

Claves para el control de Salmonella en el porcino.

FUENTE: <http://www.exopol.com/general/circulares/284.html>

Eva Creus

Departamento de Ciencia Animal y de los Alimentos

Facultad de Veterinaria (Universitat Autònoma de Barcelona)

Presentado en la jornadas de la UAB, 2005

El sector de la producción porcina, al igual que otros sectores de la producción animal, está sufriendo una profunda transformación. Esta transformación viene determinada principalmente por las demandas del consumidor sobre la industria alimentaria para la producción de alimentos de calidad, principalmente alimentos seguros. El control de Salmonella en los animales, principal agente zoonótico en los países desarrollados, es un ejemplo de la búsqueda de estos nuevos estándares sanitarios que resultan también, en implicaciones en el comercio internacional de carne. Aparte de esta gran importancia desde un punto de vista de salud pública, la salmonelosis también tiene un impacto a nivel de salud animal. Salmonella puede causar enfermedad y muertes en los animales, resultando en un mayor coste de producción y una menor rentabilidad de la explotación. Pero la infección por Salmonella no siempre resulta en enfermedad; en ocasiones se produce una infección subclínica en la que la bacteria puede ser eliminada por heces durante meses sin que el animal muestre ninguna sintomatología. Estos animales son importantes reservorios de la enfermedad y constituyen la principal vía de entrada de Salmonella en el matadero, donde determinadas prácticas influirán en la diseminación del patógeno y finalmente, en la contaminación de las canales.

CONTROL DE SALMONELLA DESDE LA INDUSTRIA PORCINA

Salmonella puede entrar en cualquier punto de la cadena alimentaria, desde las materias primas y piensos, pasando por la granja, hasta el matadero, la industria cárnica y por último, durante su distribución y manipulación por el consumidor. Como consecuencia, un plan de control de Salmonella en el porcino debe incidir en todos los eslabones de la cadena productiva.

Hasta el momento, el control y la regulación de las medidas que garantían los estándares de seguridad alimentaria se centraban principalmente en las inspecciones en mataderos, salas de despiece y puntos de distribución y venta. Las últimas crisis alimentarias (BSE, dioxinas, E. coli O157:H7, etc.) han puesto de manifiesto la necesidad de aplicar también medidas de monitorización y control a nivel de la producción primaria, incluida la fabricación de los piensos. Estos objetivos quedan recogidos por la actual normativa comunitaria sobre el control de las zoonosis de origen alimentario, especialmente la salmonelosis. En la Directiva 2003/99/CE se destaca la obligatoriedad por parte de los Estados Miembros de la aplicación de medidas de vigilancia de los agentes productores de zoonosis en la totalidad de la cadena alimentaria para su gestión posterior y en el Reglamento (CE) nº 2160/2003 se ofrecen las pautas prácticas para llevar a cabo estos sistemas de control, estableciéndose requisitos específicos de control para determinadas zoonosis y agentes zoonóticos. En concreto, el reglamento establece que para el control de Salmonella en el porcino, a partir del año 2008 y

una vez fijados los objetivos en función cada programa nacional de control, será obligatoria la aplicación de pruebas de detección y certificación, tanto para los cerdos destinados al matadero como para las reproductoras.

Países como Suecia y Finlandia tienen implementado desde hace bastante tiempo programas nacionales de control de salmonela y más recientemente también se han instaurado en Bélgica, Irlanda y Holanda. Estos programas se han basado en el seguimiento bacteriológico en las explotaciones y en el matadero. En cambio, el programa danés de control de salmonela iniciado el año 1995 se basa en la clasificación serológica de las granjas, así como el sacrificio de los animales según su riesgo.

CONTROL DE SALMONELLA EN LAS EXPLOTACIONES

La naturaleza ubicua de este género, ligada a su habilidad para sobrevivir y multiplicarse dentro un amplio rango de sustratos y condiciones ambientales, determina el hecho que la erradicación de Salmonella de las granjas es prácticamente imposible. Por este motivo, el objetivo de los programas de control no debería centrarse en la erradicación del patógeno, sino en reducir al máximo su presencia en las explotaciones.

