamilton et al., 2000; Kranker y Dahl, 2000).

Por ejemplo, según los datos ilustrados en el cuadro 7, cerdos procedentes de granjas con pienso granulado y suministrado en seco son 8 veces más susceptibles de dar valores positivos que los procedentes de granjas con pienso en harina y alimentación líquida. Por tanto, la mayor garantía microbiológica del pienso granulado parece tener menos relevancia que sus efectos perjudiciales sobre el microbismo intestinal, de manera que el resultado neto sería un efecto negativo del pienso granulado sobre el control de *Salmonella*. La utilización de suero (en granjas con alimentación líquida) supone una reducción de 5,6 veces en la probabilidad de detectar animales seropositivos. La menor incidencia en granjas con alimentación líquida y que además utilicen suero se explica por la formación de ácidos orgánicos y la disminución de pH que ocurre durante la fermentación del alimento (van der Wolf et al., 1999; van Winsen et al., 2000). Las granjas con sistema de producción orgánico o al aire libre presentan prácticamente el doble de animales seropositivos que las granjas con sistema convencional. Los sistemas de producción por lotes tienen la mitad de probabilidad de seropositividad que un sistema continuo. Un sistema por lotes permite una limpieza y desinfección que evita la contaminación cruzada entre crías. La mejor higiene también sería la causa de una menor probabilidad en sistemas convencionales que en sistemas al aire libre u orgánicos con camas permanentes de paja. En los estudios resumidos en el cuadro 7, los autores no encontraron ninguna asociación con la utilización de promotores de crecimiento, alimentación ad libitum vs restringida, nº de orígenes, tamaño de la granja, tipo de separación entre corrales y peso al sacrificio.

Cuadro 7.- Factores en granja asociados con seropositividad a *Salmonella* (Lo Fo Wong et al., 1999; Wingstrand et al., 1999)

Variable	Parámetro	Ratio de Probabilidad	P
Pienso	Harina y líquido	1,0	-
	Harina y en seco	4,2	0,0094
	Granulado y en seco	8,2	0,0001
	Granulado y líquido	10,4	0,0523
Alimentación Líquida	Utilización de Suero	1,0	-
	No utilización	5,6	0,0866
Sistema	Convencional	1,0	-
	Al aire libre	1,8	0,0001
	Orgánico	1,7	0,2200
Lotes	Por lotes (dentro / fuera)	1,0	-
	Continuo	2,0	0,0323

Kjeldsen y Dahl (1999) compararon pienso en harina o granulado con dos tamaños de molturación (parrillas de 2 o 4.5 mm) durante la fase de engorde. Especialmente en los grupos con alta presión de infección, el pienso en harina tendió a disminuir la prevalencia de *Salmonella*, con un mayor efecto si la molturación había sido grosera. Sin embargo, considerando que no existió ningún brote de la enfermedad en ningún tratamiento, estos animales alimentados con harina fueron los animales con peores parámetros productivos y económicos debido al peor índice de conversión (cuadro 8) sobretodo cuando se aumentó el tamaño de molturación, debido a la menor digestibilidad del pienso (Laurinen et al., 2000).

Cuadro 8.- Efecto del tamaño de molturación (fino: 2 mm o grosero: 4.5 mm) y de la presentación del pienso (granulado o harina) sobre resultados productivos y prevalencia de *Salmonella* (Kjeldsen y Dahl, 1999)

Parrilla Molturación:	2 mm	4,5 mm	2 mm	4,5 mm	
Presentación:	Granulado	Granulado	Harina	Harina	P*
Resultados productivos:					
GMD, g/d	766	760	736	754	ns
IT	2,62	2,69	2,76*	2,89*	0,01
% magro	60,0	60,0	60,4	59,9	ns
Almidón en heces, %MS	0,2	1,1	0,7	5,1*	0,01
Índice daño gástrico: 0-5	2,6	2,3	2,3	0,5*	0,01
Coste relativo	100	106	111	115	
Prevalencia de <i>Salmonella</i>:	% Positivos				
	Granulado	Harina	2 mm	4,5 mm	P
Grupos con baja prevalencia	1,0	3,7	4,4	1,1	ns
Grupos con alta prevalencia	42,2	22,2*	34,1*	26,2*	0,1

En un estudio posterior, el mismo equipo (Jørgensen et al., 1999) evaluó el tamaño de partícula (parrilla de molinos de 2 o 4 mm), presentación del pienso (granulado o harina) y tratamiento térmico por expandir total o parcialmente (cuadro 9). En el último tratamiento, 1/3 del cereal de la fórmula fue molturado y servido como harina mezclado con pienso granulado que contenía 2/3 del cereal y el resto de fórmula. Este tratamiento simula las posibles condiciones de mezcla de pienso con cereal propio de la granja. Al igual que en el estudio anterior, los cerdos alimentados con pienso molturado finamente, expandido y granulado mostraron los mejores resultados productivos debido al mejor índice de conversión, pero también fueron los animales que tuvieron la mayor prevalencia. La prevalencia disminuyó significativamente al aumentar el tamaño de molturación, con una ligera mejora al suministrar el pienso en harina y sin efectos importantes del tratamiento térmico. La adición de grano de cereal también mostró efectos beneficiosos en el control del patógeno. Sin embargo, el sobrecoste económico de las prácticas de alimentación que resultaron en una menor prevalencia del patógeno las hace inviables desde un punto de vista práctico.

