

Influencia de *Salmonella pullorum* y *S. gallinarum* en la producción avícola y la salud pública

Influence of Salmonella pullorum and S. gallinarum on poultry production and public health

<https://doi.org/10.52808/bmsa.7e6.624.002>

Roberto Carlos Dávila Morán ^{1,*}

<https://orcid.org/0000-0003-3181-8801>

Víctor Alberto Ortiz de la Cruz ¹

<https://orcid.org/0000-0001-5193-4733>

Recibido: 28/03/2022

Aceptado: 05/07/2022

RESUMEN

La calidad de los alimentos que consumimos se ha convertido en uno de los principales problemas de salud pública a nivel mundial, ya que son la puerta de entrada de patógenos y vectores para la transmisión de diversas enfermedades. Se estimó que el 17,9% de las enfermedades transmitidas por el consumo de alimentos, está relacionada con aves de corral, y el 19% de estas enfermedades, están asociadas a la contaminación por *Salmonella* entérica. La Salmonelosis es una enfermedad invasiva que afecta en gran medida a las poblaciones altamente vulnerables (niños, ancianos e inmunocomprometidos), causando la necesidad de hospitalización y en ocasiones la muerte. A nivel mundial se estima que anualmente hay más de 94 millones de personas afectadas por gastroenteritis causada por el consumo de aves contaminadas con *Salmonella*, así como más de 155.000 fallecidos. Sin embargo, los orígenes de esta cepa: *Salmonella* entérica y otras de mayor alcance patógeno están influenciadas muy de cerca por el control de dos cepas con poca acción en la población humana: la *S. pollorum* y la *S. gallinarum*. La casi desaparición de estos dos serovares impulsó la colonización de cepas más resistente a los antibióticos y más perjudiciales para los seres humanos.

Palabras clave: Salmonelosis, *Salmonella pullorum*, *Salmonella gallinarum*, producción avícola, salud pública.

ABSTRACT

The quality of the food we consume has become one of the main public health problems worldwide, since it is the gateway for pathogens and vectors for the transmission of various diseases. It was estimated that 17.9% of diseases transmitted by food consumption are related to poultry, and 19% of these diseases are associated with contamination by *Salmonella enterica*. Salmonellosis is an invasive disease that greatly affects highly vulnerable populations (children, the elderly and immunocompromised), causing the need for hospitalization and sometimes death. Worldwide, it is estimated that annually there are more than 94 million people affected by gastroenteritis caused by the intake of poultry contaminated with *Salmonella*, as well as more than 155,000 deaths. However, the origins of this strain: *Salmonella enterica* and others with a greater pathogenic scope are closely influenced by the control of two strains with little action in the human population: *S. pollorum* and *S. gallinarum*. The near disappearance of these two serovars prompted the colonization of strains more resistant to antibiotics and more harmful to humans.

Keywords: Salmonellosis, *Salmonella pullorum*, *Salmonella gallinarum*, poultry production, public health.

¹Universidad Privada del Norte (UPN), Lima, Perú

*Autor de Correspondencia: rdavila430@gmail.com

Introducción

Recientemente se ha detectado la existencia de la presencia de un número importantes de enfermedades que son transmitida por los alimentos consumidos convirtiéndose en un problema básicos de salud pública mundial trayendo como consecuencia implicaciones para la salud pública o la economía dependiente. Dentro del grupo de los patógenos detectados implicados por la ingesta de alimentos (Ejo *et al.*, 2016), se estima que el 17,9 % de estas enfermedades son transmitidas por alimentos de origen primario avícola y el 19 % por alimentos procesados de las aves de corral asociados con la contaminación e infección por *Salmonella enterica* (O'Bryan *et al.*, 2022). Mundialmente, la Salmonelosis provoca un aumento de la enfermedad invasiva, la hospitalización y en algunos casos es causa de muerte (Pires & Hald, 2010) especialmente en niños, ancianos e inmunocomprometidos (Ding & Fu, 2016). Las estadísticas mundiales han detectado 94 millones de casos de gastroenteritis y hasta más de 155 000 muertes causadas por la infección por esta bacteria cada año (Yang & Wu, 2019).

La contaminación por *Salmonella* se origina por el consumo de alimentos contaminados como huevos, leche y carne de las aves, y el veinte por ciento de los productos avícolas del mundo están contaminados con *Salmonella*. Esta bacteria puede sobrevivir durante mucho tiempo en el medio ambiente y en las instalaciones para las aves formando biopelículas. Dentro de los serotipos más aislados en los alimentos contaminados se encuentra la *S. enteritidis* y la *S. typhimurium* (Afshari *et al.*, 2018).

Durante la patogénesis de la *Salmonella*, la relación con el huésped es dependiente de diversos factores de virulencia, muchos de ellos codificados por los genes encontrados en los cromosomas y los plásmidos (Borges *et al.*, 2019). Por otro lado, la resistencia a los antibióticos mostrados por la *S. enteritidis* y la *S. typhimurium* ha sido motivo de problemas de salud pública mundial. Estas bacterias pertenecen a familia *Enterobacteriaceae*, son Gram negativas, anaerobias facultativas, sin capacidad de generar esporas y presentan flagelos petricos y móviles capaces de su distribución a lo largo de los órganos que contaminan (Cosby *et al.*, 2015). Una excepción a la motilidad, la constituyen las especies *S. gallinarum* y *S. pullorum* que no poseen flagelos (Jajere, 2019). La *Salmonella* puede reducir iones nitrato a nitrito y crecen perfectamente entre los 35 y 40 °C (Cosby *et al.*, 2015), son capaces de metabolizar algunos nutrientes de forma quimioorganotrófica, pero no pueden fermentar la lactosa. La *Salmonella* tiende a alojarse en el tracto digestivo tanto de humanos como animales. Esta bacteria se divide en dos grandes grupos: *Salmonella enterica* y *Salmonella bongori*, diferenciados por su ARNr 16S. Mediante sus propiedades bioquímicas y vínculos genómicos, la *Salmonella enterica* puede clasificarse en seis subespecies (*S. entérica*, *S. enterica subsp. S. salamae*, *S. entérica subsp. arizonae*, *S. enterica subsp. diarizonae*, *S. enterica subsp. houtenae* y *S. enterica subsp. indica*) (Jajere, 2019). Siguiendo el esquema propuesto por Kauffman-White, la *Salmonella* se clasifica mediante sus diferencias antigénicas: flagelar (H), capsular (K) y somática (O) (Heredia & García, 2018). La *S. enterica subsp. enterica* es la más patógena y representa el 99% de los casos de Salmonelosis en humanos, de estos, 1.531 son serotipos tipo *S. typhimurium* y *S. enteritidis* (Heredia & García, 2018). Por otra parte, las salmonelas no tifoideas son zoonóticas y por lo general son huéspedes que pueden infectar a uno o varios animales de sangre caliente donde se incluyen los humanos (Arya *et al.*, 2017). Por el serotipo correspondiente, Salmonellas, como *Enteritidis*, *Typhimurium*, *Newport*, *Heidelberg* y *Montevideo*, contribuyen a la salmonelosis mediante la contaminación de varios productos alimenticios provenientes del pollo, cerdo, huevos, verduras y leche (Andino & Hanning, 2015; Fanisa, 2022).