Determinados factores ambientales y de manejo se han asociado a elevados niveles de Salmonella en la población animal. En base a estos factores de riesgo, diferentes métodos de prevención y control de Salmonella han sido propuestos. En general, éstos se basan en la combinación de medidas para minimizar su introducción y posterior diseminación en las granjas; básicamente medidas relacionadas con la sanidad, la bioseguridad, la alimentación, la higiene y el manejo. Pero debe tenerse en cuenta que no existen estrategias de control únicas y aplicables a todas las situaciones, sino que éstas deben ser una combinación de medidas prácticas y económicamente factibles formuladas en función de cada granja.

MEDIDAS DE SANIDAD Y BIOSEGURIDAD

Las granjas no son sistemas aislados, sino que continuamente se establecen contactos con diferentes factores externos que pueden introducir el patógeno en las instalaciones. De entre las numerosas fuentes de introducción, deben destacarse el pienso, factor que se comentará en el siguiente apartado y la reposición.

La incorporación de nuevos animales es considerado uno de los principales factores de riesgo de introducción y diseminación de Salmonella en las explotaciones, tanto en las de ciclo cerrado como en los sistemas de producción en múltiples fases.

La entrada del patógeno en granjas de reproductoras vía reposición es un factor de riesgo que debe ser controlado; no sólo por su posible contribución a la presencia de Salmonella en los cerdos de engorde, también debido al hecho que las cerdas reproductoras representan una importante fuente de abastecimiento de animales en el matadero. Por este motivo y debido a los elevados niveles de prevalencia descritos en poblaciones de cerdas (Davies et al., 1998) y en especial, en cerdas de reemplazo (Letellier et al., 1999) es necesario realizar un mayor control de la reposición. En concreto, ésta debería obtenerse de proveedores con un certificado sanitario que garantice la aplicación y el seguimiento de programas de monitorización de Salmonella. También sería conveniente la utilización de sistemas de adaptación o cuarentena para las cerdas de reemplazo acabadas de llegar y así evitar que éstas sean una fuente de contaminación para las cerdas propias de las granjas. Este período merece especial atención debido al incremento del riesgo de excreción de Salmonella asociado al transporte; por una parte los animales pueden

infectarse debido al contacto con otros animales, vehículos y otros ambientes contaminados, aparte, los animales portadores es más probable que empiecen a excretar Salmonella debido al estrés sufrido por el transporte (Davies et al., 2000). Además, debería limitarse al mínimo el número de granjas de procedencia (Lo Fo Wong et al., 2002). Diferentes estudios describen que elevados índices de reposición externa y además, de múltiples orígenes pueden contribuir a una mayor entrada de Salmonella en las explotaciones (Quessy et al., 1999). De hecho, la introducción de animales de más de 3 granjas de procedencia se ha asociado con una mayor seropositividad a Salmonella (Lo Fo Wong et al., 2004).

También durante el engorde es importante incidir en el control sanitario de los animales, especialmente evitando problemas entéricos. El riesgo de excreción de Salmonella se incrementa debido a la presencia de otros patógenos digestivos causantes de brotes de diarrea por el desequilibrio producido en la microbiota intestinal (Beloeil et al., 1999).

Aparte de la vía de introducción a través del pienso contaminado y de la nueva reposición, Salmonella puede vehicularse a través de pájaros, roedores, insectos, y otros animales presentes en la explotación. Éstos pueden ser una fuente de contaminación del alimento y además, ser consumidos por los propios cerdos. En concreto, la falta de medidas para controlar la entrada de pájaros se ha asociado con una mayor seropositividad a Salmonella (Bahson et al., 2001; Creus et al., 2004a). También se ha descrito que la presencia en las granjas de otras especies de ganado constituye un riesgo importante (Mejía et al., 2004). Tampoco debe olvidarse el papel de otros vectores como los propios trabajadores y las visitas; Letellier et al., 1999 aislaron Salmonella de la botas de los cuidadores. Por este motivo, no deben pasarse por alto otros aspectos relacionados con la bioseguridad, por ejemplo, limitar el tráfico de visitas y camiones, cambio frecuente de ropa y botas de los trabajadores, limitar el acceso de todo tipo de animales a las instalaciones y alrededores mediante la delimitación del perímetro de las granjas, la aplicación de eficientes métodos de desratización y control de plagas, redes o telas en puertas y ventanas, correcto cierre de los silos y limpieza del pienso sobrante, control de la vegetación, etc. Además, es necesaria la protección de los depósitos de agua de la contaminación por los animales, así como una buena limpieza de los tanques y bebederos, sin olvidar la aplicación de sistemas de cloración de las aguas; se ha descrito el papel del agua en la diseminación de Salmonella en las granjas porcinas (Letellier et al., 1999) así como la relación entre la falta de cloración del agua con la seropositividad de la granja (Mejía et al., 2004)

CONTROL DE SALMONELLA DESDE LA ALIMENTACIÓN

La alimentación animal supone un importante riesgo de introducción de Salmonella en las explotaciones, aunque también destaca por su papel en el control de la transmisión del patógeno.

