



Primer reporte de *Salmonella enterica* subespecie *enterica* serotipo Hayindogo en canales de bovino en México

First report of *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serotype Hayindogo in bovine carcasses in Mexico

Zaydy Suástegui-Urquijo¹, Hugo B. Barrios-García¹, Rigoberto Hernández-Castro², Ana V. Martínez-Vázquez³, Armando Navarro-Ocaña⁴, Juan Xicohtencatl-Cortes⁵, José Vázquez-Villanueva^{1*}

RESUMEN

La salmonelosis representa una de las principales Enfermedades Transmitidas por los Alimentos (ETA), asociada a una variedad de productos. *Salmonella* puede generar patologías agudas en diversas especies animales y el humano. El objetivo del presente estudio fue detectar la presencia de *Salmonella* spp. y la diversidad de serovares de *S. enterica* subespecie *enterica* a partir de canales de bovino para abasto. Durante siete meses se tomaron 94 muestras obtenidas de un rastro Tipo Inspección Federal (TIF) en el noreste de México. De las 94 muestras, seis (6.4%) fueron positivas a *Salmonella* spp. Los aislamientos fueron identificados utilizando el sistema Vitek 2, MALDI-TOF MS, y se confirmaron mediante PCR utilizando el gen *invA*. De los seis aislamientos se identificaron los serotipos *S. Anatum* (33.3%), *S. Cerro* (16.7%), *S. Montevideo* (16.7%) *S. Muenster* (16.7%) y *S. Hayindogo* (16.7%). Sólo se detectó resistencia fenotípica a trimetoprim/sulfametoxazol en la cepa de *S. Muenster*. En México, no se tiene

ABSTRACT

Salmonellosis represents one of the major foodborne illnesses associated with a variety of products. It can cause disease in several animal species including humans. The aim of this study was to detect the presence of *Salmonella* spp. and serovar diversity of *S. enterica* subsp. *enterica* from bovine carcasses after slaughter. During seven months, samples were collected from carcasses at a Federal Inspected Type Abattoir (in Spanish Tipo Inspección Federal, TIF) in northeastern Mexico. Of the 94 samples, 6.4% were positive for *Salmonella* spp. The isolates were identified using the Vitek 2, MALDI-TOF MS system, and confirmed by PCR using *invA* gene. Of the six isolates, the serotypes *S. Anatum* (33.3%), *S. Cerro* (16.7%), *S. Montevideo* (16.7%), *S. Muenster* (16.7%), and *S. Hayindogo* (16.7%) were identified. Phenotypic resistance was only observed to sulfa/trimethoprim in the *S. Muenster* strain. In Mexico, there are no reports of Hayindogo serovar; this could be the first published finding for this *Salmonella* serotype,

Autor para correspondencia: jvazquez@docentes.uat.edu.mx **Fecha de recepción:** 28 de junio de 2023

Fecha de aceptación: 14 de julio de 2023 **Fecha de publicación:** 11 de agosto de 2023

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

²Departamento de Ecología de Agentes Patógenos, Hospital General “Dr. Manuel Gea González”, Ciudad de México, México.

³Centro de Biotecnología Genómica, Instituto Politécnico Nacional, Blvd. del Maestro and Elías Piña, Reynosa 88710, Tamaulipas, México.

⁴Departamento de Salud Pública, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México, Coyoacán, México.

⁵Laboratorio de Bacteriología Intestinal, Unidad de Hemato-Oncología e Investigación, Hospital Infantil de México Dr. Federico Gómez, Cuauhtémoc, México.

reportes del serotipo Hayindogo, por lo que éste sería el primer hallazgo publicado para esta serovariedad de *Salmonella*, y para el serotipo Montevideo sería la primera detección en canales de bovino.

Palabras clave: canales, bovino, *Salmonella*, serotipo, *S. Hayindogo*

and for Montevideo serovar it would be the first detection in bovine carcasses.