Cuadro 9.- Efecto del tamaño de molturación (fino: 2 mm o grosero: 4 mm), el tratamiento térmico por expandir (nulo, total o 2/3 de la dieta) y de la presentación del pienso (granulado o harina) sobre resultados productivos, salud gástrica y prevalencia de *Salmonella* (Jørgensen et al., 1999)

Molturación, mm:	2	4	4	4	4	4	
Expandir:	Sí	Sí	No	Sí	No	2/3	P*
Granulado:	Sí	Sí	Sí	No	No	2/3	
Parámetros productivos:							
GMD, g/d	812	793	794	764	797	797	ns
IT	2,77*	2,92	2,92	3,08	3,09	3,04	0,01
% magro	59,5	59,6	59,8	59,8	59,7	59,6	ns
Almidón en heces, % MS	0,22	1,70	1,90	4,80*	5,70*	2,20	0,10
Coste relativo	100	117	116	137	133	129	
Salud gástrica:							
Índice daño gástrico: 0-5	2,9*	1,7*	1,7*	0,3	0,08	1,0	0,01
pH en estómago	4,19*	3,25	3,83	4,00	3,60	3,71	0,10
Prevalencia <i>Salmonella</i>:							
% seropositivos	12,9*	5,6	8,6	4,6	2,8	4,6	0,01

Relacionado con el último tratamiento del trabajo anterior, Dahl y Jørgensen (2001) realizaron un estudio epidemiológico para evaluar la efectividad de la mezcla de pienso compuesto con **grano de cereal** durante la fase de engorde para el control de *Salmonella*. El cereal utilizado fue cebada o trigo, molturado groseramente, en proporciones que oscilaban entre un 10 y un 50% de la ración. El efecto general fue positivo pero con resultados muy limitados en granjas con alta prevalencia. No se detectó ningún efecto del tipo de cereal o su proporción en la ración sobre los niveles del patógeno en la población. Como en el caso anterior, el coste económico de esta práctica es elevado por el aumento en el índice de conversión que conlleva y por lo tanto su aplicación práctica es inviable o limitada a casos muy concretos donde otro tipo de actuaciones hayan fracasado. Los autores concluyen que es necesario investigar nuevas prácticas de alimentación que ejerzan un efecto beneficioso sobre el microbismo intestinal pero sin redundar en un perjuicio productivo y económico.

El efecto beneficioso del pienso en harina, tamaño de molturación grosero o utilización de grano de cereal se explica por la existencia de un mejor equilibrio del ecosistema microbiológico intestinal que resulta en condiciones desfavorables para el crecimiento de *Salmonella*, básicamente por una mayor producción de ácidos orgánicos y un menor pH. La menor prevalencia del patógeno en el tracto digestivo va asociada a una mayor población de bacterias lácticas y menor de bacterias coliformes, sin afectarse la población de levaduras (Jørgensen et al., 1999). Este equilibrio se asocia a la mayor producción de ácido láctico, acético, propiónico y butírico a nivel gástrico y cecal, que provocan la disminución del pH.

Similares perfiles de flora microbiana y producción de ácidos en el tracto gastrointestinal se han conseguido mediante la **suplementación del pienso con ácidos orgánicos** (Maribo et al., 2000; Jørgensen et al., 2001). Dentro de los cursos FEDNA, Rodríguez-Palenzuela (2000) realizó una amplia revisión sobre la utilización de ácidos orgánicos como agentes antimicrobianos y Roth (2000) sobre su eficacia y modo de acción en nutrición porcina. Otra excelente revisión es la de Partanen y Mroz (1999). En general, ciertos ácidos orgánicos muestran una acción antimicrobiana por dos mecanismos diferentes. En primer lugar, producen una bajada del pH extracelular. En segundo lugar, pero más importante, la forma no disociada del ácido atraviesa la membrana del patógeno. Al disociarse intracelularmente, altera el gradiente de protones e inhibe sistemas enzimáticos necesarios para la síntesis de proteína microbiana y transporte de nutrientes, resultando en afectaciones graves de su metabolismo. Las bacterias Gram- son más sensibles a la acción de los ácidos que las Gram+ (cuadro 10). Los ácidos orgánicos pueden mostrar una acción sinérgica con aceites esenciales y extractos de plantas.

