

Transmisión de *Salmonella enterica* a través de huevos de gallina y su importancia en salud pública

Transmission of *Salmonella enterica* through chicken eggs and their importance in public health.

Diana Paola Rincón Acero¹, Román Yesid Ramírez Rueda¹, Johana Carolina Vargas Medina¹

RESUMEN

La salmonelosis producida por especies de *Salmonella* sp. no tíficas, se manifiesta en humanos como una gastroenteritis o enterocolitis aguda de inicio repentino, cuyos síntomas aparecen de 6 a 48 horas después de la ingestión de alimentos o agua contaminada. *Salmonella* se transmite principalmente por el consumo de productos avícolas contaminados o por contaminación cruzada a través de manipuladores de alimentos o utensilios de cocina. La presente revisión se fundamenta en la interacción de *Salmonella* con el sistema reproductivo de la gallina y trata importantes aspectos como las formas de transmisión al huevo, la epidemiología y prevención de este evento. Lo anterior con el fin de destacar la importancia de este patógeno en la generación de enfermedades transmitidas por alimentos y el impacto que tiene el control de puntos críticos en la cadena de producción de los huevos y la vigilancia epidemiológica como mecanismos de control. *Salud UIS* 2011; 43 (2): 167-177

Palabras clave: Infecciones por *Salmonella*, huevos, enfermedades transmitidas por los alimentos, salud pública

¹ Grupo de Investigación de Bacteriología y Laboratorio Clínico (GRIB) UNIBOYACA, Tunja, Colombia.

Correspondencia: Román Yesid Ramírez Rueda, MSc. Microbiología. Bacteriólogo y Laboratorista Clínico, Grupo de Investigación de Bacteriología y Laboratorio Clínico (GRIB) UNIBOYACA, Cra 2 Este # 64-169. Tunja- Boyacá, Teléfono: 3204860199, E-mail: royer94@gmail.com

Recibido: 7 de febrero de 2011 **Aceptado:** 20 de mayo de 2011

ABSTRACT

Salmonellosis caused by non-typhoidal *Salmonella* species manifests in human like an acute gastroenteritis or enterocolitis that suddenly happens, whose symptoms occur between 6 to 48 hours after ingestion of contaminated food or water. *Salmonella* is mainly transmitted through consumption of contaminated poultry products, or crossed contamination by food handlers or kitchen utensils. This review is based on the interaction of *Salmonella* with the hen's reproductive system and presents important aspects such as the routes of transmission to the egg, epidemiology and prevention of this event. This in order to highlight the importance of this pathogen like source of foodborne diseases and the impact of the critical control points in the eggs production and epidemiological surveillance like control mechanisms. *Salud UIS* 2011; 43 (2): 167-177

Keywords: Salmonella Infections, eggs, foodborne diseases, public health

INTRODUCCIÓN

Los microorganismos pertenecientes al género *Salmonella* son bacilos gramnegativos, incluidos en el grupo de las enterobacterias; son móviles, con pocas excepciones, no fermentan la lactosa, no producen desaminasas y se identifican con base en sus propiedades bioquímicas. Muchos serovares de *Salmonella* son patógenas para el hombre, los animales o ambos. En el hombre pueden producir dos modelos principales de infección: (i) infecciones generalizadas que comprometen el sistema retículo-endotelial con fiebre continua, cuyo cuadro característico son las fiebres entéricas, tipo fiebre tifoidea, producidas por *Salmonella* Typhi y un reducido grupo de serotipos. (ii) Infecciones localizadas en el tubo digestivo también denominadas enteritis febriles, tipo gastroenteritis o enterocolitis debido a toxiinfección alimentaria, que pueden ser producidas por la mayoría de serotipos. Desde el punto de vista epidemiológico, las primeras provienen de una fuente de infección humana y su frecuencia disminuye progresivamente resolviendo los problemas de abastecimiento de agua potable y la eliminación de excretas, mientras que en el segundo tipo de infección el reservorio es animal y está relacionada con la producción, distribución y preparación de los alimentos, cuya frecuencia se encuentra en aumento¹.

El estudio taxonómico del género *Salmonella* ha sido objeto de controversia durante muchos años. Inicialmente se consideraba que estaba formado por una sola especie dividida en serotipos siguiendo el esquema establecido por Kauffmann-White y basado en los diferentes tipos de antígenos flagelares y somáticos. Luego se consideró integrado por una sola especie denominada *Salmonella enterica* que se subdividía en siete subespecies a partir de los resultados obtenidos a través de perfiles bioquímicos y confirmados por técnicas de hibridación de ADN y métodos serológicos².

En la actualidad se reconoce la existencia de dos especies: *S. enterica* y *S. bongori*; a su vez *S. enterica* se subdivide en seis subespecies: *enterica*, *salamae*, *arizonae*, *diarizonae*, *houtenae*, *indica* y dentro de cada subespecie se encuentran distintos serotipos o serovares identificados en función de su respuesta serológica. Dicha serotipificación de *Salmonella* sp. basada en el esquema de Kauffmann-White reconoce 46 antígenos O y 119 antígenos H, los cuales han permitido la caracterización de 2,579 serotipos, este es un método ampliamente utilizado con fines epidemiológicos, que identifica los serovares prevalentes en cada región y la etiología de brotes e infecciones en humanos y animales³.

La presentación más frecuente de infección por *Salmonella* es la gastroenteritis producida por serovares de *Salmonella* sp. no tíficas, esta se manifiesta de 6 a 48 horas después de la ingestión de alimentos o agua contaminada. El cuadro clínico puede incluir cefalea, dolor abdominal, diarrea, náuseas, vómito, fiebre y deshidratación, y es más frecuente en lactantes y en ancianos. Las muertes por gastroenteritis causada por *Salmonella* son raras, excepto en las personas en edades extremas o inmunosuprimidas.⁴ Sin embargo, *Salmonella* es uno de los patógenos de mayor importancia en salud pública dado el impacto socioeconómico que ocasiona tanto en los países industrializados como en aquellos que se encuentran en vía de desarrollo. La transmisión de este microorganismo puede darse a través de diversos alimentos, principalmente de origen avícola, esto ha ocasionado brotes que afectan a centenares de personas alrededor del mundo⁵.