Keywords: carcasses, bovine, *Salmonella*, serovar, *S. Hayindogo*

INTRODUCCIÓN

Las Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA) son producidas por microorganismos patógenos. La carne es uno de los productos que con mayor frecuencia está asociada a ETA debido a sus características y propiedades fisicoquímicas naturales; además, contiene nutrientes que son necesarios para que las bacterias se multipliquen y en consecuencia se convierte en un vehículo de transmisión (Carraturo et al., 2016). Entre las principales bacterias patógenas que pueden contaminar la carne de res se encuentran *Campylobacter* spp., *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* productoras de toxinas shiga, y *Salmonella* spp; la mayoría de éstas están frecuentemente involucradas en casos y brotes de ETA (Iglesias et al., 2017; Loiko et al., 2016). La Organización Mundial de la Salud (OMS) publicó una lista de más de 200 patógenos, en donde *Salmonella* está considerada dentro de los principales agentes que se transmiten al humano al contaminar diferentes tipos alimentos y subproductos (Pui et al., 2011; Zaidi et al., 2006).

Salmonella es una bacteria Gram negativa de la familia *Enterobacteriaceae*. De acuerdo con la nomenclatura más reciente aprobada por el Centro para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC, Centers for Disease Control and Prevention), el género *Salmonella* está representado por dos especies *S. bongori* y *S. enterica*, éstas a su vez se subclasifican en subespecies y posteriormente en serotipos. Alrededor del 99% de los serotipos responsables de las infecciones en el hombre se atribuyen a la subespecie *enterica* (Sánchez-Vargas et al., 2011), la cual incluye más de 2,500 serotipos, de los cuales la mayoría reside en el tracto gastrointestinal de numerosas especies de animales domésticos y salvajes, y es el agente causal de la salmonelosis, una enfermedad aguda de distribución mundial que presenta frecuencias variables de serotipos de un país a otro (Bahnass et al., 2015; Nouichi et al., 2018). Se estima que se presentan 93.8 millones de casos de gastroenteritis humana asociada a salmonelosis, la cual es responsable de 155,000 muertes a nivel mundial cada año (WHO, 2015).

La detección de *Salmonella* spp. se realiza por métodos de cultivo bacteriano que implica el crecimiento e identificación por pruebas bioquímicas. Para el aislamiento e identificación se requiere de 3 a 11 días de cultivo, caldos de enriquecimiento selectivo, agaros de cultivo selectivo y pruebas bioquímicas (Gallegos-Robles et al., 2009). Otra alternativa para la detección de *Salmonella* son los métodos moleculares como la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR), que permiten acortar los tiempos de diagnóstico (Can et al., 2014; Karmi, 2013; Lee et al., 2009); uno de los marcadores genéticos más utilizados para la identificación del género *Salmonella* es el gen *invA* (Calayag et al., 2017). La serología es una herramienta indispensable para la completa identificación de los aislamientos (Grimont & Weill, 2007).

La Resistencia a los Antimicrobianos (RAM) es considerada una preocupación mundial emergente y representa una de las mayores amenazas para la salud pública. El riesgo principal podría deberse a la transmisión potencial de bacterias resistentes a los antimicrobianos entre animales y humanos a través de diversas vías (Founou et al., 2016; Roca et al., 2015); situación que ha provocado preocupación generalizada sobre la aparición de resistencia a los “Antimicrobianos de Importancia Crítica, CIA” (del inglés Critically Important Antimicrobials) en bacterias transmitidas por animales, las cuales podrían tener efectos perjudiciales para la salud humana (Economou & Gousia, 2015). La resistencia de *Salmonella* no tifoidea a los CIA es de particular preocupación debido a que el microorganismo se transmite fácilmente a los humanos por el consumo de productos cárnicos poco cocidos (Mukerji et al., 2017).

En México, el Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica, organismo responsable de manejar estadísticas sanitarias, para el año 2018 reportó 5,725,260 casos de enfermedades infecciosas intestinales, donde *Salmonella* se encuentra en los primeros lugares. Sin embargo, en México existe poca información acerca de la presencia o ausencia de este patógeno en animales, así como de los serotipos presentes. El objetivo de este estudio fue determinar la presencia de *Salmonella* spp. en canales de bovino para abasto, sacrificados en un rastro Tipo Inspección Federal (TIF).

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de estudio

El estudio se realizó en un rastro TIF para bovinos, ubicado en el estado de Tamaulipas, al noreste de México, durante un período de siete meses (abril-octubre-2011).