Por otra parte, una de las industrias alimenticias que ha tenido mayor auge es la Avícola. Esta industria es muy diversificada, ya que no sólo comercializa los productos de la carne del ave y sus derivados, sino también sus huevos y derivados. La industria cárnica aviar abarca la faena, la obtención de productos y subproductos, tanto comestibles como incomedibles; la carne de pollo es una proteína considerada de alta demanda debido a su precio, y atributos funcionales y sensoriales. Para el año 2018, la producción mundial de carne de pollo superó los 95,5 millones de toneladas, con un incremento del 2% con respecto al año anterior. Mientras que, en el 2019, las estimaciones del USDA, preveían un aumento de 3%, llegándose a alcanzar un total de 98,4 millones de toneladas. Argentina se ubica en el decimo lugar como productor mundial y octavo como exportador mundial, llegándose a una producción anual de unos 711,50 millones de pollos destinados a la industria parrillera (2.068 miles de toneladas), esto sitúa a la Argentina en el quinto lugar a nivel de Latinoamérica detrás de Brasil, México, Colombia y Perú (Olvera-Alvarado, 2022).

Tomando en cuenta, la importancia de la industria avícola, se hace imperativo, las buenas prácticas de higiene, desinfección y control de enfermedades con potencial daño a la población humana. En este sentido, la presencia de *Salmonella* en aves es de estricto control por parte de los granjeros y de los gobiernos estatales. A principios del siglo 20 dos serovares de *Salmonella* tuvieron un gran impacto económico en la producción avícola: la *Salmonella pullorum* y la *Salmonella gallinarum*. La *S. gallinarum* y la *S. pullorum* son muy semejantes, y pueden llegar a confundirse; sin embargo la *S. gallinarum* se transmite a través de los huevos y provoca lesiones similares a las producidas por *S. pullorum*, con mayor tendencia a afectar a los animales adultos. A pesar de todo, la mortalidad es alta en todas las edades, mostrándose las aves adultas deshidratadas y con síntomas inflamatorios con el hígado de coloración biliosa, con o sin focos necróticos, bazo y riñones hiperplásicos, anemia y enteritis. En el mercado avícola, ya existe una vacuna producida a partir de una cepa de *S. gallinarum* (9 R) para el control de la mortalidad, la cual se administra a las nueve semanas de edad, después de haber ocurrido la exposición natural. Una característica frecuente es la tifosis aviar causada por la *Salmonella gallinarum*, denominada en un principio como *Bacillus gallinarum* y más tarde como *Bacillus sanguinarium*. En 1902, se usó por primera vez el nombre de Tifoidea aviar, y ya en 1954, la enfermedad se incluyó bajo el control de la tifoidea aviar en el programa National Poultry Improvement Plan (NPIP) de los Estados Unidos, de ahí que la erradicación de la enfermedad en aves comerciales en dicho país es casi un hecho (Huarcaya, 2020).

Con la erradicación de la *S. gallinarum*, emergió la *S. enteritidis*, dando pie a su colonización en las aves de pollos. Este nuevo serovar se asoció a la inmunidad ocasionada por la erradicación de los serovares *S. pullorum* y *S. gallinarum*, ocasionando que la *S. enteritidis* entrara en los espacios vacíos abandonados. Además, los modelos matemáticos habían sugerido que la *S. gallinarum* intuyó la exclusión competitiva de la *S. enteritidis* en estas aves de corral. Los antígenos lipolisacáridos 09 inmunodominantes se expresan tanto en la *S. gallinarum* como en la *S. enteritidis* en las superficies celulares contribuyendo a la exclusión de la *S. enteritidis*. Además, densidades de aves más alta y mayor integración vertical llevada a cabo en la prácticas de producción en la industria avícola facilitaron la propagación de la *S. enteritidis*, así como también de serovares más patógenos como la *Enteritidis*, *Typhimurium*, *Newport*, *Heidelberg* y *Montevideo* (Foley *et al.*, 2011).

A continuación, se hace un resumen exhaustivo de la incidencia de *Salmonella* en la industria avícola, y como el control de dos especies no patógenas para los seres humanos como *S. gallinarum* y *S. pullorum*, podrían haber dado origen a serovares más patógenos a la población mundial con altas consecuencias. En esta carrera sanitaria es importante estar a la delantera de nuevas pandemias que podrían avecinarse en un futuro cercano.