- Higienización de los piensos

Respecto al papel de la alimentación animal como vía de entrada del patógeno en las explotaciones, cabe destacar que Salmonella puede aislarse en una amplia variedad de alimentos destinados a los animales, tanto de origen vegetal como animal (Eld et al., 1991; Malmqvist et al., 1995; delPozo et al., 2001). Tradicionalmente a los productos de origen animal se les ha asociado una tasa mayor de contaminación por Salmonella, pero también los ingredientes vegetales, en especial los productos procesados industrialmente como las harinas de soja y algunos subproductos de cereales presentan un elevado riesgo de contaminación (McIlroy, 2001; Creus E. et al., 2004b)

En general, aunque se describen diferentes rangos de contaminación entre países, la contaminación por Salmonella de los piensos se ha reducido notablemente debido a la

prohibición del uso de proteínas animales en la alimentación animal y básicamente, a causa de los actuales tratamientos de descontaminación aplicados.

Pero debe tenerse en cuenta que todos los ingredientes pueden estar potencialmente contaminados por Salmonella; siendo prácticamente imposible asegurar la no introducción del patógeno en la fabricación de los piensos. Por este motivo es necesario el control de todo el proceso de producción de piensos y la aplicación de eficientes medidas de descontaminación, principalmente procesos tecnológicos (granulación, extrusionado, expandir, etc.) y tratamientos químicos (mezclas de ácidos orgánicos o de sus sales). Además, también debe protegerse el pienso de posibles recontaminaciones no sólo en las instalaciones de las fábricas sino hasta su transporte y distribución a los animales; por ejemplo, mediante una adecuada limpieza y desinfección de los camiones entre cada transporte y el almacenaje de los piensos en las granjas mediante silos perfectamente cerrados con el fin de evitar el contacto con roedores y aves.

Aún así, el papel que juega el alimento contaminado en la epidemiología de la infección no es del todo claro. Los aislamientos obtenidos de los piensos no suelen corresponderse con los que más afectan a las personas y a los animales; principalmente por su dificultad en mantener una infección persistente en los animales ((Ministerio de Agricultura del Reino Unido, 1995, Malmqvist et al., 1995; Veldman et al., 1995). Habitualmente, Salmonella Typhimurium, serotipo predominante en las explotaciones porcinas no suele aislarse en los piensos (Harris et al., 1997); hecho similar ocurre con el aislamiento de Salmonella Enteritidis, serotipo que afecta con más frecuencia a las aves (Veldman et al., 1995).

En general, serotipos como Salmonella Tennessee, Salmonella Mbandaka, Salmonella Cubana, Salmonella Livingstone, Salmonella Derby y Salmonella Anatum son de los más aislados en materias primas o piensos y sólo afectan esporádicamente a los animales y al hombre.

- Estrategias alimentarias

Los tratamientos de descontaminación del pienso ayudarían a prevenir la introducción del patógeno en granjas negativas, pero no reducen el problema cuando Salmonella se encuentra ya presente. Por este motivo, independientemente de la higiene microbiológica del pienso, determinadas prácticas de alimentación son consideradas efectivas de cara al control de la transmisión del patógeno y a la reducción de la prevalencia de Salmonella en granja por su impacto sobre la fisiología digestiva de los animales.

Diversos estudios han encontrado en su análisis de factores de riesgo que la utilización de alimento granulado y en concreto, molturado finamente, es un factor que predispone al incremento de la prevalencia de la infección en cerdos de engorde (Jorgensen et al., 1999; Hamilton et al., 2000). Por otra parte, se ha descrito que la administración de piensos en harina con un tamaño de partícula grosero (>3 mm de orificio en el molino) o mezclados con granos de cereales partidos, especialmente si se trata de cebada, resultan efectivos para el control de Salmonella durante la fase de engorde (Kjeldsen et al., 1999; Jorgensen et al., 2001). Por contra, con esta práctica no se obtienen buenos resultados productivos debido a los peores índices de conversión; especialmente al aumentarse el tamaño de la molienda, pues resulta en una menor digestibilidad del pienso (Laurinen et al., 2000).