Muestreo

Un total de 94 canales fueron analizadas, tres muestreos por mes, con una media de 13 canales mensuales, seleccionadas al azar. La toma y manejo de muestras se realizó conforme a la NOM-109-SSA1-1994 y al Programa de Reducción de Patógenos para rastros TIF (SENASICA, 2010). Antes del muestreo, las canales permanecieron entre 12 y 18 h a 4 °C después del sacrificio. Para la toma de muestras se utilizaron esponjas estériles húmedas con agua peptonada tamponada; se tomó muestra de tres sitios de la canal (pecho, falda y región perianal) y se abarcó una superficie de 100 cm² en cada punto; después las esponjas se colocaron en bolsas de plástico estériles (Speci-Sponge®, Nasco Whirl-Pak) que contenían 25 mL de solución salina tamponada con fosfatos (PBS, Phosphate-Buffered Saline). Las muestras se mantuvieron refrigeradas (4 °C) hasta su proceso bacteriológico, por un máximo de 4 h.

Aislamiento e identificación de *Salmonella* spp.

El aislamiento de *Salmonella* spp., se realizó con base a la NOM-114-SSA1-1994. De la suspensión (esponja-agua peptonada) se tomaron 10 mL para una etapa de pre-enriquecimiento en caldo lactosado (BD Bioxon, Cat. 211700) y se incubó a 37 °C por 24 h; transcurrido el tiempo se transfirió un mililitro a caldo tetrionato (BD Bioxon, Cat. 211686) y caldo selenito-cistina (Difco, Cat. 227540), y se incubaron a 35 °C por 24 h. De cada tubo se sembró en agar xilosa lisina desoxicolato (Difco, Cat. 278850), agar sulfito bismuto (Difco, Cat. 273300) y agar *Shigela-Salmonella* (Difco, Cat. 274500) y se incubaron a 35 °C por 24 h. Las colonias que presentaron crecimiento característico de *Salmonella* se aislaron en agar soya tripticaseína (Difco, Cat. 236950). Para la identificación se realizaron pruebas bioquímicas en agar hierro y triple azúcar (Difco, Cat. 226540), agar hierro y lisina (Difco, Cat.284920), prueba de urea, agar citrato de Simmons, sulfuro indol movilidad,

rojo de metilo y Voges Proskauer y caldo malonato. Para conformar la identificación bacteriana, se realizaron pruebas de espectrometría de masas utilizando el sistema Vitek 2 y MALDI-TOF MS (Vitek-MS) (Singhal et al., 2015).

Identificación molecular

Para la extracción del ADN, los aislados fueron sembrados en agar sangre (5% sangre de oveja) e incubados a 37 °C/24 h en aerobiosis. Posteriormente el cultivo fue colocado en 200 µL de agua estéril y sometido a ebullición por 15 min, después se centrifugó por 5 min a 11,015 g, finalmente 10 µL del sobrenadante fue tomado como template para los ensayos de amplificación. La identificación molecular fue realizada mediante PCR, se utilizaron los iniciadores (5'-GCTGCGCGC-GAACGGCGAAG-3') y (5'-TCCCCGGCAGAGTTCCCATT-3') para amplificar una fracción de 254 pb del gen *invA* (Malorny et al., 2003; Rahn et al., 1992). La mezcla de reacción de PCR se llevó a cabo en un volumen total de 25 µL, que contenía 1 µL de ADN molde, 5 µL de buffer 1x, 2.5 µL de MgCl₂ 25 mM, 0.5 µL de dNTP 10 mM, 0.5 µL de cebadores, 0.25 µL 5U/µL de Taq ADN polimerasa y 15 µL de agua libre de nucleasas. El protocolo de amplificación consistió en una desnaturalización inicial de 94 °C/5 min, seguido por 30 ciclos a 94 °C/30 s, 67 °C/30 s, 72 °C/45 s y una extensión final de 72 °C/5 min. Los productos de PCR fueron visualizados en gel de agarosa al 1.5%, teñidos con bromuro de etidio (Invitrogen, Carlsbad, CA, USA).