Cuadro 10.- Concentración mínima inhibitoria de diferentes ácidos (g/kg dieta) sobre bacterias y hongos (Singh-Verma, 1973; Strauss y Hayler, 2001)

Bacterias	Fórmico	Propiónico	Láctico
<i>Salmonella typhimurium</i>	1,0	1,5	3,0
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1,0	2,0	3,0
<i>Escherichia coli</i>	1,5	2,0	4,0
<i>Staphylococcus aureus</i>	1,5	2,5	4,0
<i>Listeria monocytogenes</i>	1,0	2,0	2,5
<i>Campylobacter jejuni</i>	1,0	2,0	3,0
<i>Clostridium botulinum</i>	1,5	2,5	3,0
<i>Clostridium perfringens</i>	1,0	2,5	3,0

Hongos	Fórmico	Acético	Propiónico	Sórbico
<i>Aspergillus Níger</i>	5,0	5,0	2,5	5,0
<i>Penicillium expansum</i>	1,0	2,5	1,3	0,5
<i>Fusarium nivale</i>	2,5	5,0	1,3	0,5
<i>Cladosporium sp.</i>	1,0	2,5	2,5	2,5

Maribo et al. (2000) al evaluar diferentes dosis de ácido láctico (0,7, 1,4 y 2,8%) y de ácido fórmico (0,7 y 1,4%) obtuvieron un menor pH a nivel gástrico e intestinal y una reducción de la población de coliformes. La población de levaduras aumentó en el caso del ácido láctico, pero disminuyó en el caso del ácido fórmico. Resultados similares fueron obtenidos por Jørgensen et al. (2001) al evaluar el efecto del tratamiento térmico por expandir, de la presentación del pienso (granulado o harina) y de la suplementación con ácidos orgánicos (diformiato potásico o mezcla de ácido fórmico y láctico) sobre resultados productivos, microflora gastrointestinal y producción de ácidos en cerdos de 26 a 104 kg (cuadro 11). Al

comparar con una alimentación tipo harina no expandida, los animales alimentados con pienso expandido y granulado mostraron una mayor eficiencia productivo-económico pero también, un mayor n° de coliformes, hecho considerado negativo para el control de *Salmonella* ya que ambos patógenos requieren condiciones similares para su crecimiento. Con pienso expandido no granulado se obtuvieron resultados productivos negativos sin una mejora sustancial en el equilibrio del ecosistema gastrointestinal. Sin embargo, al suplementar el pienso expandido y granulado con ácidos orgánicos se redujo la presencia de coliformes a nivel gástrico y cecal debido a su acción antimicrobiana sin que se disminuyera la flora láctica. Por tanto, parece posible el diseño de pautas de alimentación en seco que combinen unos resultados productivos óptimos con el control de prevalencia de *Salmonella*.

Cuadro 11.- Efecto del tratamiento térmico por expandir, de la presentación del pienso (granulado o harina) y de la suplementación con ácidos orgánicos (diformiato potásico o mezcla de ácido fórmico y láctico) sobre resultados productivos, microflora gastrointestinal y producción de ácidos en cerdos de 26 a 104 kg (Jørgensen et al., 2001).

Expandido:	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Granulado:	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí
Ácido / dosis:				Diform. Potásico 0,6%	Diform. Potásico 1,0%	Fórmico +Láctico 2,0%
Parámetros Productivos:						
GMD, g/d	918	951	974	972	969	998
IT	2,83	3,02	2,57*	2,60*	2,59*	2,58*
Coste relativo	116	125	100*	104*	105*	101*
Microflora Gástrica (logCFU/g):						
Láctica	8,0	7,4	7,5		7,6	7,4
Coliformes	3,1	3,7*	4,0*		3,3	3,2
Levaduras	4,6	4,1	4,7		3,5*	3,2*
Microflora Cecal (logCFU/g):						
Láctica	9,1	9,2	9,1		8,8	8,7
Coliformes	6,0	5,8	6,5*		5,7	5,6
Levaduras	4,6	4,7	5,1		3,1*	3,1*
Concentración Gástrica (Mmol/kg):						
Ac. Láctico	16	14	17		35	30
Ac. Fórmico	0,0	0,1	0,1		10*	10*
Ac. Acético	17	7*	5*		6*	4*
Ac. Propiónico	7	3	1*		0,5*	0,5*
Ac. Butírico	6	2	0,2*		0,2*	0,2*

* Diferencias significativas respecto al tratamiento 1: harina no expandida.

Por otro lado, los **sistemas de alimentación líquida** son altamente eficaces en el control de *Salmonella*, especialmente si utilizan subproductos tipo suero. En general se considera que

cerdos alimentados mediante este tipo de alimentación tienen 1/5 de probabilidad de ser positivos a *Salmonella* respecto a cerdos alimentados con pienso granulado en seco (van der Wolf et al., 1998; Wingstrand et al., 1999). El motivo de esta menor prevalencia también es la presencia de ácidos orgánicos en el alimento (van Winsen et al., 2000). En los tanques de alimento líquido ocurre una fermentación natural por lactobacilos y levaduras presentes en el pienso. Estos microorganismos no producen ninguna bacteriocina que actúe contra *Salmonella*, pero sí producen metabolitos como ácido láctico y acético que reducen el pH hasta valores próximos a 4,0. Por tanto, el efecto del bajo pH junto a la acción de las formas no disociadas de los ácidos orgánicos también constituyen el efecto bactericida contra *Salmonella* que se observa en sistemas de alimentación líquida.