Aunque la gastroenteritis puede ser causada por la mayoría de los serotipos de *Salmonella* (mas de 2.500) que se han identificado hasta hoy, los que se aíslan con mayor frecuencia en Colombia son *Salmonella Enteritidis*, *Salmonella* Typhimurium y *Salmonella* Typhi⁶.

Mecanismos de transmisión de *Salmonella* sp. en el huevo

El contenido interno de los huevos recién puestos es generalmente estéril. Al momento de la oviposición, los huevos tienen cierto grado de contaminación en la superficie debido al paso a través de la cloaca de la gallina. No obstante, en un período de tiempo relativamente corto después de la puesta, en su exterior se pueden encontrar gran cantidad de microorganismos que, bajo condiciones apropiadas pueden penetrar en los huevos, crecer en su interior y alterarlos. Entre las bacterias encontradas en los huevos existen representantes de géneros tales como *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Proteus*, *Aeromonas*, *Escherichia*, *Salmonella*, *Serratia*, *Enterobacter*, *Flavobacterium* y *Staphylococcus*⁷.

El riesgo de que un huevo de gallina se contamine por bacterias es mayor de lo que comúnmente podría pensarse. Existen tres posibles vías por las cuales los microorganismos pueden contaminar los huevos: transmisión vertical, horizontal y lateral.

Transmisión vertical de *Salmonella*

Los huevos pueden contaminarse por transmisión vertical, desde los ovarios y oviductos infectados durante la formación del huevo. El concepto de transmisión vertical considera la contaminación de la superficie del cascarón al pasar el huevo por la vagina, contaminación de la yema en el ovario o contaminación durante el pasaje por el oviducto contaminado. Se ha establecido claramente que *Salmonella Enteritidis* se aloja de manera permanente en los tejidos reproductivos de las gallinas, donde el contenido del huevo puede ser infectado antes de que se forme el cascarón. Las gallinas ponedoras raramente presentan signos de la enfermedad cuando se infectan y continúan su postura y alimentación normalmente, de esta manera las infecciones en el ovario con *Salmonella Enteritidis* resultan en la postura de huevos contaminados y en la eclosión de huevos infectados^{8,9,10}.

Transmisión horizontal de *Salmonella*

La transmisión horizontal, se lleva a cabo cuando *Salmonella Enteritidis* u otros microorganismos penetran el cascarón que ha sido contaminado con las heces de la gallina depositadas en el exterior del huevo al pasar a través de la cloaca lo que se ha demostrado en estudios que presentan una correlación positiva entre heces contaminadas de manera artificial con *Salmonella Enteritidis* y la presencia de la misma en el interior de los huevos.¹¹ Adicionalmente, *Salmonella*

Enteritidis puede penetrar los poros del cascarón (si está presente en la superficie del huevo) a medida que este se va enfriando, antes de que se seque la cutícula. Después de que está formado el cascarón, *Salmonella* sp. se establece en el interior del huevo antes de que se desarrolle en la superficie la barrera de proteína que previene la invasión de bacterias, lo cual permite que este microorganismo colonice y sobreviva en el contenido interno del huevo¹².

Transmisión lateral de *Salmonella*

Es una ruta de infección que ocurre por contaminación a través del alimento, agua, e instalaciones o vectores, como por ejemplo, aves silvestres, roedores, animales domésticos y humanos. La penetración al interior del huevo por *Salmonella* y otras bacterias aumenta con la duración del contacto con material contaminado, especialmente durante el almacenamiento a altas temperaturas y alta humedad relativa¹³. La presencia de *Salmonella Enteritidis* en el ambiente de las granjas de gallinas ponedoras generalmente es aceptada como una indicación sensitiva y relevante de los huevos contaminados que pueden producirse. El potencial de la circulación del aire para diseminar patógenos en ranchos avícolas es un factor importante en la contaminación de los huevos, esto se ha demostrado en algunos estudios que reportan la presencia de *Salmonella Enteritidis* en el aire¹⁴. En general, cuando *Salmonella* sp. está presente en el exterior de los huevos muere rápidamente, pero la sobrevivencia puede ser posible por una alta humedad relativa y adecuada temperatura, dejando claro que *Salmonella Enteritidis* puede persistir largos periodos de tiempo en huevos almacenados a temperatura ambiente¹⁵.

Supervivencia de *Salmonella* sp. en el huevo contaminado

Salmonella enterica subsp. *enterica* serovar *Enteritidis* y otras serovariedades han sido consideradas una de las causas más comunes de gastroenteritis por intoxicación de origen alimentario en humanos dada su distribución a nivel mundial y sus implicaciones en salud pública debido a su transmisión a través de diversos alimentos, principalmente de origen avícola ya sea por una inadecuada cocción del pollo y huevos o por contaminación cruzada con otros alimentos. En el caso particular del huevo de gallina como fuente de transmisión, diversos estudios han establecido un inusual tropismo de *Salmonella* sp. por el tracto reproductivo de la gallina, principalmente las glándulas tubulares del oviducto superior, originando así la producción de

huevos contaminados^{16,17,18}. Como ya se ha comentado, se han establecido tres posibles rutas principales de contaminación del huevo con *Salmonella* sp, siendo dos las principales; la ruta de transmisión horizontal que implica una penetración del microorganismo a través de la cáscara una vez el huevo ha sido expulsado al exterior, y la ruta de transmisión vertical que consiste en la contaminación directa del contenido del huevo antes de la oviposición como consecuencia de la infección de los órganos reproductivos de la gallina, esta ruta es considerada la más importante ruta de contaminación de los huevos teniendo en cuenta la capacidad de *Salmonella Enteritidis* para invadir tejidos reproductivos como el oviducto o los ovarios, como evidencia de lo anterior esta bacteria ha sido encontrada en la superficie epitelial de la mucosa que recubre el oviducto de las gallinas¹⁹.