La menor presencia de Salmonella en el tracto digestivo se asocia a la existencia de un mejor equilibrio del ecosistema microbiológico intestinal que resultaría en unas condiciones desfavorables para su crecimiento. Básicamente, debido al incremento en la producción de ácidos orgánicos y a una disminución del pH asociado a una mayor población de bacterias lácticas (Jorgensen et al., 1999).

Similares perfiles en la microbiota intestinal y concentración de ácidos en el tracto gastrointestinal se han conseguido mediante la suplementación de los piensos y el agua de bebida con ácidos orgánicos y también con los sistemas de alimentación líquida prefermentada.

La presencia de ácidos orgánicos en la dieta y en el agua de bebida influencia en la concentración de ácido a lo largo del tracto gastrointestinal del animal, principalmente en el estómago y en el intestino delgado (Canibe et al., 2001). El efecto sobre la microbiota intestinal de estos ácidos se debe a la disminución del pH que provocan en el tracto gastrointestinal y en particular, por el efecto bactericida de la propia molécula de ácido (Partanen y Mroz, 1999). El tipo de ácidos y la dosis determinan los efectos. En general, los ácidos fórmico, láctico y propiónico son los ácidos considerados más efectivos y en referencia a la dosis, se describe que dosis de entre 0,7%-2,8% de ácido láctico y 0,7%-1,4% de ácido fórmico en lechones se muestran efectivas en la reducción de la población de coliformes (Maribo et al., 2000). En un estudio realizado en lechones en el que se suplementó la dieta con un 2,8% de ácido láctico redujo la excreción fecal de Salmonella y resultó en una mejora de los parámetros productivos (Jorgensen et al., 2001). Respecto a la acidificación del agua de bebida, la adición de una mezcla de ácidos a dosis de 2 ml por litro de agua resultó en una reducción de la seroprevalencia de Salmonella en cerdos de engorde (van der Wolf et al., 2001b).

Una menor seroprevalencia por Salmonella en granjas de engorde también se ha descrito al utilizar dietas líquidas prefermentadas (Van Winsen et al., 2000; van der Wolf et al., 2001a). Parece ser que el ácido láctico producido por la elevada población de bacterias lácticas presente en este tipo de alimento, en combinación con la disminución del pH que tiene lugar en el tracto gastrointestinal, resultaría en un ambiente desfavorable para el crecimiento del patógeno.

Otro de los tratamientos evaluados para minimizar la colonización intestinal de Salmonella se basa en la utilización de probióticos o exclusión competitiva. En general, la presencia de ácidos orgánicos en el tracto digestivo depende fundamentalmente de la producción directa a partir de la microbiota intestinal del animal. Pero estas bacterias intestinales, principalmente Lactobacilos y Bifidobacterias, también pueden adicionarse directamente a través del alimento. Una vez colonicen el tracto intestinal tendrán efectos beneficiosos sobre la microbiota propia del animal, compitiendo con la flora patógena como Salmonella. Se ha descrito una disminución en la excreción fecal y en la incidencia de Salmonella Choleraesuis en el ciego de lechones recién destetados debido al tratamiento con este tipo de cultivos (Fedorka-Cray et al., 1999).

La presencia en el intestino de estas bacterias consideradas como beneficiosas también puede promoverse mediante la incorporación de prebióticos a la dieta. Estos productos, principalmente carbohidratos, se caracterizan por no ser digeridos por el propio animal, sirviendo así, de sustrato fermentable para un limitado rango de especies bacterianas intestinales. Los fructooligosacáridos (FOS) y los mananooligosacáridos (MOS) han sido los prebióticos más extensamente estudiados. En concreto, se ha observado una reducción en los niveles de excreción fecal de Salmonella en cerdos inoculados experimentalmente debido a la administración de una dieta suplementada con FOS (Letellier et al., 2000).