Otra práctica evaluada para minimizar la colonización intestinal por *Salmonella* es la exclusión competitiva. La **exclusión competitiva** consiste en la colonización del tracto intestinal por flora beneficiosa propia durante toda la vida del animal. La flora comensal saprofita, *Lactobacilli* y *Bifidobacter*, compite con *Salmonella* y reduce la presencia en ciego y la excreción fecal del patógeno. La efectividad en avicultura ha sido ampliamente demostrado (Nurmi y Rantala, 1973; Nisbet et al., 1998), así como en lechones destetados precozmente (Anderson et al., 1999). El efecto positivo puede potenciarse mediante la utilización de prebióticos como los (FOS) fructooligosacáridos (van der Poel, 2000). Los FOS son oligosacáridos de la serie de la rafinosa que son utilizados metabólicamente de forma selectiva por un amplio rango de especies bacterianas intestinales beneficiosas y en cambio no son utilizados por especies perjudiciales. Su estructura y modo de acción ha sido extensamente revisado dentro de los cursos FEDNA por Santomá (1998). Sin embargo, el largo ciclo productivo del cerdo, los importantes cambios fisiológicos que ocurren durante el destete y la importancia de la infección en fases finales del engorde hace que la efectividad de esta técnica en porcino sea de menor importancia que en avicultura.

Letellier et al. (1999) evaluaron la eficacia de **otros** tratamientos sobre la protección de colonización tisular y eliminación fecal de *Salmonella* en cerdos inoculados experimentalmente. Los tratamientos evaluados fueron: acidificación del agua (0,2% ácido fórmico), probióticos en pienso (2 x10⁹ UFC/día de los que un 4% eran *Lactobacillus acidophilus*, un 65% *L. rhamnosus*, un 25% *Enterococcus faecium*, un 5,9% *Streptococcus thermophilus* y un 0,1% *L. bulgaricus*), flavofosfolipol en pienso (20 ppm), FOS en agua o pienso (1%) y yema de huevo enriquecida con inmunoglobulinas en pienso (1 g/lechón). Aunque los resultados no fueron conclusivos, FOS y flavofosfolipol fueron los tratamientos más eficaces para una protección parcial contra el patógeno. La adición de ácidos orgánicos en el agua de bebida tienen un efecto limitado con notables problemas de obturación y corrosión de bebederos en función del tipo de producto y de las instalaciones (Hansen et al., 1999; Van der Wolf, 2000). En general, se puede concluir que la combinación de diferentes estrategias de alimentación en granjas de porcino permite conseguir un control efectivo de la prevalencia de *Salmonella* hasta el final del engorde.

Las actuaciones sobre el sistema productivo y el tipo de alimentación en granja deben acompañarse de estrategias de manejo y alimentación en la fase previa al sacrificio, así como de un control de puntos críticos en la manipulación de canales y carne, para conseguir el control de *Salmonella* en el producto cárnico final.

6.- CONTROL DE *SALMONELLA* PREVIO AL SACRIFICIO

El periodo entre el final del engorde hasta el sacrificio en matadero es crítico en un programa de control de *Salmonella*. Durante el ayuno, la carga de animales, el transporte y la espera previa al sacrificio aumenta la excreción de *Salmonella* por parte de animales infectados subclínicamente y se produce una importante infección cruzada entre animales afectados y animales sanos así como también la contaminación de vehículos e instalaciones. Estudios con hisopos rectales demuestran aumentos en prevalencia de un 9% en granja a un 80% en matadero (Davies y Funk, 1999). Por tanto, los estudios en matadero no son válidos para determinar el grado de infección en granja. Un muestreo de nódulos linfáticos tampoco representa una alternativa válida ya que estos se infectan en un margen de 6 horas después de una exposición por aerosol (Fedorka-Cray et al., 1995). El estrés asociado a la carga y transporte de los animales, agravado por el estrés producido por el ayuno, induce una supresión del sistema inmune que resulta en una proliferación de *Salmonella* con la consiguiente excreción fecal. Además, debido al ayuno, disminuye la producción de ácidos grasos volátiles en ciego y por tanto aumenta el pH creándose unas condiciones más óptimas para el crecimiento del patógeno.

Diferentes estudios en ratones (Tannok et al., 1972), avicultura (Holt et al., 1998) y porcino (Isaacson et al., 1997) demuestran que las horas de **ayuno** de comida y bebida aumentan la excreción de *Salmonella*. Por tanto, para reducir la excreción de *Salmonella*, serían recomendables ayunos de corta duración. No obstante, frecuentemente se recomiendan ayunos prolongados porque suponen una reducción en el peso del contenido intestinal, una evisceración más fácil, una menor contaminación bacteriana debido a la menor roturas de vísceras, una menor incidencia de carnes PSE y una menor cantidad de productos residuales en el matadero. Isaacson et al. (1999ab) demostraron el aumento en prevalencia positiva a *S. typhimurium* en cerdos inoculados experimentalmente a inicio de engorde cuando estos se ayunaron y transportaron a matadero (225 km). A final del engorde, dichos cerdos eran portadores del patógeno pero no lo eliminaban vía heces. El estrés del **transporte** desencadenó la excreción y está fue superior al aumentar las horas de ayuno. El porcentaje de prevalencia positiva en cerdos ayunados 0, 6, 12 y 24 h fue de 18, 45, 55 y 85%, respectivamente. Los cerdos que no se transportaron mostraron una menor prevalencia de *Salmonella* en el contenido ileocecal.