Etiología de la *Salmonella*

Dentro de las Enterobacteriaceae y Phylum Proteobacteria se encuentra ubicada la *Salmonella*, el cual es un bacilo acapsular, anaerobios facultativos, morfológica y fisiológicamente relacionados con otros géneros de la familia Enterobacteriaceae. Tiene un tamaño promedio entre 2 y 4 μm de largo y 0,6 μm de ancho que se muestra en colonias entre 2 y 3 mm de diámetro, de color grisáceo y textura viscosa bajo placas de agar-sangre cultivadas a 24 h y 37° C. Debido a la presencia de flagelos peritricos presentan movilidad con excepción de los especies *S. gallinarum* y *S. pullorum* (De la Torre, 2006). En la actualidad, el género se divide en dos especies: la *S. entérica* y *S. bongori*, y a su vez, la *S. entérica* se divide en seis subespecies reconocidas como: *entérica*, *amae*, *arizonae*, *diarizonae*, *houtenae* e *indica*, cada uno con varias serovariedades o serotipos (Gutiérrez *et al.*, 2008). Hoy en día, son conocidas más de 2.500 serotipos, la mayoría de ellos (casi 1.500) pertenecen a la subespecie entérica. Para la clasificación serotípica se observa la estructura de la superficie celular según la clasificación expuesta por Kauffmann–Whit distinguiéndose: los antígenos (O), del lipopolisacárido (LPS) y los antígenos proteicos de los flagelos (H). Algunas cepas muestran un tercer tipo de antígeno de superficie análogo al funcionamiento de los antígenos K llamados Vi (K). Este es un antígeno proteico ubicado en la flagela de la bacteria. La *S. entérica* subsp, está presente casi exclusivamente en mamíferos, humanos y animales de sangre caliente, y representa el 99 por ciento de las infecciones por salmonella. En cambio, la *S. bongori* es predominantemente encontrada en animales de sangre fría y rara vez infecta a los humanos (Herrera & Jabit, 2015).

Las condiciones de habita de este bacilo son muy variadas. Pueden crecer a temperatura entre los 7 y 49 °C, siendo su crecimiento reducido a temperaturas menores a 15 °C, pero se ha señalado que pueden crecer a 5,9 °C dependiendo del serovar y el medio de cultivo donde se inoculan. También se ha observado casos de *Salmonella* que sobreviven a temperaturas tan bajas como 3 °C pero sin capacidad de replicarse en empaque al vacío con carne de pollo. Además, son tolerables a pH comprendidos entre 4 y 9. La tolerancia depende del tipo y tamaño del ácido al cual se expone el microorganismo. Diversos serovares de *Salmonella* se han adaptado al pH del ciego de los pollos favoreciendo su multiplicación. Al ser clasificado este microorganismo como anaeróbico facultativo, el ambiente de crecimiento en una atmósfera de nitrógeno es ligeramente menor que en condiciones aeróbicas, pudiendo crecer con concentraciones de 20 a 50 % de dióxido de carbono. También, la *Salmonella* puede multiplicarse en actividades de agua (a_w) inferiores a 0,94 como el chocolate, nueces y mantequilla. En el caso del pollo, la multiplicación de la *Salmonella* no es disminuida por la actividad del agua contenida en él (Instituto Nacional de Salud, 2011).

S. pullorum y *S. gallinarum* en aves de corral

Dos biovariedades de *Salmonella entérica*: serovariedad *Gallinarum* biovariedad *pullorum* (*S. pullorum*) y biovariedad *gallinarum* (*S. gallinarum*) pueden producir la pullorosis y la tifosis aviar. Ambos microorganismos presentan una estructura antigénica similar (pertenecen al mismo serotipo) pero pueden ser diferenciados utilizando pruebas bioquímicas. Estas bacterias se adaptan perfectamente al huésped y no son causantes de enfermedades distintas a otras especies animales de aves. En pollos, pavos y faisanes suelen presentarse ambas enfermedades, pero no se descarta el contagio a ciertas aves silvestres actuando como reservorio natural de los agentes. Los pollitos son los más afectados por la pullorosis mientras que las aves en crecimiento son más susceptibles a la tifosis aviar. En todo caso, una biotipificación del agente etiológico correcto debe ser llevadas a cabo para lograr una identificación correcta ya que ambas enfermedades son muy similares (Terzolo, 2006). A pesar de que el huésped preferido de estas especies de *Salmonella* son las aves, se ha detectado también su presencia en cerdos, ganado bovino, gatos, perros, zorros, visones, conejos, conejillos de indias, ratas de laboratorio y silvestres, chinchillas y chimpancés por exposición natural o inducida (Rivera, 2018).

En el caso de *S. gallinarum*, las colonias observadas son más pequeñas que el de otras salmonelas creciendo perfectamente en agar MacConkey, Verde Brillante y también en medios más selectivos y diferenciales para salmonelas como agar *Salmonella-Shigella* (SS) o agar Xilosa Lisina Deoxicolato (XLD) ó agar Rambac a 24 h y 37 °C. Durante el crecimiento bacterianos es posible utilizar caldos enriquecidos tales como: Caldo Tetrationato, Caldo Selenito de Sodio, Caldo Rapaport-Vassiliadis y otros, que permiten su aislamiento a partir de muestras contaminadas con otras especies microbianas a pesar de su bajo número si fuese el caso (Córtez-Moñiz, 2022).

A través de órganos afectados como hígado, bazo, corazón, pulmones, saco vitelino, ciegos, tonsilas cecales, meconio, óvulos y tracto reproductivo es posible la identificación y diagnóstico de estos serovares. Es importante serotipificar la *Salmonella* desde el punto de vista epidemiológico ya que esta información es fundamental para determinar las formas de introducción de la enfermedad en una integración avícola. Con este diagnóstico bacteriológico se logra la confirmación de la enfermedad y la detección de las fuentes de infección tales como incubadoras, nacedoras, granjas, medio ambiente, plantas de beneficio y plantas de alimento (Rivera, 2018). El alimento, el agua y la camas contaminadas pueden ser fuentes importantes de la Pullorosis, además hay que tomar en cuenta al personal que manejan el alimento, los compradores y visitantes que van de granja en granja que también podrían afectar la infección. Por ello es importante llevar a cabo una buena desinfección de zapatos, manos y ropa; al igual que de los camiones, transportes, sacos de alimentos, aves silvestres, mamíferos y moscas, a fin de evitar la diseminación de la *Salmonella* (Huarcaya, 2020, Olvera-Alavarado, 2022).