Aparte de la administración de determinadas dietas, también se está estudiando el efecto del ayuno previo al sacrificio sobre la excreción de Salmonella. Frecuentemente se recomiendan ayunos prolongados por su efecto sobre la calidad de las canales (evitar carnes PSE) y también para disminuir el peso del tracto gastrointestinal, reduciéndose así la posibilidad de la rotura accidental de las vísceras durante el proceso de evisceración. Pero parece ser que elevados tiempos de ayuno resultarían en un incremento de la proporción de animales excretores de Salmonella en el matadero (Isaacson et al., 1999). Por otra parte, hay estudios que indican lo contrario y concluyen que periodos de ayuno de entre 12 y 24 horas no incrementan el porcentaje de cerdos positivos a Salmonella en el matadero (Morrow et al., 2002).

HIGIENE Y MANEJO

Los sistemas de producción "todo dentro-todo fuera" que siguen principios basados en la limpieza y desinfección entre lotes, no mezclar grupos de animales de diferentes edades, etc. se describen como efectivos para controlar la transmisión de Salmonella en las granjas. Estos sistemas no evitarían la introducción del patógeno en las explotaciones, pero reducirían la formación de continuos ciclos de reinfecciones procedentes del ambiente (Lo Fo Wong et al., 2004). De hecho, en cualquier sistema de producción es básica la aplicación de unos eficientes procedimientos de limpieza y desinfección previos a la introducción de nuevos animales. El movimiento de lechones procedentes de granjas con problemas de infección subclínica por Salmonella a unidades de engorde que aplican rigurosas prácticas de limpieza y desinfección se ha mostrado efectivo en el control del patógeno (Dahl et al., 1997; Fedorka-Cray et al., 1997). Estos planes de higiene deberían basarse principalmente en la limpieza profunda de las superficies previa a su desinfección, además de la utilización adecuada de detergentes y desinfectantes (elección de productos, dosis y tiempo de acción) (van der Wolf et al., 2001a). Pero no sólo deberían incluir a los corrales sino también al resto de instalaciones así como utensilios y equipos; todo ello combinado con la aplicación de unas pautas generales de higiene en la rutina diaria de los trabajadores, como lavarse las manos y el cambio de ropa y de botas (Fedorka-Cray et al., 1997).

Aparte de la aplicación de procedimientos de higiene eficaces, también es importante la duración de los periodos de vacío (vaciado y limpieza) entre lotes; se ha descrito que periodos de menos de un día incrementan el riesgo de excreción de Salmonella en cerdos de engorde (Beloeil et al., 1999)

El adecuado manejo de los desechos, mediante buenos sistemas de limpieza y de drenaje de los corrales, así como el control de las fosas de purines, ayudarían a prevenir la repetida exposición de los animales a heces infectadas; factor que puede contribuir al mantenimiento de la excreción fecal del patógeno (Davies et al., 1997).

De entre otras prácticas de manejo, también es importante la correcta separación de animales enfermos. Además, se ha descrito que el uso de separaciones sólidas y suficientemente altas entre corrales puede ayudar a prevenir la diseminación de Salmonella entre grupos de animales (Dahl et al., 1996; Lo Fo Wong et al., 2004). Este tipo de separaciones reducirían el contacto de los animales con las heces, evitándose la continuidad del ciclo feco-oral, considerada como la vía más importante de transmisión de Salmonella entre los animales (Schwartz, 1999) y reduciéndose también el contacto nasal entre animales de corrales contiguos. Aunque de menor importancia que el modo de transmisión por ingestión, Salmonella también puede diseminarse por el aire a través de aerosoles y polvo (Fedorka-Cray et al., 1995). Por este motivo, es necesaria la limpieza y el correcto mantenimiento de los aparatos de aire para garantizar una buena ventilación en las naves y minimizar así, el riesgo asociado a la circulación de polvo.

CONTROL DE SALMONELLA EN LA CARNE DE CERDO

La principal fuente de contaminación por Salmonella de las canales porcinas la constituyen los animales infectados. En concreto, se estima que el 70% de casos de canales contaminadas tiene su origen en animales positivos, mientras que el resto lo son por contaminación cruzada (Berends et al., 1997). Pero al compararse los niveles de prevalencia por Salmonella de los animales en la propia granja y después en el matadero, se observa un incremento en la proporción de animales positivos al sacrificio (Berends et al., 1996; Hurd et al., 2001). Los sucesos que tienen lugar antes del sacrificio, como el transporte y la estancia en los corrales de espera, se han relacionado con este incremento de la prevalencia de la infección en el matadero. Por una parte, el estrés favorece la eliminación fecal de Salmonella por los animales asintomáticos, facilitando la infección de los otros animales sanos; éstos además, pueden

infectarse debido al ambiente contaminado de los camiones de transporte (Rajkowski et al., 1998). Situación similar tiene lugar durante su estancia en los corrales de los mataderos, frecuentemente contaminados (Rostagno et al., 2003).