El incremento en la prevalencia y también en la presencia de úlceras gástricas puede acentuarse en casos de múltiples ayunos debidos a vaciados progresivos de lotes de cerdos de la misma granja para ir a matadero. Sin embargo, Morrow et al. (2000a,b), al evaluar el porcentaje de cerdos con lesiones gastrointestinales y/o excretando *Salmonella* cuando eran sometidos a 0, 12 ó 24 h de ayuno y a 1, 2 ó 3 ayunos espaciados una semana de tiempo entre ellos, no encontró

diferencias significativas debidas a la duración ni al nº de ayunos. Se concluye que el estrés del transporte y el tiempo de espera previo al sacrificio tienen mayor efecto que no el ayuno sobre la prevalencia de *Salmonella* en la canal. En condiciones prácticas, ayunos de entre 10 y 18 horas antes de la carga serían los recomendables. El programa de control de *Salmonella* en Dinamarca recomienda ayunos de 12 h. Sin embargo, factores como la predisposición a carnes PSE, cargas de mañana o noche, duración y densidad durante transporte, y época del año deben tenerse en cuenta a la hora de decidir la duración exacta del ayuno en granja.

Prolongados **tiempos de espera** antes del sacrificio son especialmente críticos. Es probable que exista una alta contaminación en los corrales de espera de los mataderos debido a la poca efectividad contra *Salmonella* de la limpieza y desinfección habitual (Swanenburg et al., 2001). De hecho, las prácticas de limpieza y desinfección convencionales sólo disminuyen en un 10% la incidencia de salmonelosis (Berends, 1998). La espera en ambientes con alta contaminación hace que el animal se infecte rápidamente (en 3 h). Por tanto, es importante que los cerdos se transporten en camiones limpios con el mínimo estrés, que la duración del viaje sea corta y que los animales no estén en los corrales de espera en sacrificio durante largo tiempo. En caso de granjas con alta prevalencia, se recomienda sacrificar esos animales por separado al final del día para evitar la contaminación cruzada entre animales en los corrales de espera y entre canales en las líneas de sacrificio.

7.- CONTROL DE SALMONELLA EN LA CARNE DE CERDO

La principal medida en matadero para el control de *Salmonella* en porcino es seleccionar materia prima no contaminada ya que ésta es básicamente la principal vía de contaminación. Un 70% de los casos de las canales contaminadas proceden de animales positivos, mientras que el 30% restante lo son por contaminación cruzada (Berends et al., 1998a). En la mayoría de casos, el matadero sacrifica animales con diversos grados de prevalencia. Por tanto, las medidas a incluir deben minimizar la contaminación cruzada, prevenir la multiplicación e introducir posibles medidas de descontaminación. Al igual que en los procesos anteriores, es necesario implementar un sistema APPCC.

Un estudio epidemiológico realizado en distintos países de la Unión Europea (Hald et al., 1999) demuestra la importante prevalencia de *Salmonella* en los distintos productos y puntos de las instalaciones, con notables diferencias entre mataderos (cuadro 12). Los autores concluyen que los dos principales puntos críticos para la **contaminación cruzada** son el escaldado y el eviscerado de las canales. El proceso de escaldado reduce la contaminación de las canales. Sin embargo, cuando la temperatura es inferior a 62°C y/o el tanque de escaldado contiene mucha materia orgánica, el patógeno resiste las condiciones del proceso. En estas condiciones, el escaldado pasa a ser un importante punto crítico y peligroso ya que la presencia de *Salmonella* en el tanque contribuye en gran medida a la contaminación cruzada de canales. La higiene del material es de vital importancia durante el faenado de la canal. Para reducir la probable

contaminación durante el eviscerado, es una buena práctica la utilización de bolsas para aislar el recto, el no partir la cabeza y la separación de la lengua / tráquea por la posible presencia de *Salmonella* en las tonsilas. El estudio también demuestra la importancia de la frecuencia de la limpieza de material ya que la contaminación del ambiente aumentó a lo largo del día, hasta multiplicar por cuatro la probabilidad de encontrar muestras positivas al final de la jornada. De ahí que la práctica de sacrificar los cerdos procedentes de granja con alta prevalencia al final de la jornada sea efectiva para reducir la carga ambiental y contaminación cruzada entre canales.

Cuadro 12.- Resultados de incidencia de *Salmonella* en un sondeo de muestras realizado en 12 mataderos europeos: Dinamarca, Alemania, Grecia, Suecia y Holanda (Hald et al., 1999)

Muestras de:		Rango de porcentaje de muestras positivas en matadero:	
		Mínimo	Máximo
Producto:	Canal	0	9
	Hígado	0	13
	Lengua	0	14
Ambiente:	Tanque de escaldado	0	7
	Material de faenado	0	35
	Pelado de canales	0	8
	Eliminar el recto	1	34
	Eviscerado	9	53
	Partir la canal	7	39
	Inspección de la canal	0	17
	Pulido final	2	33
	Suelo previo al oreo	8	60

Y por último, en la fase de post-sacrificio, existen diferentes medidas para la **descontaminación** de posibles canales contaminadas. Por ejemplo, lavados con soluciones de ácidos orgánicos (ácido láctico y/o propiónico) e irradiación de productos finales. El lavado de canales, para eliminar posibles patógenos en la piel de las canales y así evitar el traspase a carne durante la manipulación, no está permitido en la Unión Europea pero sí en otros países como EEUU y Australia. Dinamarca está evaluando la posibilidad de un lavado únicamente con agua caliente (80°C, 15 s) para ser utilizado en canales procedentes de granjas con alta prevalencia (Nielsen, 2001). Los inconvenientes de este sistema serían las posibles decoloraciones de la superficie de las piezas cárnicas y la importante cantidad de agua necesaria.