Identificación serológica

La serotipificación se realizó mediante el esquema de Kauffmann-White (Grimont & Weill, 2007; Poppoff & Le Minor, 2015). El antígeno somático (O) se determinó mediante un antígeno O polivalente para los serogrupos A, B, C, D, E, F y G, y un antígeno O monovalente para los serogrupos específicos A, C, D, E y F. Los antígenos flagelares (H), fase 1 y fase 2, se determinaron mediante el método Spicer-Edwards, se utilizaron antisueros monovalentes para los serogrupos específicos A, B, C, D, E y F. La combinación de serogrupo somático y antígenos flagelares de fase 1 y fase 2 identifican el serotipo de *Salmonella*.

Pruebas de susceptibilidad a antimicrobianos

La susceptibilidad antimicrobiana se realizó mediante el sistema Vitek 2 (bioMérieux), se utilizaron puntos de corte de concentración mínima estandarizados, de acuerdo con las recomendaciones del Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI, 2015). Se probaron 16 agentes antimicrobianos: ampicilina (AM), ampicilina/sulbactam (A/S), amoxicilina/ácido clavulánico (AUG), aztreonam (AZT), cefotaxima (CAX), cefazolina (CAZ), cefepima (CFT), ciprofloxacino (CP), ceftriaxona (CPE), gatifloxacina (GAT), imipenem (IMP), levofloxacina (LVX), piperacilina/tazobactam (P/T), piperacilina (PI), trimetoprim/sulfametoxazol (T/S) y ticarcilina/ácido clavulánico (TIM). Se utilizó la cepa *Escherichia coli* ATCC 25922 como control para la prueba de susceptibilidad.

RESULTADOS

En un período de siete meses se analizaron 94 canales de bovino. Se aislaron seis cepas de *Salmonella* spp. en seis de las 94 canales, lo que representa un 6.4%. Cronológicamente los aislamientos se encontraron de la siguiente manera: uno en mayo, dos en agosto y tres en septiembre (Tabla 1). Las seis cepas fueron identificadas bioquímicamente como *Salmonella* spp., posteriormente fueron confirmadas por PCR punto final utilizando el gen *invA* (Tabla 1). Por pruebas serológicas se determinó que los seis aislados de *Salmonella* corresponde a los serotipos Muenster (33.3%), Anatum (16.7%), Cerro (16.7%), Montevideo (16.7%) y Hayindogo (16.7%).

■ Tabla 1. Serotipos de *Salmonella enterica* detectados en canales de bovino.

Meses de estudio	Canales analizadas	No. aislados	PCR	Serotipo
Abril	10	0		
Mayo	16	1	Positivo	Montevideo
Junio	12	1	Positivo	Hayindogo
Julio	12	0		
Agosto	12	2	Positivo	Muenster (2)
Septiembre	16	2	Positivo	Anatum y Cerro
Octubre	16	0		
Total	94	6		

La mayoría de las cepas (4/6, 66.7%) mostraron patrones de sensibilidad a todos los antimicrobianos analizados (AM, A/S, AUG, AZT, CAX, CAZ, CFT, CP, CPE, GAT, IMP, LVX, P/T, PI, T/S y TIM), excepto los aislados de *S. Muenster* (2/6) que fueron resistentes a trimetoprim/sulfametoxazol (≥ 320 mg/mL). Ninguna de las seis cepas analizadas mostró multirresistencia.

DISCUSIÓN

La carne de res que se consume en México proviene de dos tipos de mataderos, los TIF y municipales; los primeros operan bajo condiciones sanitarias que garantizan la inocuidad de los productos obtenidos y facilitan la comercialización tanto en el mercado nacional como internacional; no así en los municipales, que son menos rigurosos y están dirigidos para atender la demanda del comercio local y regional. La adquisición de carne por tipo de unidad de sacrificio dependerá de las condiciones geográficas y/o socioeconómicas de los consumidores (Garza-García et al., 2020).

En México, la Norma Oficial Mexicana (NOM-114-SSA1-1994) regula la detección de *Salmonella* spp. en alimentos en general y determina que debe estar ausente en 25 g de muestra. Para el caso de canales de bovino, los lineamientos de SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria) descritos en el Programa de Reducción de Patógenos para establecimientos TIF, autorizados para la exportación de carne y productos cárnicos hacia los Estados Unidos de América (USA, United States of America), permite una muestra positiva anual a *Salmonella* spp. por cada 82 muestras de canales analizadas durante un año. Esta baja frecuencia de muestras positivas permite la exportación de carne y otros productos hacia USA. Sin embargo, a pesar del programa permanente para la detección de este patógeno en los mataderos, se ha reportado la presencia de *Salmonella* y otros microorganismos (Garza-García et al., 2020; Narvaez-Bravo et al., 2013; Perez-Montaño et al., 2012).