Una vez *Salmonella* se establece dentro de los huevos formados en el oviducto, debe buscar estrategias que aseguren su supervivencia. De esta manera se localiza en la albúmina, migra a través de ella y penetra la membrana vitelina hasta alcanzar la yema, para ello es necesario contar con mecanismos que le permitan enfrentar el contenido de péptidos antimicrobianos como la lisozima, la ovotransferrina y el alto pH, presentes en la albúmina²⁰. En estudios previos se ha demostrado que los genes YafD, XthA, y exonucleasa III son importantes para que *Salmonella* soporte las condiciones presentes en la albúmina del huevo, con lo cual logra alcanzar la yema, y en ausencia de anticuerpos, acceda a un ambiente rico en nutrientes y libre de sustancias antimicrobianas.²¹ En un estudio de Gantois y colaboradores, basado en el genoma de *Salmonella Enteritidis*, se identificaron 25 genes inducidos durante la colonización del tracto reproductivo de la gallina. Los datos sugieren que el oviducto y los huevos son ambientes estresantes para *Salmonella* sp, lo cual hace que la bacteria reaccione creando mecanismos de protección y reparación, síntesis de ácidos nucleicos, síntesis de componentes de pared celular y cambios en la expresión de fimbrias y operones flagelares que le permiten a la bacteria adaptarse a las condiciones adversas ofrecidos por los ambientes al interior del huevo²².

La asociación de *Salmonella Enteritidis* con los huevos de gallina depende de su habilidad para sobrevivir en ellos. En el año 2002, Edwards y colaboradores realizaron una comparación en el porcentaje de supervivencia entre aislamientos de *Salmonella Enteritidis*, *Salmonella Typhimurium* y *Escherichia coli*. Después de 24 horas de incubación en albúmina de huevo, *Salmonella Enteritidis* mostró una tasa de supervivencia de 25,8%,

Salmonella Typhimurium de 6,5% y *E. coli* de 1,8%. Lo anterior permite plantear tres posibilidades que explican el incremento en la resistencia de *Salmonella Enteritidis* a la albúmina del huevo y su asociación con intoxicaciones alimentarias: (i) *Salmonella Enteritidis* posee un único set de genes de resistencia que están ausentes en *Salmonella Typhimurium*; (ii) la diversidad de secuencias de genes presentes en *Salmonella Enteritidis* y *Salmonella Typhimurium* resulta en una significativa diferencia en sus funciones de resistencia a la albúmina y (iii) la diferenciación en la regulación de genes compartidos entre *Salmonella Typhimurium* y *Salmonella Enteritidis* llevan al incremento de la resistencia de *Salmonella Enteritidis*²³.

Respecto al papel de las fimbrias y flagelos, Cogan y su equipo de trabajo establecieron que la motilidad es un factor significativo para el crecimiento de *Salmonella Enteritidis* en huevos, las cepas no móviles con mutaciones en los genes fliC y motAB relacionados con la expresión de fimbrias son incapaces de multiplicarse en la albúmina debido a la ausencia de hierro en la misma. La ausencia de flagelos impide el movimiento a través de la albúmina hacia la yema del huevo, por lo que la proliferación se hace más difícil. Los datos presentados en este estudio sugieren que el potencial infeccioso de *Salmonella Pullorum* y *Salmonella Gallinarum* a través de huevos contaminados se reduce aún más debido a que estas bacterias carecen de flagelos y son incapaces de crecer en el huevo, contrario a lo que sucede con *Salmonella Enteritidis* cuyas cepas mostraron un alto nivel de multiplicación aproximadamente del 5 al 10% de los huevos durante 8 días de almacenamiento²⁴.

Además de las características genéticas y fenotípicas de las serovariedades de *Salmonella* sp. se han encontrado factores adicionales que pueden incrementar directamente el riesgo de contaminación de los huevos y por ende la proliferación de este microorganismo. La temperatura y el tiempo de almacenamiento son determinantes en el incremento del número de microorganismos tanto en la cáscara como en el interior del huevo, ya que cuando este envejece, la cutícula se contrae y deja los poros expuestos a la presencia de patógenos en el cascarón, cuyo crecimiento se ve favorecido por temperaturas entre 25°C y 35°C, y tiempos de almacenamiento superiores a los 12 días, lo cual soporta la recomendación de mantener almacenados los huevos a bajas temperaturas como una simple medida de control en la prevención de la salmonelosis^{15,25}. Por otro lado, la presencia de restos de sangre en la albúmina del huevo también favorece el crecimiento de *Salmonella* sp. proveyéndole una fuente

de nutrientes, principalmente hierro y disminuyendo las defensas naturales del huevo al inhibir la actividad antibacteriana de la ovotransferrina presente en la albúmina, lo cual demuestra que la presencia de sangre, aunque no siempre sea visible macroscópicamente promueve la proliferación de *Salmonella* sp. en el interior del huevo al ser inoculada in Vitro²⁶.

Epidemiología de la infección por *Salmonella* sp.

Las infecciones de origen alimentario causadas por *Salmonella* son más frecuentemente asociadas al serotipo *Enteritidis*, y tienen distribución mundial^{27,28}. Citando algunos ejemplos podríamos decir que solo en los Estados Unidos se presentaron un total de 121 brotes de *Salmonella* sp. en el año 2006, causando más de 3,300 casos reportados por el Sistema de información del Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades, (CDC) en donde los serotipos

más comúnmente encontrados fueron *Salmonella Enteritidis* y *Salmonella* Typhimurium. En los Estados Unidos los alimentos a base de huevo o que contienen huevo como parte de sus ingredientes han sido descritos como la fuente del 75% de los brotes alimentarios como vehículos confirmados desde 1985 a 2006²⁹. Para hacerle frente a este problema de salud pública el CDC ha implementado programas de prevención a lo largo de los Estados Unidos, sin embargo los últimos datos entregados por el mismo CDC revelan que esta bacteria podría estar ganando la batalla, muestra de ello es el reporte dado en mayo de 2010, en donde el CDC identificó un aumento en los casos de salmonelosis a nivel nacional, este aumento se hace evidente en la curva epidémica Epi-curve (**Figura 1**) en donde puede observarse que en el periodo comprendido entre el 1° de mayo al 31 julio de 2010, fueron reportados un total de 1,953 casos de salmonelosis asociada a contaminación de la cáscara de huevo, específicamente de la cepa conocida como JEGX01.0004 por su patrón de electroforesis en gel de campo pulsante³⁰.