La implementación de APPCC es vital en las siguientes etapas de la cadena cárnica para asegurar que no existe una recontaminación de la carne suministrada por el matadero o sala de despiece. La aplicación de unas buenas prácticas de manejo y el correcto mantenimiento de la cadena del frío durante la elaboración, distribución y comercialización deben asegurar la óptima calidad higiénica del producto cárnico adquirido por el consumidor.

Finalmente, es importante recordar que la cadena será tan fuerte como el más débil de sus eslabones. Por tanto, para asegurar una seguridad alimentaria óptima, el conjunto de medidas tomadas en las anteriores fases debe ir acompañada de unas buenas prácticas en el último eslabón de la cadena cárnica, el consumidor. Sin embargo, un estudio reciente (Smith, 2001) indica que, en la mayoría de hogares, los hábitos en la preparación culinaria de la carne no son adecuados: colocación inadecuada de los alimentos en el frigorífico, habitualmente a Tª demasiado elevada; falta de higiene personal, de los utensilios y de la superficie de trabajo durante la manipulación de la carne; tiempo de descongelación demasiado largo e insuficiente grado de cocción de la carne. En definitiva, un programa integral de seguridad alimentaria debe incluir la educación del consumidor con recomendaciones sobre la correcta manipulación y preparación del producto cárnico.

8.- CONCLUSIÓN

El control de la prevalencia de *Salmonella* en producción porcina es importante por tratarse de la principal zoonosis causante de toxiiñfección alimentaria en la población humana, por ser un atributo necesario en el comercio internacional de carne y por las repercusiones económicas en la producción porcina. Por tanto, una actitud proactiva del sector porcino sobre seguridad alimentaria debe contemplar la implementación de un programa de control de *Salmonella* en el producto final. Debido a la naturaleza omnipresente de *Salmonella*, dicho programa debe incidir en los distintos eslabones de la cadena cárnica. La alimentación de los animales, como parte integrante de la cadena, juega un papel determinante en el control del patógeno. En primer lugar, se debe garantizar la higiene microbiológica del pienso para evitar que actúe como vehículo de entrada de la infección a la granja. Además, y posiblemente más importante, ciertas prácticas de alimentación contribuyen notablemente a la disminución de la prevalencia de *Salmonella* en la población porcina debido a sus efectos beneficiosos sobre el equilibrio del ecosistema intestinal del cerdo. La combinación de estas estrategias de alimentación junto a la aplicación de buenas prácticas de manejo de los animales antes y durante el sacrificio pueden controlar la presencia de *Salmonella* en carne. Dado que la cadena es tan fuerte como el más débil de sus eslabones, es importante que no se produzca una posterior recontaminación del producto cárnico a lo largo del proceso de elaboración y manipulación. Por tanto, para asegurar la máxima seguridad alimentaria, todos los eslabones de la cadena cárnica deben emprender acciones prácticas que minimicen el riesgo en cada punto crítico de introducción de *Salmonella*. En definitiva, un programa integral de seguridad alimentaria requiere la coordinación y colaboración de toda la cadena cárnica desde el productor hasta el consumidor.