La identificación de la *Salmonella* se basa en: aislamiento (cultivos) de *S. pullorum* Gramnegativas, caracterización bioquímica y serotipificación. Mediante pruebas serológicas y bioquímicas estándares como el sistema Índice de Perfil Analítico (API) es posible la identificación del organismo y la diferenciación entre los biovares *pullorum* y *gallinarum*. Sin embargo, los resultados deben interpretarse con precaución ya que el sistema API puede identificar de manera incorrecta a *S. pullorum* como *Hafnia spp.*, en esos casos, las cepas se envían a laboratorios referencias para el serotipado y el lisotipado de *S. pullorum*. En esa investigación epidemiológicas, las cepas se pueden identificar mediante el análisis del perfil de plásmidos, electroforesis en gel de campo pulsado o la ribotipificación (Rivera, 2018).

Las características principales de la enfermedad de la *S. pullorum* en aves jóvenes incluyen fiebre tifoidea, caracterizada principalmente por diarreas blanquecinas, abdomen inflamado, retardo en el crecimiento y establecimiento de un estado de portador, esto causa infección sistémica con hepato-esplenomegalia y lesiones puntuales blanquecinas en hígado y bazo, en ambos sexos. En muchos casos, los embriones nacen infectados internamente en sus sacos vitelinos debido a la infección previa de los huevos, siendo los machos mayormente infectados. Posteriormente, en ambos sexos, se establece el estado de portadores en el 60% de las aves infectadas camuflajeándose en el interior de los macrófagos principalmente a nivel del bazo. La enfermedad es prácticamente exclusiva de los polluelos y los agentes patógenos pueden ser obtenidos de casi todos los órganos, tejidos y heces. La *S. pullorum* puede llegar también a las aves adultas, y el patógeno puede ser aislado de los óvulos y del oviducto, y sólo ocasionalmente de otros órganos y tejidos como el tracto digestivo (Tindall *et al.* 2005; Barrow & Freitas-Neto, 2011; Rivera, 2018). Depresión, somnolencia, anorexia, alas caídas, deshidratación, respiración dificultosa, diarrea, debilidad y adherencia de las heces a la cloaca son algunos de los síntomas que pueden manifestar las aves. Durante la infección, los signos comienzan a manifestarse a partir del séptimo día de las postinfección observándose el agrupamiento de las aves. Los pollitos enfermos pueden presentar retraso en su crecimiento que resulta más notorio en las líneas de pollos parrilleros ya que su crecimiento es muy rápido. Frecuentemente se observa en los pollitos bebés afectados de *pullorosis* la concreciones de materia fecal deshidratada adherida a la cloaca que, al impedir la defecación, producen una notable dilatación abdominal. Los pollitos afectados por *pullorosis* suelen presentar vientres hinchados que dificulta o incluso impide su movilidad. En la paratífosis es común la presencia sacos vitelinos indurados o desecados (Terzolo, 2006).

La industria avícola y la *Salmonella pullorum* y *Salmonella gallinarum*

La *Salmonella* se encuentra en una gran variedad de productos domésticos y también en diversos huéspedes de animales salvajes; mientras que la infección puede o no ser clínicamente aparente. En su forma, el ave podría presentar una infección silenciosa albergando al patógeno en sus ganglios linfáticos, o puede ser un portador eliminando al patógeno en su materia fecal de manera breve, intermitente o persistente. Muchas enteritis son bien conocidas como la *S. pullorum* o *S. abortusequ* originando clínicas bien acreditadas debido a los serotipos adaptados a la especie. Otras infecciones son aparentemente causadas por serotipos de múltiples huéspedes (CDC, 2005). *S. pullorum* y *S. gallinarum* se encuentran entre las dos más conocidas en aves pero de poca actividad patógena en el hombre, aunque se ha reportado casos de salmonelosis por estos serovares en niños. Estos serotipos son fácilmente aislados de aves de corral y por eso se consideran los principales reservorios de la *Salmonellae pullor*, enfermedad que es causada por el serotipo *S. pullorum*, mientras que la fiebre tifoidea aviar es originada la *S. gallinarum*. Ambas bacterias son responsables de pérdidas económicas graves en las granjas avícolas si las mismas no son atendidas en tiempo oportuno. Los serotipos de ambas enfermedades están diseminadas mundialmente dando brotes de alta morbilidad y mortalidad sobre todo en países en desarrollo y condiciones sanitarias deficientes. Esta enfermedad se pone de manifiesto durante las primeras dos semanas de vida causando estragos en los comerciantes avícolas. Como una particularidad, el patógeno se transmite en forma vertical y horizontalmente. Durante, la infección las aves se posan sobre los huevos contaminándolos y también a las incubadoras y criaderos. En las aves adultas no se presentan los síntomas de la enfermedad pero durante las primeras semanas de vida, los polluelos presentan síntomas similares al *pullorum* con pérdida del apetito, síntomas nerviosos y obstrucción de la cloaca con heces diarreicas. Son críticas las dos primeras semanas de vida durante los seis y diez días después de la eclosión ya que la mortalidad es alta alcanzando porcentaje de hasta un cien por cien (CDC, 2006; Nuradin *et al.*, 2022).