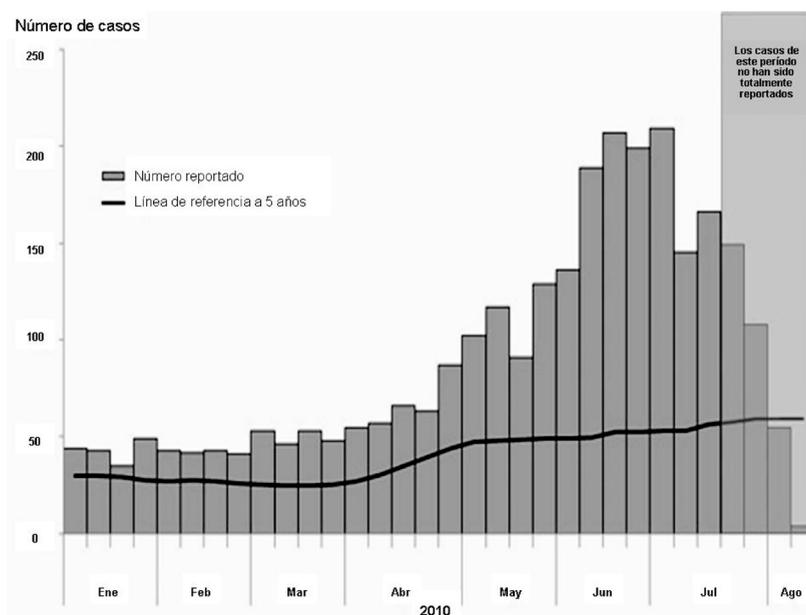


Figura 1. Curva epidémica (Epi-curve) que muestra el comportamiento de los casos de salmonelosis de la cepa JEGX01.0004, reportados por el CDC en los Estados Unidos desde enero a julio de 2010. (Adaptado de: http://www.cdc.gov/salmonella/enteritidis/epi_curve.html)

En otras latitudes, como en la Unión Europea, según informes de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) y el Centro Europeo para la Prevención y el Control de Enfermedades (ECDC) sobre Zoonosis y Brotes de Enfermedades de Transmisión Alimentaria, *Salmonella* sp. aparece como la segunda

causa más frecuente de enfermedad transmitida por alimentos aunque ha descendido de manera significativa, siguiendo la tendencia de los últimos 5 años. El número de casos en 2008 fue de 131.468 mientras en 2007 fueron 151.998, lo que supone una disminución de 13,5%. No obstante, se mantiene como la enfermedad

de transmisión alimentaria con más número de brotes, presentándose un descenso de casos de infecciones en humanos por *Salmonella Enteritidis* lo cual puede deberse a la puesta en marcha en Europa en 2008 de un nuevo plan para la reducción de prevalencia de *Salmonella* en hembras ponedoras. Sin embargo, los alimentos implicados con mayor frecuencia en los casos de salmonelosis siguen siendo los huevos y los ovoproductos (23%), la carne de cerdo y productos derivados (10%) y comidas buffet (9%)³¹.

En Colombia, las enfermedades transmitidas por alimentos, las fiebres tíficas, la diarrea y enteritis, como enfermedades transmisibles de notificación obligatoria son reportadas como casos individuales a través de formatos de seguimiento. En 1997, el Grupo de Microbiología del Instituto Nacional de Salud (INS) estableció un programa en red con los Laboratorios de Salud Pública (LSP) del país y el apoyo de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), para la vigilancia de los principales patógenos causantes de enfermedad diarreica aguda, entre ellos *Salmonella*. Para 1999 el Ministerio de Salud con base en la información recopilada por este sistema calculó una tasa mayor a 1500 casos de enfermedad diarreica aguda por cada 100,000 habitantes. De 1997 a 1999, participaron 22 LSP con el envío de 976 aislamientos, 96% de origen clínico y 4% de alimentos; identificándose *Salmonella sp* en un 34%, *Shigella sp* en un 23% y *Vibrio cholerae* en un 42%, en lo correspondiente a la distribución por serotipo de *Salmonella*, este fue del 39% para *Salmonella Enteritidis*, 27% para *Salmonella Typhimurium*, 9% para el grupo E1, 5% para *Salmonella Typhi* y 20% para otros serotipos³².

Durante el período de enero a diciembre de 2007, el INS confirmó un total de 450 cepas de *Salmonella sp.*, provenientes de 14 LSP departamentales y del Distrito Capital. La identificación por serotipo reveló 33 serotipos diferentes, siendo los más prevalentes *Typhimurium* (45,8%), *Enteritidis* (21,3%) y *Typhi* (8,4%). En síntesis en Colombia, entre los 10 serotipos prevalentes de *Salmonella* se destacan *Typhimurium*, *Enteritidis* y *Typhi* que representan el 75% del total de los aislamientos⁶.

Presencia de *Salmonella sp* en alimentos

La salmonelosis se considera un problema de salud pública mundial, teniendo en cuenta que afecta a un gran número de países y se encuentra relacionada con el consumo de alimentos de diversos orígenes⁵.

Sin embargo, los brotes por *Salmonella Enteritidis* asociados al consumo de alimentos elaborados con

huevo crudo siguen siendo frecuentes a pesar de conocerse el riesgo que representa su consumo, de las medidas adoptadas y de los programas de educación sanitaria dirigidos a disminuir su incidencia. Esta situación constituye un problema de salud pública importante tanto en países como España y en otros países europeos, de tal manera que en España los brotes estudiados y notificados a la Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica se relacionan en un 38,5% con el consumo de huevo y derivados. En uno de estos estudios, por ejemplo, se describe un brote de toxoinfección alimentaria por *Salmonella Enteritidis* ocurrido en dos salones de banquetes con ocho grupos de comensales afectados, el número de casos probables fue de 250, siendo confirmados para *S. enterica* 61, el biscuit glasé (postre con huevo crudo sin tratamiento térmico) se confirmó como el alimento implicado mostrando positividad para *S. enterica* serotipo *Enteritidis*. Lo anterior ratifica la utilización de huevo crudo, la producción en grandes cantidades y con antelación al consumo del alimento como importantes factores de riesgo³⁴.