En el matadero, diferentes prácticas de higiene y procedimientos de trabajo determinarán la presencia de Salmonella en las canales. En general, la contaminación final de las canales puede tener su origen en el propio animal positivo o a partir de la contaminación cruzada con otros animales, básicamente debido a la contaminación relacionada con el ambiente del matadero (contacto con los equipos del faenado y manipulación por el propio personal) (Borch et al., 1996; Lo Fo Wong et al., 2002).

Finalmente, es necesaria la aplicación de unas adecuadas prácticas de manejo por la industria alimentaria y por el propio consumidor para poder asegurar el control de Salmonella en el porcino durante todo su proceso "de la granja a la mesa".

BIBLIOGRAFÍA

BAHNSON, P. B., FEDORKA-CRAY, P. J., MATEUS-PINELLA, N., FRANSSEN, F. M., GRASS, J., and GRAY, J. T. (2001). Herd level risk for Salmonella culture positive status in slaughtered pigs. . Proceedings of the Fourth International Symposium on the Epidemiology and Control of Salmonella in Pork, Leipzig, Germany, 244-249.

BELOEIL, P.-A., EVENO, E., GERAULT, P., FRAVALO, P., ROSE, V., ROSE, N., and MADEC, F. (1999) An exploratory study about contamination of pens of finishing pigs by ubiquitous Salmonella. Proceedings of the Third International Symposium on the Epidemiology and Control of Salmonella in Pork. Washington, D.C., 101-104.

BERENDS, B. R., URLINGS, H. A., SNIJDERS, J. M., and VAN KNAPEN, F. (1996) Identification and quantification of risk factors in animal management and transport regarding Salmonella spp. in pigs. *Int J Food Microbiol* 30: 37-53.

BERENDS, B. R., VAN KNAPEN, F., SNIJDERS, J. M., and MOSSEL, D. A. (1997) Identification and quantification of risk factors regarding Salmonella spp. on pork carcasses. *Int J Food Microbiol* 36: 199-206.

BORCH, E., NESBAKKEN, T., and CHRISTENSEN, H. (1996) Hazard identification in swine slaughter with respect to foodborne bacteria. *Int J Food Microbiol* 30: 9-25.

CANIBE, N., STEIEN, S. H., OVERLAND, M., and JENSEN, B. B. (2001) 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. *J Anim Sci* 79: 2123-2133.

CREUS, E., MEJÍA, W., BAUCCELLS, F., and MATEU, E. (2004a) Prevalence of subclinical Salmonella infection and risk factors in finishing pig herds of Catalonia. Proc.18th International Pig Veterinary Society Congress, p 676, Hamburg (Germany).

CREUS, E., BAUCCELLS, F., PEREZ, J. F., and MATEU, E. (2004b) Salmonella contamination in swine feeds and feed ingredients. Proc.18th International Pig Veterinary Society Congress, p 676, Hamburg (Germany).

DAHL, J., WINGSTRAND, A., BAGGESEN, D. L. and NIELSEN, B. (1996) Spread of Salmonella in pens and between pens. Proc.14th International Pig Veterinary Society Congress, p 172, Bologna.

DAHL, J., WINGSTRAND, A., NIELSEN, B. and BAGGESEN, D. L. (1997) Elimination of *Salmonella typhimurium* infection by the strategic movement of pigs. *The Veterinary Record* 140: 679-681.

DAVIES, P. R., MORROW, W. E., JONES, F. T., DEEN, J., FEDORKA-CRAY, P. J., and GRAY, J. T. (1997) Risk of shedding *Salmonella* organisms by market-age hogs in a barn with open-flush gutters. *J Am Vet Med Assoc* 210: 386-389.

DAVIES, P. R., F.G.E.M. BOVEE, FUNK, J. A., MORROW, W. E. M., JONES, F. T., and DEEN, J. (1998) Isolation of *Salmonella* serotypes from feces of pigs raised in a multiple-site production system. *J Am Vet Med Assoc* 212: 1925-1929.