Por otra parte, en los sistemas de producción de hoy en día, los pollitos nacen en plantas de incubación con medidas de higiene muy estrictas y separadas de sus progenitores, por lo que no adquieren la flora protectora de la gallina, como lo harían naturalmente cuando picotean las heces de sus madres, por lo tanto quedan sin la protección necesaria frente a infecciones de tipo entéricas. Por lo tanto, el sistema artificial de crianza se torna mucho más susceptible al pollito recién nacido porque es capaz de infectarse en ese estadio con una sola célula de la *Salmonella*, difundiéndose rápidamente por no presentar a tiempo los anticuerpos correspondientes. La infección por salmonela es tan activa que un solo pollito puede contagiar a sus congéneres tanto en la planta de incubación, en las cajas durante su transporte y finalmente en la granja de recepción. Esto constituye a esta población avícola una fuente permanente de transmisión del agente etiológico constante. Se ha demostrado que administrando a pollitos recién eclosionados cultivos anaerobios no definidos proveniente de heces fecales de aves adultas es posible cierta protección frente a los diferentes desafíos que ofrece la salmonela, pero estos tratamientos no permiten conocer cuáles son las bacterias que ejercen tal protección y más bien pueden favorecer, de manera inconsciente, la transmisión de agentes infecciosos no detectados aun cuando se utilicen heces provenientes de aves libres de patógenos específicos (SPF). Esto explica porque este tipo de tratamiento no ha sido

totalmente aprobado en muchos países a pesar de que existen varios productos comerciales. Nuevas investigaciones han sido objeto de estudio y tienen como objetivo común usar bacterias totalmente identificadas y seleccionadas por sus propiedades beneficiosas (Terzolo, 2006).

La Salmonelosis es agente causante de grandes impactos económicos en la industria avícola por estar ampliamente distribuida (Rajagopal & Mini, 2013), y como ya se ha mencionado el consumo de comidas y aguas contaminadas podría causar infección con *Salmonella*. Es por tanto, considerada como un serio problema en los países donde no hay un control eficiente y donde las condiciones climáticas esparcen estos microorganismos (Barrow *et al.*, 2011). Rajagopal & Mini, (2013) encontraron un punto máximo de infección con la *Salmonella* en edades de 7 a 9 días con un máximo de mortalidad entre la primera y segunda semana de nacimiento de las aves. Varios han sido los antibióticos utilizados según los signos clínicos de la enfermedad, el tratamiento con furazolidona a una concentración de 400 g/tonelada de alimento es uno de ellos. La furazolidona es un derivado del nitrofurano con actividad bacteriostática y bactericida contra bacterias Gram positivas y bacterias Gram negativas, pero también se han usado otros antibióticos como: sulfonamidas, cloramfenicol, biomicina, oxitetraciclina, apamicina, gentamicina, amoxicilina, sulfonamida potenciada, tetraciclina, fluoroquinolonas y clorotetraciclina capaces de controlar la *Salmonella* (McMullin, 2004; Taddele *et al.*, 2012; Rajagopal & Mini, 2013).

Adicionalmente, la desinfección de la granja entera con formaldehído ayuda al control de la enfermedad. Las medidas de desinfección y erradicación son extremadamente tediosas y después de un ataque inicial de la enfermedad, el control de la *Salmonella* se hace difícil, ya que permanece en el ambiente y puede transformarse en una biopelícula. También los roedores juegan su papel esparciendo el patógeno por todas las granjas avícolas (Meerburg & Kijlstra, 2007). La desinfección debe comenzar por el equipamiento, paredes, pisos, equipos de agua y alimentos. Es recomendable colocar los equipos de agua y alimentación al sol. El éxito de la limpieza dependerá de los dueños de granjas además del ambiente, ya que en ecosistemas de altas temperaturas durante la desinfección reduce las probabilidades de supervivencia de la *S. pullorum*. Si se toman las medidas necesarias es posible controlar la *Salmonella* siguiendo la estrictas medidas de bioseguridad como desinfección y limpieza de los huevos. El tratamiento a tiempo es necesario para controlar la infección bacteriana, siendo la prevención la mejor cura (Vijaya *et al.*, 2018).

La evolución de *S. pullorum* y *S. gallinarum* hacia serovar más patógenos hacia los humanos

A principios del siglo XX, las enfermedades de las aves de corral causadas por *Salmonella* serovars *pullorum* y *gallinarum* estaba bien extendida en los Estados Unidos. En 1935, el Gobierno Estado Unidense planteo el Plan Nacional de Mejoramiento avícola (PNPI) y ya para la década de 1960, ambas enfermedades habían sido erradicadas de la producción avícola en los Estados Unidos; pero no fue así en los países emergentes de América, Asia y África. Como consecuencia de la erradicación de la *S. gallinarum*, apareció la *S. enteritidis*. Este serovar comenzó su colonización en pollos ayudando en su propagación a la población roedora. Varias teorías han sido formuladas, entre ellas la inmunidad ocasionada por la erradicación de los serovars *S. pullorum* y *S. gallinarum*, de esta manera la *S. enteritidis* llenó el nicho abandonado de estas bacterias en las aves de corral comerciales. Además, los modelos matemáticos habían sugerido que la *S. gallinarum* excluyó competitivamente a *S. enteritidis* en estas aves de corral. Tanto *S. gallinarum* como *S. enteritidis* expresan el antígeno lipopolisacárido O9 inmunodominante en sus superficies celulares, lo que puede haber contribuido a la exclusión de *S. enteritidis*. Esta exclusión podría haberse debido al aumento de la capacidad de *S. gallinarum* para colonizar y/o sobrevivir debido a una inmunidad adaptativa en aves de corral. Además, las prácticas de producción cambiantes en la industria avícola en las últimas décadas, como las densidades de aves más altas y la mayor integración vertical, pueden haber facilitado la mayor propagación de la *S. enteritidis* (Foley *et al.*, 2011).

Ahora bien, y a pesar que la *S. enteritidis* ha seguido siendo un problema importante en la industria avícola comercial, la prevalencia de éste serovar ha disminuido en los pollos de los Estados Unidos siendo suplantado por el serovar *S. heidelberg* predominante entre 1997 a 2006. Hoy en día, *S. kentucky* es el serovar más comúnmente aislado. Tanto *S. heidelberg* como *S. enteritidis* colonizan los tractos reproductivos de las aves y entran en los huevos. Uno de los factores que probablemente contribuyeron a la disminución de *S. enteritidis* es que el NPIP se ha dirigido a su erradicación en huevos y carnes. Si las respuestas inmunes se dirigen específicamente a los antígenos de superficie de *S. enteritidis*, la prevalencia de *S. heidelberg* y *S. kentucky* podría aumentar potencialmente. Del mismo modo, *S. heidelberg* comparte algunos antígenos de superficie comunes con *S. enteritidis* que *S. kentucky* no comparte, lo que puede ayudar a explicar por qué *S. kentucky* ha aumentado más rápidamente que *S. heidelberg* en los últimos años (Gast *et al.*, 2007).