En cuanto a Latinoamérica, México es el país más afectado debido a la presencia de salmonelosis, ya que su Secretaría de Salud reporta anualmente un promedio de 68,000 casos de infecciones causadas por bacterias del género *Salmonella*. Entre 2003 y 2005, Zaidi y colaboradores colectaron 2,893 muestras fecales de pacientes con diarrea, 5334 muestras de carne de pollo, puerco y res, y 1,882 muestras de intestinos de pollo, cerdo y bovino. Se aisló *Salmonella no-Typhi* en 12,8% de los pacientes con diarrea. Las dos serovariedades más frecuentes en estos últimos fueron *Typhimurium* (22,2%) y *Enteritidis* (14,5%). La primera se encontró en las carnes crudas de los tres tipos de animales analizados, siendo el cerdo el reservorio principal (10,2%), seguido por bovino (6,8%) y por último el pollo (4,6%) mientras *Salmonella Enteritidis* se aisló casi exclusivamente de pollo. De tal manera que *Salmonella Typhimurium* y *Salmonella Enteritidis* fueron las serovariedades más frecuentemente aisladas de niños con diarrea; además, junto con *Salmonella Typhi*, han sido causa de sepsis y meningitis fatales³⁵.

En el Laboratorio de Salud Pública (LSP) de Bogotá se realizan pruebas para la detección de *Salmonella sp.* en los diferentes grupos de alimentos mediante vigilancia rutinaria, en sólo el periodo comprendido entre febrero y abril del 2004 se analizaron 104 muestras, de las cuales 5 (4,8%) fueron positivas para *Salmonella sp.* De estas 5 muestras, 3 se aislaron de derivados cárnicos crudos, una de queso campesino y una de pollo asado³⁶. Mientras que en el departamento de Antioquia dentro de

una revisión del comportamiento de las enfermedades transmitidas por alimentos, se encontró que de 88 brotes informados el 32% pertenecían a alimentos cárnicos de origen aviar y 5,7% provenían de productos a base de huevos como mayonesa y otros³⁷.

En un estudio realizado por Durango y colaboradores en las ciudades de Barranquilla, Montería, Sincelejo y Cartagena, se aislaron 47 cepas de *Salmonella sp.* (7,4 % de todos los aislamientos) de un total de 636 muestras de alimentos de origen animal provenientes de ventas callejeras, restaurantes y plazas de mercado, allí se reveló que del total de muestras positivas para *Salmonella sp.*, un 9,3% (19/204) se encontró en carne de res, 12,6% (12/95) en chorizo, 7,9% (6/76) en queso, 5,2% (6/115) en carne de cerdo, 1,6% (2/127) en pollo y 10,5% (2/19) en arepa de huevo. Los principales serotipos encontrados fueron *Anatum* (26%), *Newport* (13%), *Typhimurium* (9%), *Gaminara* (9%) y *Uganda* (9%). El conocer la distribución de estos serotipos es de gran importancia en salud pública ya que permite la intervención para controlar y vigilar las salmonelosis³⁸. Respecto a *Salmonella Enteritidis* y su presencia en productos de origen avícola, específicamente en huevos, son pocos los estudios establecidos en nuestro país. Sin embargo, en diez granjas avícolas de postura en la sabana de Bogotá, de un total de 600 sueros de gallinas ponedoras examinados, 32 fueron positivos, (prevalencia de 5,3%) de 224 huevos, 72 yemas fueron positivas (prevalencia de 32,1%) para *Salmonella Enteritidis* y a partir de las materias fecales se aislaron dos cepas de esta serovariedad. Ocho granjas fueron positivas por alguna de las técnicas para *Salmonella Enteritidis*, lo cual permite suponer una alta prevalencia de la bacteria en mención.³⁹ En el mismo año Botero, en granjas avícolas en Santander aisló 106 cepas de *Salmonella sp.*, a partir de aves de un día de nacidas tanto de pollos de engorde como de “reproductoras pesadas”, de las cuales 100 (94,3%) correspondían a *Salmonella Enteritidis*. La mortalidad durante la primera semana de vida se estimó entre el 2,5 y el 4,7%⁴⁰.

Recientemente un informe preliminar reportado por investigadores de la Universidad de Boyacá en donde se buscó *Salmonella sp.* en huevos de diferentes avícolas comercializados en la ciudad de Tunja, encontró una positividad del 3% para *Salmonella enterica* subsp. *enterica*⁴¹.

Como se observa, a pesar de la importancia de la salmonelosis en salud pública, su frecuencia entre nuestra población y los esfuerzos por lograr su notificación y seguimiento; el país aún no cuenta con una epidemiología rigurosa de las toxiinfecciones alimentarias, debido a que los hospitales y los centros de salud regionales no tienen la infraestructura necesaria

para determinar la etiología y realizar la vigilancia epidemiológica de los brotes. Además, un sin número de casos permanecen subregistrados ya que muchos pacientes no acuden a los centros de salud o son tratados ambulatoriamente.

Impacto de *Salmonella sp.* en salud pública

El huevo de gallina es considerado un alimento sano y de gran valor nutritivo, siendo una fuente excelente de proteínas de alta calidad. Su consumo es cada vez más significativo, dada la actual tendencia de los consumidores de adquirir productos “naturales”. Debido a las características antes mencionadas, se ha observado que quienes lo consumen principalmente son niños y ancianos, vale decir que estos son los grupos de edad más susceptibles de una población, por lo que adquirir huevos de óptima calidad tanto nutritiva como microbiológica es fundamental. Cabe señalar que en la producción casera, el manejo general de las gallinas es deficiente, prácticamente no se realizan controles sanitarios y la higiene del entorno es mínima, lo anterior incrementa la posibilidad de producir huevos con diversos grados de contaminación, que exponen la salud de quienes los consumen. En este contexto se debe mencionar que las enfermedades transmitidas por alimentos (ETAs) han sido reconocidas como el problema de salud pública más extendido en la actualidad, un claro ejemplo son las infecciones causadas por *Salmonella sp.*, transmitidas principalmente por productos provenientes de aves de corral (huevos y carne). Es importante considerar que la aparición de *Salmonella Enteritidis* como causa principal de salmonelosis humana en muchos países se atribuye a la excepcional capacidad de esta variante sérica para colonizar el tejido ovárico de las gallinas y estar presente en el contenido de los huevos con la cáscara intacta. La mayor parte de las infecciones por *Salmonella Enteritidis* transmitida por los alimentos está asociada al consumo de huevos crudos y alimentos que contienen huevo crudo, como los ponches caseros, la masa de galletas, el helado casero, la mayonesa casera, determinadas salsas para ensalada y la salsa holandesa. De hecho, del 77% al 82% de los brotes de *Salmonella Enteritidis* se han asociado a huevos con cáscara o a alimentos elaborados a base de huevo. Los huevos poco cocidos y los productos que los contienen, como las cremas pasteleras, el pan frito empapado en huevo batido, los huevos fritos con la yema blanda y los huevos escalfados también son importantes fuentes de *Salmonella Enteritidis*. La ausencia de toxinas termoestables en el arsenal patogénico de *Salmonella sp.* hace que sus principales fuentes de transmisión sean este tipo de alimentos inadecuadamente preparados o la

contaminación cruzada que se produce por el contacto de los alimentos durante su proceso de elaboración con otros alimentos o utensilios contaminados con *Salmonella* sp. ya que esta puede permanecer y multiplicarse en los equipos y en el ambiente en cualquier proceso de manipulación o procesado de alimentos⁴².