DAVIES, P. R., BVSC, FUNK, J. A., and MORROW, W. E. M. (2000) Fecal shedding of *Salmonella* by gilts before and after introduction to a swine breeding farm. *Swine Health and Production* 8: 25-29.

DELPOZO SAENZ, E., LEYVA CASTILLO, V., PÉREZ RODRIGUEZ, O., and REYES TORRES, M. (2001) Serotipos de *Salmonella* aisladas en pienso para gallinas ponedoras. *Rev Cubana Aliment* 15: 26-30.

ELD, K., GUNNARSSON, A., HOLMBERG, T., HURVELL, B., and WIERUP, M. (1991) *Salmonella* Isolated from Animals and Feedstuffs in Sweden during 1983-1987. *Acta Vet Scand* 32: 261-277.

FEDORKA-CRAY, P. J., KELLEY, L. C., STABEL, T. J., GRAY, J. T., and LAUFER, J. A. (1995) Alternate routes of invasion may affect pathogenesis of *Salmonella typhimurium* in swine. *Infect Immun* 63: 2658-2664.

FEDORKA-CRAY, P. J., HARRIS, D. L., and WHIPP, S. C. (1997) Using isolated weaning to raise salmonella-free swine. *Veterinary Medicine* 92: 375-382.

FEDORKA-CRAY, P. J., BAILEY, J. S., STERN, N. J., COX, N. A., LADELY, S. R., and MUSGROVE, M. (1999) Mucosal competitive exclusion to reduce *Salmonella* in swine. *J Food Prot* 62: 1376-1380.

FUNK, J. A., DAVIES, P. R., and NICHOLS, M. A. (2001) Longitudinal study of *Salmonella enterica* in growing pigs reared in multiple-site swine production systems. *Vet Microbiol* 83: 45-60.

HAMILTON, D., BOBBIT, J., DAHL, J., COATES, K., LESTER, S., and POINTON, A. (2000) Risk factors for within herd *Salmonella* infection of pigs in Australia. *Proceedings of the 16th International Pig Veterinary Society Congress, Melbourne, Australia*. 204.

HARRIS, I. T., FEDORKA-CRAY, P. J., GRAY, J. T., THOMAS, L. A., and FERRIS, K. (1997) Prevalence of *Salmonella* organisms in swine feed. *J Am Vet Med Assoc* 210: 382-385.

HURD, H. S., MCKEAN, J. D., WESLEY, I. V., and KARRIKER, L. A. (2001) The effect of lairage on *Salmonella* isolation from market swine. *J Food Prot* 64: 939-944.

ISAACSON, R. E., FIRKINS, L. D., WEIGEL, R. M., ZUCKERMANN, F. A., and DIPIETRO, J. A. (1999) Effect of transportation and feed withdrawal on shedding of *Salmonella Typhimurium* among experimentally infected pigs. *American Journal Veterinary Research* 60: 1155-1158.

JORGENSEN, L., DAHL, J., and WINGSTRAND, A. (1999) The effect of feeding pellets, meal and heat treatment on the salmonella-prevalence in finishing pigs. Proceedings of the Third International Symposium on the Epidemiology and Control of Salmonella in Pork. Washington, D.C:308-312.

JORGENSEN, L., KJAERGAARD, H. D., WACHAMANN, H., JENSEN, B., and KNUDSEN, K. (2001) Effect of wheat bran and wheat:barley ratio in pelleted feed on Salmonella prevalence and productivity of finishers. Proceedings of the Fourth International Symposium on the Epidemiology and Control of Salmonella in Pork. Leipzig, Germany. 112-114.

KJELDSSEN, N. and DAHL, J. (1999) The effect of feeding non-heat treated, non-pelleted feed compared to feeding pelleted, heat-treated feed on the salmonella-prevalence of finishing pigs. Proceedings of the Third International Symposium on the Epidemiology and Control of Salmonella in Pork. Washington, D.C: 313-316.

LAURINEN, P. A., H. B. SILJANDER-RASI, J. C. KARHUNEN, T. B. ALAVIUKOLA, M. A. NÄSI, AND K. A. TUPPI. (2000) Effects of different grinding methods and particle size of barley and wheat on pig performance and digestibility. *Animal Feed Sci. Technol.* 83:1-16.

LETELLIER, A., MESSIER, S., PARE, J., MENARD, J., and QUESSY, S. (1999) Distribution of Salmonella in swine herds in Quebec. *Vet Microbiol* 67: 299-306.