La aparición de estos nuevos serovares en la industria avícola trajo consigo una mayor amenaza a la población humana. Las infecciones por *Salmonella enterica* son un problema importante de salud pública en todo el mundo, con un estimado de 1.028 millones de casos, 19.000 hospitalizaciones y unas 400 muertes en los Estados Unidos cada año (Scallan *et al.*, 2011). La salmonelosis humana se asocia típicamente con el consumo de alimentos contaminados, como carne fresca y procesada y aves de corral, huevos y productos frescos (Mead *et al.*, 1999). El consumo de carne y aves de corral ha ido en aumento en los Estados Unidos, y el consumo per cápita de productos avícolas ha aumentado 6,5 veces desde 1910 (Buzby & Farah, 2006). Un aumento en el consumo de carne y aves de corral aumenta el riesgo potencial de exposición a *Salmonella* a través de productos alimenticios contaminados. Más recientemente, *S. kentucky* se ha convertido en el serovar más comúnmente detectado en pollos, mientras que *S. typhimurium* sigue siendo la causa más

común de infecciones humanas (CDCP, 2008). *S. typhimurium* es uno de los serovares más comunes detectados en aves de corral (Foley *et al.*, 2008); sin embargo, históricamente no ha sido el serovar predominante en las aves de corral. *S. heidelberg*, también se encuentran entre los cinco principales serovares asociados con infecciones humanas (CDCP, 2008). *S. heidelberg* causó un brote de enfermedad multiestatal relacionado con el consumo de aves de corral (Gieraltowski *et al.*, 2016), y en 2017, *S. heidelberg* se encontraba entre los serotipos de *Salmonella* más comúnmente relacionados con la infección humana (Marder *et al.*, 2018). *S. heidelberg* ha sido aislada de animales vivos y productos alimenticios en los Estados Unidos comúnmente demuestra resistencia a múltiples antimicrobianos, incluyendo tetraciclina, estreptomycin, kanamicina y ampicilina (Lynne *et al.*, 2009).

Semejante a los Estados Unidos, ha habido cambios importantes en la *Salmonella* encontrada en las aves de corral brasileñas, donde anteriormente predominaba *S. enteritidis*. La introducción de la vacuna contra la *Salmonella enteritidis* en Brasil condujo al reemplazo serovar por *S. minnesota* y *S. heidelberg* convirtiéndose en las *Salmonellas* dominante en este entorno. Estos dos serovares son muy diferentes; *S. heidelberg* es un serogrupo B *Salmonella* y *S. minnesota*, raramente es observado fuera de las aves de corral brasileñas, está en el serogrupo L según el esquema Kauffman-White-Le Minor (Grimont & Weill, 2007). A pesar de esta diferencia, el transporte común del bla_{CMY-2}, se detectaron genes sul2 y tetA, que le confieren resistencia a los antimicrobianos betalactámicos, sulfonamida y tetraciclina, que rara vez se observaron en otros serovares de *Salmonella* que circulan conjuntamente en la producción avícola brasileña. Lo que no está claro es por qué estos serovares tan diferentes pudieron adquirir plásmidos portadores de estos genes AMR y otros serovares, que circulan conjuntamente en aves de corral brasileñas y bajo las mismas presiones de selección, no lo fueron; esto sugiere que existen barreras para la transferencia horizontal de genes de estos plásmidos. También es posible que la selección de *S. minnesota* y *S. heidelberg* haya sido ayudada por otros factores genéticos, como otros genes de virulencia (Alikhan *et al.*, 2022).

Finalmente, dos serovar de *Salmonella*: *pullorum* y *gallinarum* tienen alto impacto en la industria avícola, pero menor influencia en seres humanos, donde el mal manejo permitió la evolución a especies más patógenas para la población mundial. Ahora, los servicios sanitarios deben enfocarse en medios activos que no solo logran controlar un serovar específico, sino a aquellos oportunistas que hacen su aparición y causan mayores estragos a nivel comercial y de salud pública.

Conflicto de intereses

No se reporta conflicto de intereses.

Agradecimientos

A Dios y a nuestras familias.

Referencias

- Afshari, A., Baratpour, A., Khanzade, S. & Jamshidi, A. (2018). *Salmonella enteritidis* and *Salmonella typhimurium* identification in poultry carcasses. Iranian Journal of Microbiology. 10(1), 45-50. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC29922418/> (Acceso julio 2021).
- Alikhan, N., Moreno, L., Castellanos, L., Chattaway, M., McLauchlin, J., Lodge, M., O'Grady, J., Zamudio, R., Doughty, E., Petrovska, L., Vieira, M., Kno, T., Moreno, A. & Mather, A. (2022). Dynamics of *Salmonella enterica* and antimicrobial resistance in the Brazilian poultry industry and global impacts on public health. PLoS Genet 18(6): e1010174. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1010174>
- Andino, A. & Hanning, I. *Salmonella enterica*: survival, colonization and virulence differences among serovars. Scientific World Journal. 520179. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2015/520179>
- Arya, G., Holtslander, R., Robertson, J., Yoshida, C., Harris, J., Parmley, J., Nichani, A., Johnson, R. & Poppe, C. (2017). Epidemiology, Pathogenesis, Genosertotyping, Antimicrobial Resistance, and Prevention and Control of Non Typhoidal Salmonella Serovars. Curr Clin Micro Rpt. 4, 43-53. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(17\)31467-8](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(17)31467-8)
- Barrow, P. & Freitas, O. (2011). *Pullorum* disease and fowl typhoid - new thoughts on old diseases: a review, Avian Pathology, 40(1), 1-13. <https://doi.org/10.1080/03079457.2010.542575>
- Borges, K., Furian, T., Souza, S., Salle, C., Moraes, H. & Nascimento, V. (2019). Antimicrobial Resistance and Molecular Characterization of *Salmonella enterica* Serotypes Isolated from Poultry Sources in Brazil. Brazilian Journal of Poultry Science, 21(1), 1-8. <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9061-2018-0827>
- Buzby, J. & Farah, H. (2006). Chicken consumption continues longrun rise. Amber Waves, 4,5. Disponible en: https://www.academia.edu/24070009/Chicken_Consumption_Continues_Longrun_Rise (Acceso julio 2021).
- CDC. (2006): Salmonella Surveillance: Annual Summary, Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta, GA. 15. Disponible en: <https://www.cdc.gov/national-surveillance/salmonella-surveillance.html> (Acceso julio 2021).