En el ámbito mundial *Salmonella* sp., está asociada con mucha frecuencia a las enfermedades diarreicas, las cuales continúan siendo una de las causas más importantes de morbilidad y mortalidad sobre todo en lactantes, niños y ancianos. Se ha estimado que en Asia, África y Latinoamérica, dependiendo de factores socioeconómicos y nutricionales, la probabilidad de que un niño muera por enfermedad diarreica antes de los 7 años pueda ser hasta de un 50%⁴³.

En Colombia, las infecciones agudas del tracto gastrointestinal están consideradas como una de las enfermedades más frecuentes, razón por la cual *Salmonella* sp., es uno de los patógenos de mayor importancia como causante de enfermedad diarreica aguda y ETAs, se encuentra incluido dentro del programa de vigilancia epidemiológica nacional y su detección en todos los entes territoriales y departamentales implica notificación obligatoria para el Instituto Nacional de Salud⁶.

Según la Federación Nacional de Avicultores de Colombia (FENAVI) desde el 2001, en Colombia el consumo de huevo y alimentos preparados a partir de este se ha incrementado considerablemente con un estimado anual de 170 huevos por habitante, posicionándose sólo por debajo de México que consume 320 huevos por habitante y es el país más importante con respecto al consumo de huevo en América Latina.⁴⁴ Pese a este hecho, la detección de la contaminación de huevos por *Salmonella* sp. no está aún reglamentada en Colombia debido a los altos costos. Sin embargo, su implementación podría ser de gran ayuda para los productores avícolas, pues garantizaría en los diferentes mercados la calidad del producto que ofrecen en pro de su beneficio económico y del bienestar en la salud del consumidor.

El control de *Salmonella* sp. en la cadena alimentaria es un asunto complicado debido a las interrelaciones existentes entre la contaminación medioambiental, los animales de abasto y el hombre. La tendencia en infecciones en humanos es creciente y los recientes brotes de origen alimentario originados por *Salmonella*

Enteritidis en huevos subrayan la necesidad de una redoblada vigilancia en todos los aspectos de la producción de alimentos, que debería reflejarse en la instauración de controles concertados entre el gobierno y la industria. Esto explica la necesidad de un gran celo y cuidado en el diseño de las medidas proyectadas para controlar la diseminación de los microorganismos causantes de las intoxicaciones alimentarias en los diferentes aspectos del control microbiológico de la producción de alimentos, incluyendo un sistema de seguridad denominado Análisis de Riesgo y Control de Puntos Críticos conocido como HCCP (por sus siglas en inglés), el cual es un modo de controlar la manufactura y la manipulación de los alimentos, que cubre el diseño del producto, el proceso de diseño y las prácticas de operación. El análisis de riesgo supone la identificación de los factores que pueden tener un efecto dramático en la seguridad del alimento. Una vez que estos factores han sido identificados se pueden introducir varios puntos críticos de control durante el procesamiento para facilitar la monitorización y así prevenir y reducir el riesgo en los consumidores, de tal manera que también pueda reducirse el impacto en salud pública⁴⁵.

Medidas de control y prevención

Es importante destacar que mediante la aplicación de medidas preventivas en la crianza de las aves y en el procesamiento y manejo comercial de los productos alimenticios y sus derivados, en conjunto con una educación sanitaria de la población para el manejo correcto de los alimentos en cuanto a su almacenamiento y elaboración, es posible reducir considerablemente el grado de contaminación por *Salmonella* sp.

Una de estas medidas podría ser la implementación de la vacunación en gallinas cuyos huevos sean comercializados, lo cual disminuiría considerablemente el riesgo de padecer gastroenteritis originada por este microorganismo e incrementaría la calidad de vida de los consumidores con el fin de desarrollar estrategias de prevención que fortalezcan el trabajo en salud pública desde la granja hasta los hogares⁴⁶.

De esta manera, la salmonelosis también puede prevenirse desde el hogar aplicando sencillas pero importantes medidas de control que pueden reducir en un alto grado el riesgo de adquirir la infección, más aún, teniendo en cuenta que los huevos contaminados con *Salmonella* no sufren alteraciones físicas aparentes. Dentro de estas medidas se incluye: no comprar o utilizar huevos sucios o agrietados, conservar los huevos refrigerados (a menos de 10°C), destinar los huevos más frescos, limpios, sin manchas ni defectos, a

preparar alimentos cocinados a menores temperaturas, tales como tortillas, huevos fritos, huevos pasados por agua, salsas, natillas, cremas pasteleras, etc., destinar los huevos que tengan la cáscara con algún signo de suciedad, fisuras u otro defecto para preparaciones que se cocinen a altas temperaturas, tales como huevos cocidos, flanes, bizcochos, etc.; para garantizar la destrucción de los patógenos, lavar los huevos justo antes de utilizarlos y secarlos con papel de cocina limpio, a fin de evitar su contaminación en el momento de romper la cáscara y hacer la cocción de los huevos hasta que alcancen una temperatura interna mínima de 70°C hasta el punto en que tanto la yema como la clara se vuelvan sólidos⁴⁷.

CONCLUSIONES

La propagación mundial de casos de intoxicación alimentaria y su efecto combinado con la desnutrición principalmente en países en desarrollo, así como el incremento global de *Salmonella Enteritidis* hacen imperativo realizar estudios de caracterización epidemiológica, de control y prevención de esta enfermedad, en áreas de control primario como la industria avícola y en la distribución y comercialización de alimentos como el pollo, huevo o alimentos preparados con este último, todo esto apuntando a garantizar la salud pública.