LETELLIER, A., MESSIER, S., LESSARD, L., and QUESSY, S. (2000) Assessment of various treatments to reduce carriage of Salmonella in swine. *Can J Vet Res* 64: 27-31.

LO FO WONG, D. M. A., HALD, T., VAN DER WOLF, P. J., and SWANENBURG, M. (2002) Epidemiology and control measures for Salmonella in pigs and pork. *Livestock Production Science* 76: 215-222.

LO FO WONG, D. M., DAHL, J., STEGE, H., VAN DER WOLF, P. J., LEONTIDES, L., VON ALTROCK, A., and THORBERG, B. M. (2004) Herd-level risk factors for subclinical Salmonella infection in European finishing-pig herds. *Prev Vet Med* 62: 253-266.

MALMQVIST, M., JACOBSSON, K. G., HAGGBLOM, P., CERENIUS, F., SJOLAND, L., and GUNNARSSON, A. (1995) Salmonella isolated from animals and feedstuffs in Sweden during 1988-1992. *Acta Vet Scand* 36: 21-39.

MARIBO, H., OLSEN, L. E., JENSEN, B. B. and MIQUEL, N. (2000). Combination of lactic acid and formic and benzoic acid to piglets. Publication n°.490. The national committee for Pig Production, Copenhagen, Denmark

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.

MEJÍA, W. J. (2003) Epidemiología de la salmonelosis porcina en granjas de Cataluña y determinación de los factores de riesgo de la infección. Tesis Doctoral (UAB).

MORROW, W. E., SEE, M. T., EISEMANN, J. H., DAVIES, P. R., and ZERING, K. (2002) Effect of withdrawing feed from swine on meat quality and prevalence of Salmonella colonization at slaughter. *J Am Vet Med Assoc* 220: 497-502.

PARTANEN, K. H., and MROZ, Z. (1999) Organic acids for performance enhancement in pig diets. *Nutr.Res.Rev.*12:1-30.

QUESSY, S., LETELLIER, A., and NADEAU, E. (1999) Risk factor associated with the presence of Salmonella in swine herds in Quebec. Proceedings of the Third International Symposium on the Epidemiology and Control of Salmonella in Pork. Washington, D.C. 165-168.

RAJKOWSKI, K. T., EBLEN, S., and LAUBAUCH, C. (1998) Efficacy of washing and sanitizing trailers used for swine transport in reduction of Salmonella and Escherichia coli. J Food Prot 61: 31-35.

ROSTAGNO, M. H., HURD, H. S., MCKEAN, J. D., ZIEMER, C. J., GAILEY, J. K., and LEITE, R. C. (2003) Preslaughter holding environment in pork plants is highly contaminated with Salmonella enterica. Appl Environ Microbiol 69: 4489-4494.

SCHWARTZ, K. J. (1999) Salmonellosis. In Diseases of swine. STRAW, D'ALLAIRE, and MENGELING, eds., pp. 535-551. Blackwell Science Ltd., Oxford.

VAN DER WOLF, P. J., WOLBERS, W. B., ELBERS, A. R. W., VAN DER HEIJDEN, H. M. J. F., KOPPEN, J. M. C. C., HUNNEMAN, W. A., VAN SCHIE, F. W., and TIELSEN, M. J. M. (2001a) Herd level husbandry factors associated with the serological Salmonella prevalence in finishing pig herds in The Netherlands. Veterinary Microbiology 78: 205-219.

VAN DER WOLF, P. J., VAN SCHIE, F. W., ELBERS, A. R., ENGEL, B., VAN DER HEIJDEN, H. M., HUNNEMAN, W. A., and TIELEN, M. J. (2001b) Administration of acidified drinking water to finishing pigs in order to prevent Salmonella infections. Vet Q 23: 121-125.

VAN WINSSEN R.L., LIPMAN, L. J., BIESTERVELD, S., URLINGS, B., SNIJDERS, J., and VANKNAPEN, F. (2000) Mechanism of Salmonella reduction in fermented pig feed. J Sc Food Agric 81: 342-346.

VELDMAN, A., VAHL, H. A., BORGGREVE, G. J., and FULLER, D. C. (1995) A survey of the incidence of Salmonella species and Enterobacteriaceae in poultry feeds and feed components. Vet Rec 136: 169-172.