- Centers for Disease Control and Prevention. (2008). *Salmonella* surveillance: annual summary, U.S. Department of Health and Human Services, CDC, Atlanta, GA. Disponible en: <https://www.cdc.gov/national-surveillance/salmonella-surveillance.html> (Acceso julio 2021).
- Cortéz, V. (2022). Epidemiología y control de las principales enfermedades avícolas de importancia en sanidad animal y salud pública. Tesis Doctoral, Universitat Politècnica de València, Valencia, España. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/184126/Cortes%20-%20Epidemiologia%20y%20control%20de%20las%20principales%20enfermedades%20avicolas%20de%20importancia%20en%20sanid...pdf?sequence=1> (Acceso julio 2021).
- Cosby, D., Cox, N., Harrison, M., Wilson, J., Buhr, R. & Fedorka, P. (2015). *Salmonella* and Antimicrobial Resistance in Broilers: A Review. *Journal of Applied Poultry Research*. 24(3), 408-426. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Salmonella-and-antimicrobial-resistance-in-A-review-Cosby-Cox/de729232d6e2c37608e85a4e556c5ed6c06387ba> (Acceso julio 2021).
- De la Torre, M. (2006). Caracterización molecular y fenotípica como herramienta de marcaje epidemiológico para cepas de salmonella de origen porcino. Tesis doctoral; pág. 1-69. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=5412> (Acceso julio 2021).
- Ding, H. & Fu, T. (2016). Assessing The Public Health Impact and Effectiveness of Interventions to Prevent Salmonella Contamination of Sprouts. *Journal of Food Protection*. 79(1), 37-42. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29922418/> (Acceso julio 2021).
- Ejo, M., Garedew, L., Alebachew, Z. & Worku, W. (2016). Prevalence and Antimicrobial Resistance of Salmonella Isolate from Animal Origin Food Items in Gondar, Ethiopia. *Biomed Research International*. Vol. 2016. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/311681584_Prevalence_and_Antimicrobial_Resistance_of_Salmonella_Isolated_from_Animal-Origin_Food_Items_in_Gondar_Ethiopia (Acceso julio 2021).
- Foley, S. L., Lynne, A. M., & Nayak, R. (2008). Salmonella challenges: prevalence in swine and poultry and potential pathogenicity of such isolates. *Journal of animal science*, 86(14 Suppl), E149–E162. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0464>
- Foley, S., Nayak, R., Hanning, I., Johnson, T., Han, J. & Rieke, S. (2011). Population Dynamics of Salmonella enterica Serotypes in Commercial Egg and Poultry Production. *Applied and Environmental Microbiology*, 77 (13) 4273–4279. <https://doi:10.1128/AEM.00598-11>
- Gast, R., Guraya, R., Guard, J., Holt, P. & Moore, R. (2007). Colonization of specific regions of the reproductive tract and deposition at different locations inside eggs laid by hens infected with *Salmonella Enteritidis* or *Salmonella Heidelberg*. *Avian Dis*. 51,40–44. <https://doi.org/10.1637/9069-091109-reg.1>
- Gieraltowski, L., Higa, J., Peralta, V., Green, A., Schwensohn, C., Rosen, H., Libby, T., Kissler, B., Marsden, N., Booth, H., Kimura, A., Grass, J., Bicknese, A., Tolar, B., Defibaugh, S., Williams, I. & Wise, M. (2016). Salmonella Heidelberg Investigation Team. National outbreak of multidrug resistant *Salmonella Heidelberg* infections linked to a single poultry company. *PLoS One*, 11, e0162369. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/National-Outbreak-of-Multidrug-Resistant-Salmonella-Gieraltowski-Higa/2473a58c038448b32ccda31eaab5123abaff7c> (Acceso julio 2021).
- Grimont, P. & Weill, F. (2007). Fórmulas antigénicas de los serovares de *Salmonella*. Centro Colaborador de la OMS para la Referencia y la Investigación sobre salmonella. 2007. Disponible en: https://www.pasteur.fr/sites/default/files/veng_0.pdf (Acceso julio 2021).
- Gutiérrez, C., Paasch, M. & Calderón, A. (2008). Salmonellosis y campilobacteriosis, las zoonosis emergentes de mayor expansión en el mundo. *Vet. Mex*; 39 (1), 81-90. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5410643> (Acceso julio 2021).
- Heredia, N. & García, S. (2018). Animals as Sources of Food-Borne Pathogens: A Review. *Animal Nutrition*. 4(3), 250-255. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2018.04.006>
- Herrera, Y. & Jabit, L. (2015). Salmonellosis, zoonosis de las aves y una patogenia muy particular. *Redvet*. 16(1), 1-19. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/636/63638739002.pdf> (Acceso julio 2021).
- Huarcaya, F. (2020). Serotipificación y detección genética de *Salmonella* spp. de origen aviar. Disponible en: <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/16267?show=full> (Acceso julio 2021).
- Instituto Nacional de Salud. (2011). Perfil de riesgo *Salmonella* spp. (no tifoideas) en pollo entero y en piezas. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/IA/INS/perfil-salmonella-spp.pdf> (Acceso julio 2021).