La identificación de las características particulares de *Salmonella enterica* serovar *Enteritidis* relacionadas con la colonización del tracto reproductivo de las gallinas ofrecen un progreso en la comprensión de los mecanismos moleculares y genéticos que posee dicha bacteria para colonizar el oviducto y los ovarios de gallinas ponedoras, que deben conducir al desarrollo de medidas de control aplicadas a los productos avícolas de consumo humano.

Sin embargo, la detección de *Salmonella* sp. en aves de corral y sus productos derivados se realiza utilizando métodos convencionales como cultivos microbiológicos, los cuales presentan limitaciones importantes para la detección eficaz de dicha contaminación ya que los métodos clásicos de diagnóstico bacteriológico de *Salmonella* sp. son laboriosos, requieren tiempo y no todas las cepas aisladas pueden ser plenamente identificadas, por lo cual la información que brindan es limitada y dificulta la toma de decisiones. La detección temprana de estos microorganismos prevendría la aparición de brotes y permitiría implementar controles

previos a la ocurrencia de la enfermedad, por ello es importante la aplicación de métodos más rápidos y eficaces basados en biología molecular, que faciliten la identificación y por ende el control de la salmonelosis y en general de las enfermedades transmitidas por alimentos.

CONFLICTOS DE INTERÉS

Los autores declaran que no existe ningún tipo de conflicto de intereses.

REFERENCIAS

1. Romero C. R. 2007. Microbiología y parasitología humana: bases etiológicas de las enfermedades infecciosas y parasitarias. 3^o edición. México. Editorial Médica Panamericana. p. 787.
2. Adelantado C, Arosemena E.L, Calvo M.A, Manteca L, Martín, M.A, *et al.* 2008. La *Salmonella* de actualidad desde siempre. Barcelona. Real Escuela de Avicultura. p. 17-21
3. Patrick A.D. Grimont X.W. 2007. Antigenic formulae of the *Salmonella* serovars. 9^a ed. Paris. Institut Pasteur. p. 7-10.
4. Murray P, Rosenthal K.S, Pfaüer M. 2007. Microbiología médica. 5^a edición. Madrid. Elsevier. p. 330.
5. Tauxe R.V, Doyle M.P, Kuchenmüller T, Schlundt J, Stein C.E. 2010. Evolving public health approaches to the global challenge of foodborne infections. Int J Food Microbiol 139(S1): S16-S-28.
6. Instituto Nacional de Salud. Grupo de Microbiología. 2009. Serotipos y patrones de susceptibilidad antimicrobiana de patógenos de importancia en Salud Pública. *Salmonella* sp. 2009 En <http://www.ins.gov.co/index.php?idcategoria=6138#>.
7. Musgrove M.T, Northcutt J.K, Jones D, Cox N.A, Harrison M.A. 2008. Enterobacteriaceae and related organisms isolated from shell eggs collected during commercial processing. Poultry Sci. 87: 1211-1218.
8. Keller LH, Benson CE, Krotec K & Eckroade R.J. 1995. *Salmonella* Enteritidis colonization of the reproductive tract and forming and freshly laid eggs of chickens. Infect Immun 63: 2443-2449.
9. Miyamoto T, Baba E, Tanaka T, Sasai K, Fukata T & Arakawa A. 1997. *Salmonella* Enteritidis contamination of eggs from hens inoculated by vaginal, cloacal and intravenous routes. Avian Dis. 41: 296-303.

10. Okamura M, Kamijima Y, Miyamoto T, Tani H, Sasai K & Baba E. 2001. Differences among six *Salmonella* serovars in abilities to colonize reproductive organs and to contaminate eggs in laying hens. *Avian Dis.* 45: 61-69.
11. Gast R.K, Beard C.W. 1990. Production of *Salmonella* Enteritidis contaminated eggs by experimentally infected hens. *Avian Dis* 34: 438-446.
12. De Reu K, Grijspeerdt K, Messens W, Heyndrickx M, Uyttendaele M, Debevere J & Herman L. 2006. Eggshell factors influencing eggshell penetration and whole egg contamination by different bacteria, including *Salmonella* Enteritidis. *Int J Food Microbiol* 112: 253-260.
13. Kaiser M, Lamont S.J. 2001. Genetic line differences in survival and pathogen load in young layer chicks after *Salmonella enterica* serovar Enteritidis exposure. *Poultry Sci* 80: 1105-1108.
14. Gast R. K, Mitchell BW, Holt P.S. 2004. Evaluation of culture media for detecting airborne *Salmonella* Enteritidis collected with an electrostatic sampling device from the environment of experimentally infected laying hens. *Poultry Sci* 83: 1106-1111.
15. Lublin A, and Sela S. 2008. The impact of temperature during the storage of table Eggs on the viability of *Salmonella enterica* serovars Enteritidis and Virchow in the eggs. *Poultry Sci* 87: 2208-2214.
16. Thiagarajan D., Saeed M., Turek J., Asem E., 1996. In vitro attachment and invasion of chicken ovarian granulosa cells by *Salmonella* Enteritidis phage type 8. *Infect. Immunol* 64, 5015-5021.
17. Keller L.H., Schifferli D.M., Benson C.E., Aslam S., Eckroade R.J. 1997. Invasion of chicken reproductive tissues and forming eggs is not unique to *Salmonella* Enteritidis. *Avian Dis* 41, 535-539.
18. De Buck, J, Pasmans, F, Van Immerseel F, Haesebrouck F, Ducatelle R. 2004. Tubular glands of the isthmus are the predominant colonization site of *Salmonella* Enteritidis in the upper oviduct of Laying Hens. *Poultry Sci* 83: 352-358.
19. De Buck J, Van Immerseel F, Meulemans G, Haesebrouck F, Ducatelle R. 2003. Adhesion of *Salmonella enterica* serotype Enteritidis isolates to chicken isthmal glandular secretions. *Vet Microbiol* 93: 223-233.
20. Guan J, Grenier C, Brooks BW. 2006. In Vitro Study of *Salmonella* Enteritidis and *Salmonella typhimurium* Definitive Type 104: Survival in egg albumen and penetration through the vitelline membrane. *Poultry Sci* 85: 1678-1681.
21. Lu S.P, Killoran B and Riley L.W. 2003. Association of *Salmonella* enterica serovar Enteritidis yafD with resistance to chicken egg albumen. *Infect. Immun* 71: 6734-6741.
22. Gantois I, Ducatelle R, Pasmans F, Haesebrouck F, Van Immerseel F. 2008. *Salmonella enterica* serovar enteritidis genes induced during oviduct colonization and egg contamination in laying Hens. *AEM.* 74(21): 6616-6622.
23. Edwards R.A, Olsen GJ, Maloy S.R. 2002. Comparative genomics of closely related salmonellae. *Trends Microbiol* 10: 94-99.
24. Cogan, T.A, Jørgensen F, Lappin-Scott H.M, Benson C.E, Woodward M.J, Humphrey T.J. 2004. Flagella and curli fimbriae are important for the growth of *Salmonella* enterica serovars in hen eggs. *Microbiology* 150: 1063-1071.
25. Pérez L.C, Silva P.L, Figueroa SF. 2002. Efecto de la temperatura y periodo de almacenamiento sobre la calidad microbiológica del huevo para plato lavado inoculado. Instituto de Ciencias Veterinarias. Universidad Autónoma de Baja California 362-368.
26. Smith D.P, Musgrove M.T. 2008. Effect of blood spots in table Egg albumen on *Salmonella* growth. *Poultry Sci* 87: 1659-1661.
27. Braden C.R. 2006. *Salmonella enterica* Serotype Enteritidis and Eggs: A national epidemic in the United States. *Clin Infect Dis* 43: 512-7.
28. Zheng J, Keys C, Zhao S, Meng J, Brown E.W. 2007. Enhanced subtyping scheme for *Salmonella* Enteritidis. *Centers for disease control and prevention* 13: 12.
29. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). 2006. Annual listing of foodborne disease outbreaks. En http://www.cdc.gov/outbreaknet/surveillance_data.html.
30. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). 2010. Investigation Update: Multistate outbreak of human *Salmonella* enteritidis infections associated with shell eggs. En <http://www.cdc.gov/salmonella/enteritidis/>
31. European Food Safety Authority (EFSA). European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC) 2008. Informe anual 2008 sobre zoonosis y brotes de enfermedades de transmisión alimentaria. AESAN. En: http://www.aesan.msc.es/AESAN/web/notas_prensa/informe_zoonosis_2008.shtml
32. Muñoz N, Agudelo C.I, Ovalle M.V, Realpe M.H. 2000. Vigilancia en red de la susceptibilidad antimicrobiana y de los serotipos de *Salmonella* sp. *Shigella* sp. y *Vibrio cholerae* 1997-1999. *Biomédica* 20: 210-217.