9.- REFERENCIAS

- ANDERSON, R.C., GENOVESE, K.J. HARVEY, R.B., STANKER, L.H., KEITH, N.K., DeLOAK, J.R. y NISBET, D.J. (1999) En: *Proc. of the 3rd international symposium on the epidemiology and control of Salmonella in pork*. Washington, USA. pp: 18-21.
- BERENDS, B.R. (1998) *A risk assessment approach to the modernization of meat safety assurance*. Tesis Doctoral, Universidad de Utrecht, Holanda.
- BERENDS, B.R., VAN KNAPEN, F., MOSSEL, C.D.A., BURTA, S.A. y SNIJDERS, J.M.A. (1998) *Int. J. Food Microbiol.* 44: 219-229.
- BEUMER, H. y VAN DER POEL, A.F.B. (1997) En: *Expander processing of animal feeds*. Ed. Van der Poel. Wageningen Feed Processing Centre, Netherlands. pp: 39-48.
- CDC (2001) *USA Center for Disease Control*. En: <http://www.cdc.gov/foodnet/>.
- CHARLES, S., TRIGO, E., SETTJE, T., ABRAHAM, A. y JONSON, P. En: *Proc. of the 3rd international symposium on the epidemiology and control of Salmonella in pork*. Washington, USA. pp: 293-295.
- CIA, C. (2001) En: *IV Jornadas de porcino de la UAB*. CRESA. Barcelona, Spain
- COMISION EUROPEA (2000). *Opini3n of the scientific comit3 in food-borne diseases*. En: <http://www.europa.eu.int/comm/food/fs/>
- DAHL, J. (1997) En: *Proc. of the BIT Intern. Symp. On Vet. Epid. And Econ*. pp: 14-23.
- DAHL, J., WINGSTRAND, A, KRANKER, S. y NIELSEN, B. (1997) *Vet. Rec.* 140: 679-681.
- DAHL, J., KRANKER, S. y WINGSTRAND, A. (2000) En: *Proc. of 16th International Pig Veterinary Society Congress*. Melbourne, Australia. pp: 203.
- DAHL, J. y J3RGENSEN, L. (2001) *Danske Slagterier*. Nutrition Finishers Report n3 505 en <http://www.danskeslagterier.dk>.
- DARWICH, L., MATEU, E., MART3N, M. TORRE, E. y CASAL, J. (1999) *Anaporc* 195: 5-16.
- DARWICH, L., TORRE, E., MART3N, M. y MATEU, E (2000) En: *Proc. 16th International Pig Veterinary Society Congress*. Melbourne, Australia. pp: 222
- DAVIES, P.R. y FUNK, J.A. (1999) En: *Proc. of the 3rd international symposium on the epidemiology and control of Salmonella in pork*. Washington, USA. pp: 1-11.
- FEDORKA-CRAY, P.J., COLLINS KELLEY, L., STABEL, T.J., GRAY, J.T. y LAUFER, J.A. (1995) *Infect. Immun.* 63: 2658-2664.
- H3ggblom P. (1997) *Swedish Board of Agriculture*.
- HALD, T. y WEGENER, H.C. (1999) En: *Proc. of the 3rd international symposium on the epidemiology and control of Salmonella in pork*. Washington, USA. pp: 200-205.
- HALD, T., WINGSTRAD, A., SWANENBURG, M., ALTROCK, A.V., LIMPITAKIS, N. y THORBERG, B.M. (1999) En: *Proc. of the 3rd international symposium on the epidemiology and control of Salmonella in pork*. Washington, USA. pp: 273-276.
- HAMILTON, D., BOBBITT, J., DAHL, J., COATES, K. LESTER, K. y POINTON, A. (2000) En: *Proc. of 16th International Pig Veterinary Society Congress*. Melbourne, Australia. pp: 204.
- HANSEN, C.F., JORGENSEN, L. DAHL, J. y KJELDTSEN, N. (1999) En: *Proc. of the 3rd international symposium on the epidemiology and control of Salmonella in pork*. Washington, USA. pp: 299-301.
- HEIDENREICH, E. y L3WE, R. (1994) *Die Hule und Mischfuttertechnik* 131: 701-709
- HOLT, P.S. (1998) En: *Proc. International Symposium on Food-borne Salmonella in poultry*. Ed. American Association of Avian Pathologists. Baltimore, USA. pp:118-129.