- Jajere, S. (2019). A Review of *Salmonella enterica* with Particular Focus on The Pathogenicity and Virulence Factors, Host Specificity and Antimicrobial Resistance Including Multidrug Resistance. *Vet World*. 12(4), 504- 521. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2019.504-521>
- Lynne, A., Kaldhone, P., David, D., White, D. & Foley, S. (2009) Characterization of antimicrobial resistancen *Salmonella enterica* serotype *Heidelberg* isolated from food animals. *Foodborne Pathogens and Disease*, 6, 207–208. <https://doi.org/10.1089/fpd.2008.0172>
- Marder, E., Griffin, P., Cieslak, P., Dunn, J., Hurd, S., Jervis, R., Lathrop, S., Muse, A., Ryan, P., Smith, K., Tobin, M., Vugia, D., Holt, K., Wolpert, B., Tauxe, R. & Geissler, A. (2018). Preliminary incidence and trends of infections with pathogens transmitted commonly through food—Foodborne Diseases Active Surveillance Network, 10 U.S. Sites, 2006–2017. *MMWR Morbidity and Mortality Weekly Report*, 67, 324–328. Disponible en: <https://www.cdc.gov/mmwr/volumes/67/wr/mm6711a3.htm> (Acceso julio 2021).
- Mead, P., Slutsker, L., Dietz, V., McCaig, L., Bresee, J., Shapiro, C., Griffin, P. & Tauxe, R. (1999). Food-related illness and death in the United States. *Emerg. Infect. Dis.* 5, 607–625. <https://doi.org/10.3201/eid0505.990502>
- Meerburg, B. & Kijlstra, A. (2007). Role of rodents in transmission of *Salmonella* and *Campylobacter*. *J Sci Food Agric*. 81, 2774–2781. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3004>
- Nichols, M., Gollarza, L., Sockett, D., Aulik, N., Patton, E., Francois, L., Gambino, K., Folster, J., Chen, J., Tagg, K., Stapleton, G., Ellison, Z., Lombard, J., Morningstar, B., Schlater, L., Elbadawi, L. & Klos, R. (2022). Outbreak of Multidrug-Resistant *Salmonella Heidelberg* Infection Linked to Dairy Calf Exposure, United States, 2015–2018. *Foodborne Pathogens and Disease* 19 (3), 199-208. <https://doi.org/10.1089/fpd.2021.0077>
- Nuradin, Y., Lencho, A. & Mohammedkema, M. (2022). Review on public health importance of Salmonellosis of poultry in Ethiopia. *Int. J. Adv. Multidiscip. Res.* 9(6), 78-95. <http://dx.doi.org/10.22192/ijamr.2022.09.06.008>
- O'Bryan, C., Ricke, S. & Marcy, J. (2022). Public Health Impact of *Salmonella* spp. on Raw Poultry: Current Concepts and Future Prospects in The United States. *Food Control*. 132: 108539. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Public-health-impact-of-Salmonella-spp.-on-raw-and-O'Bryan-Ricke/9a0ebb97c78b3fc390e32a2f1d0a732b6ca8cdf4> (Acceso julio 2021).
- Olvera, W. (2022). Caracterización del agente causal de Salmonelosis aviar” mediante revisión bibliográfica. Trabajo de Titulación. Médico Veterinario, Universidad Técnica de Babahoyo. Ecuador. (Acceso julio 2022). Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/11426> (Acceso julio 2021).
- Pires, S. & Hald, T. (2010). Assessing The Differences in Public Health Impact of *Salmonella* Subtypes using a Bayesian Microbial Subtyping Approach for Source Attribution. *Foodborne Pathogens and Disease*. 7(2), 143-151. <https://doi.org/10.1089/fpd.2009.0369>
- Rajagopal, R. & Mini, M. (2013). Outbreaks of salmonellosis in three different poultry farms of Kerala, India. *Asian Pac J Trop Biomed*. 3(6), 496-500. [https://doi.org/10.1016/s2221-1691\(13\)60103-3](https://doi.org/10.1016/s2221-1691(13)60103-3)
- Rivera, S. (2018). *Salmonella pullorum* en aves, el enemigo silencioso. *Redvet*. 19(5), 1-15. Disponible en: https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_aves/enfermedades_aves/135-Salmonella.pdf
- Scallan, E., Hoekstra, R., Angulo, F., Tauxe, R., Widdowson, M., Roy, S. & Griffin, P. (2011). Enfermedades transmitidas por los alimentos adquiridas en los Estados Unidos: principales patógenos. *Enfermedades infecciosas emergentes*, 17 (1), 7-15. <https://doi.org/10.3201/eid1701.p11101>
- Taddele, M., Rathore, R. & Dhama, K. (2012). Antibigram assay of *S. gallinarum* and other *S. enteric* serovars of poultry origin in India. *Asian J Anim Vet Adv*. 7, 309–317. <https://dx.doi.org/10.3923/ajava.2012.309.317>
- Terzolo, H. (2006). *Salmonela*: su impacto en la producción avícola. XI Seminario Internacional Avícola. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/280952610_Salmonela_su_impacto_en_la_produccion_avicola (Acceso julio 2021).
- Tindall, B., Grimont, P., Garrity, G. & Euze, J. (2005). Nomenclature and taxonomy of the genus *Salmonella*, *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 55, 521–524. <https://doi.org/10.1099/ijs.0.63580-0>
- Vijaya, T., Devivaraprasad, A., Karuna, E., Venkata, K., Shali, G. & Reddy, R. (2018). Salmonellosis in Poultry: A Case Report. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(2), 2347-2349. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.702.285>
- Yang, X. & Wu, Q. (2019). Prevalence, Bacterial Load and Antimicrobial Resistance of *Salmonella* Serovars Isolated from Retail Meat and Meat Products in China. *Frontiers in Microbiology*, 10, 2121. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.02121>