33. Muñoz N, Firacative C, Realpe M.H. 2008. Informe anual de la vigilancia fenotípica y molecular de *Salmonella* sp en Colombia 2007. IQEN Instituto Nacional de Salud 13(4): 211-217.
34. Carbó R.M, Miralles M.T, Sanz, R.; Mañas F, Guiral, S, Pérez E. 2005. Brote de toxiinfección alimentaria por *Salmonella enterica* en un establecimiento de restauración colectiva. Rev Esp Salud Pública 79: 47-57.
35. Zaidi M.B, López M.C, Calva E. 2006. Estudios mexicanos sobre *Salmonella*: epidemiología, vacunas y biología molecular. Rev Latinoam Microbiol 48 (2): 121-125.
36. Castañeda S, Gómez R, Triana L, Ferro CJ, Vásquez E. Comparación de los métodos para detección de *Salmonella* en alimentos: Método tradicional vs. Método de PCR en tiempo real. Secretaria Distrital de Salud 2004. En: <http://190.25.230.149:8080/dspace/bitstream/123456789/214/1/comparacion%20de%20los%20metodos%20para%20deteccion%20de%20Salmonella.pdf>
37. Tabares del Campo, Z.C. 2001. Intoxicaciones alimentarias en Antioquia. Rev Epidemiol Antioquia 26: 19-24.
38. Durango, J; Arrieta, G; Mattar, S. 2004. Presencia de *Salmonella* sp. en un área del Caribe colombiano: un riesgo para la salud pública. Rev. Biomédica 24: 89-96.
39. Rodríguez R, Galeano S, Herrera I, Moreno R, García O.R, Almanza O. 1994. Salmonelosis (*S. enteritidis*) en algunas granjas comerciales de postura en la Sabana de Bogotá. ACOVEZ 19: 8-13.
40. Botero, A. 1994. Uso de bacterinas de *S. Enteritidis* en reproductoras pesadas, experiencias de campo. Seminario Internacional de patología aviar. AMEVEA –College of Veterinary Medicine of the University of Georgia p. 419-429.
41. Rincón DP, Vargas JC, Ramírez RY. Búsqueda de *Salmonella* sp. en huevos para consumo humano comercializados en la ciudad de Tunja: estudio preliminar. Revista Proyección Universitaria 2011; 36: 34-48
42. Organización Mundial de la Salud. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2002. Evaluaciones de riesgos de *Salmonella* en huevos y pollo. En http://www.who.int/foodsafety/publications/micro/en/mra1_sp.pdf
43. Fica A, Marcel A, Prat S, Fernández A, Fernández J, Heitmann I. *Salmonella enteritidis*, un patógeno entérico ligado a la industria de los alimentos. Bol Cient Asoc Chil Segur 2000; 2(3): 4-10.
44. Sierra DM. Prospectiva avícola. FENAVI-FONAV. 2009. En: <http://administracion.uexternado.edu.co/centros/Prospectivaa.doc>.
45. Parra M, Durango J, Mattar S. 2002. Microbiología, patogénesis, epidemiología, clínica y diagnóstico de las infecciones producidas por *Salmonella*. Revista MVZ (Córdoba) 7(2): 187-200.
46. Suárez M.C, Mantilla, JR. 2000. Presencia de *Salmonella* serovariedad Enteritidis en productos de origen avícola y su repercusión en salud pública. Iatreia 13: 238-245.
47. Instituto de Estudios del Huevo. 2004. Seguridad alimentaria en huevos y ovoproductos. Madrid. En http://www.senba.es/recursos/pdf/seguridad_alimentaria_huevos_ovoproductos.pdf.