- HURD, H., MCKEAN, J., ROSTAGNO, M., GRIFFITH, R. y WESLEY, I. (2001) En: *Proc. 32nd American Association of Swine Practicioners*. pp: 25-26.
- ISAACSON R.E., FIRKINS, L., ZUCKERMANN, F.A., WEIGEL R.M. y DIPIETRO J.A. (1997) En: *Proc. 2nd International Symposium on the Epidemiology and Control of Salmonella in Pork*. Copenhagen, Denmark. pp: 235-237.
- ISAACSON R.E., FIRKINS, L.D., WEIGEL, R.M., ZUCKERMANN, F.A. y DIPIETRO J.A. (1999a) *Am. J. Vet. Res.* 60(9): 1155-1158
- ISAACSON R.E., WEIGEL, R.M., FIRKINS, L.D. y BAHNSON P. (1999b) En: *Proc. of the 3rd international symposium on the epidemiology and control of Salmonella in pork*. Washington, USA. pp: 296-298.
- ISRAELSEN, M., VIRSOE, M. y HANSEN, I.D. (1996) *Feed International* 5: 31-34.
- KAESBOHRER, A. (1999) En: *Proc. of the 3rd international symposium on the epidemiology and control of Salmonella in pork*. Washington, USA. pp: 358-361.
- JØRGENSEN, L., DAHL, J. y WINGSTRAND, A. (1999) En: *Proc. of the 3rd international symposium on the epidemiology and control of Salmonella in pork*. Washington, USA. pp: 151-157.
- Jørgensen, L., JENSEN, B.B. y KJAERSGAARD (2001). *Danske Slagterier*. Nutrition Finishers Report n° 489 en <http://www.danskeslagterier.dk>.
- KJELDEN, N. y DAHL, J. (1999) En: *Proc. of the 3rd international symposium on the epidemiology and control of Salmonella in pork*. Washington, USA. pp: 313-316.
- KRANKER, S. y DAHL, J. (2000) En: *Proc. of 16th International Pig Veterinary Society Congress*. Melbourne, Australia. pp: 211.
- LAURINEN P., SILJANDER-RASI, H., KARHUNEN, J., ALAVIUHKOLA, T., NÄSI, M. y TUPPI K. (2000) *Anim. Feed Sci. Technol.* 83 (1): 1-16.
- LETELLIER, A., MESSIER, S., LESSRD, L. y QUESSY, S. (1999) En: *Proc. of the 3rd international symposium on the epidemiology and control of Salmonella in pork*. Washington, USA. pp: 321-325.
- LIBRO BLANCO SOBRE SEGURIDAD ALIMENTARIA (2000) *Comisión de la Unión Europea*. En: <http://europa.eu.int/comm/food>.
- LO FO WONG, D.M.A., DAHL, J., ALTROCK, A. VON, GRAFANKIS, S., THORBERG, B.M. y VAN DER WOLF, P.J. (1999) En: *Proc. of the 3rd international symposium on the epidemiology and control of Salmonella in pork*. Washington, USA. pp: 151-157.
- MARIBO, H., JENSEN, B.B. y HEDEMAN, M.S. (2000) *Danske Slagterier*. Nutrition Weaners Report n° 469 en <http://www.danskeslagterier.dk>.
- MATEU, E. (2001) En: *IV Jornadas de porcino de la UAB*. CRESA. Barcelona, Spain
- McILROY, S.G. (2001) En: *Feed manufacturing in the mediterranean region. Improving safety: from feed to food*. Ed. CIHEAM-ASFAC, Reus, Spain. pp:81-85.
- MORROW, M., DAVIES, P.R., SEE, T., EISEMANN, J. y ZERING, K. (2000a) En: *Proc. 16th International Pig Veterinary Society Congress*. Melbourne, Australia. pp: 202.
- MORROW, M., DAVIES, P.R., SEE, T., EISEMANN, J. y ZERING, K. (2000b) En: *Proc. 16th International Pig Veterinary Society Congress*. Melbourne, Australia. pp: 207.
- MOUSING, J., JENSEN, P.T., HALGAARD, C., BAGER, F., FELD, N. NIELSEN, J.P. y BECH-NIELSEN, B. (2001) *Pig International* 31, 6: 15-16.
- NIELSEN, S. (1997) *Prev. Vet. Med.* 29: 247-261.
- NEUMAN, E.J. y KNIFFEN, T.S. (1999) En: *Proc. of the 3rd international symposium on the epidemiology and control of Salmonella in pork*. Washington, USA. pp: 158-160.

- NISBET, D.J., TELES, G.I., LOWRY V.K., ANDERSON, R.C., GARDIA, G., NAVA, G., KOGUT M.H., CORRIER, D.E. y STANKER, L.H. (1998) *Avian Dis.* 42: 651-656.
- NURMI, E. y RANTALA, M. (1973) *Nature* 241: 210-211.
- PARTANEN, K. y MROZ, Z. (1999) *Nutrition Research Reviews* 12: 117-145.
- RODRÍGUEZ-PALENZUELA, P. (2000) En: *XVI Curso de especialización FEDNA*. pp: 171-181.
- ROTH, F.X. (2000) En: *XVI Curso de especialización FEDNA*. pp: 157-167.
- SANTOMA, G. (1998) En: *XIV Curso de especialización FEDNA*. pp: 119-140.
- SINGH-VERMA, S.B. (1973) *Sicht.Landwirtsch. Forschung. Sonderheft* 28/11: 95-114
- SMITH, R. (2001) *Feedstuffs* 73, 23: 19.
- STRAUSS, G. y HAYLER, R. (2001) *Kraftfutter* 4: 147-151.
- SWANENBURG, M., URLINGS, H.A.P., KEUZENKAMP, D.A. y SNIJDERS, J.M.A. (2001) *Journal of Food Protection* 64 (1): 12-16.
- TANNOCK, G.W. y SMITH, J.M.B. (1972) *J. Med. Microbiol.* 5: 283-289.
- VAN DER POEL, A.F.B. (2000) En: *Congreso internacional de producción y sanidad animal*. Ed. Expoaviga. Barcelona, España. pp: 674-679.
- VAN DER WOLF, P.K., VAN SCHIE, F.W., ELBERS, A.R.B., ENGEL, B. y TIELEN. M.J.M. (1998) En: *Proc. 15th International Pig Veterinary Society Congress*. Birmingham, England. pp: 68.
- VAN DER WOLF, P.K., BONGERS, J.H. y ELBERS, A.R.B. (1999) *Vet. Microbiol.* 67: 263-275.
- VAN DER WOLF, P.K., VAN SCHIE, F.W., ELBERS, A.R.B., ENGEL, B. y TIELEN. M.J.M. (2000) En: *Proc. 16th International Pig Veterinary Society Congress*. Melbourne, Australia. pp: 214.
- VAN WINSEN, R.L., LIPMAN, L.J., BIESTERVELD, S., URLINGS, B., SNIJDERS, J. y VAN KNAPEN, F. (2000) *J. Sci. Food. Agric.* 81: 342-346.
- WINGSTRAND, A., DAHL, J. y LO FO WONG, D.M.A. (1999) En: *Proc. of the 3rd international symposium on the epidemiology and control of Salmonella in pork*. Washington, USA. pp: 186-189.
- WHO (1988) *Publications of World Health Organization*. En: <http://www.who.int/dsa/>