En el presente estudio, *Salmonella* spp. fue identificada en el 6.4% de las muestras de canales de bovino analizadas; porcentaje similar a lo reportado por Narvaez-Bravo et al. (2013), con un 6% de aislamientos en canales de un matadero TIF. Respecto a otros estudios en México, la frecuencia de muestras positivas en este estudio fue menor que lo reportado por Hernández et al. (2007), trabajo en el que evaluaron el proceso de sacrificio en un rastro municipal en el Estado de Hidalgo, México, encontrando 11% de este agente; otro estudio similar en el estado de Jalisco, México, por Perez-Montaño et al. (2012) reportaron 15.4% de muestras positivas a *Salmonella* spp., realizado en cuatro mataderos municipales. Por otro lado, Garza-García et al. (2020) reportaron un 3% de muestras positivas a *Salmonella enterica* en un estudio realizado en canales de bovino en un rastro TIF en Mexicali, Baja California, México, valor menor a lo encontrado en este estudio. En países

desarrollados, el proceso de sacrificio y faenado son estrictos, por lo que la presencia de *Salmonella* suele ser baja. Estudios en Canadá (Corantin et al., 2005) y USA (Abley et al., 2012) reportaron tasas del 0% de *Salmonella*. Otro estudio en Canadá informó una prevalencia del 0.1% (Bohaychuk et al., 2011). Sin embargo, cuando existen fallos en el proceso de matanza, se pueden encontrar valores altos de *Salmonella*, como lo han reportado Schmidt et al. (2012) con un 16.5% en USA. En estudios similares, Tadesse y Tessena (2014), reportaron una prevalencia de 7.1%, valores parecidos a los detectados en este estudio.

De acuerdo con el Servicio de Inspección y Seguridad Alimentaria de Estados Unidos de América (Department of Food Safety and Inspection Service, FSIS-USDA, 2012), los 10 serotipos de *Salmonella* que más se aislaron de carne y productos avícolas en USA entre 1998 y 2012 fueron Kentucky, Enteritidis, Typhimurium, Heidelberg, Montevideo, Schwarzengrund, Hadar, Infantidis, Thompson y Dublín. Sin embargo, en el presente estudio, los aislamientos de *Salmonella* en canales de bovino mostraron cinco serotipos: Anatum, Cerro, Hyindogo, Montevideo y Muenster. En comparación con los estudios del FSIS, el único serotipo que coincide con nuestro estudio es Montevideo.

Salmonella serotipo Anatum se ha encontrado en diversos productos alimenticios y en diferentes partes del mundo, Van et al. (2007) lo reportaron en carne de cerdo, pollo, pescado y res; Ebuchi et al. (2006) lo reportaron en dos brotes asociados a la mezcla de carnes a la parrilla mal cocidas (res, pollo y pescado); Van Kessel et al. (2011) lo detectaron en leche cruda en USA, incluyendo el serotipo Cerro. En México, *S. Anatum* fue reportado por Paniagua et al. (2007) asociado con diarreas en niños de la Ciudad de México; Torres-Vitela et al. (2012) lo detectaron en quesos; Quiroz-Santiago et al. (2009) en perejil, cilantro, coliflor, lechuga y espinacas; en el estado de Tamaulipas, Charles-Hernández et al. (2007) lo asociaron con alimentos poco cocinados, lo que coincide con nuestros resultados.

Salmonella serotipo Cerro encontrado en este estudio, también fue identificado por Zaidi et al. (2006) en carne de res de venta al menudeo en el estado de Yucatán, México. En el caso de *S. Montevideo*, Domínguez et al. (2009) lo asociaron a diversos brotes por el consumo de quesos elaborados con leche de vaca; y Gaffga et al. (2012) en aves de corral; también detectado en canales de pollo (Berrang et al. 2009; Lestari et al., 2009). En otro estudio, se detectaron los serotipos Montevideo, Worthington y Muenster en alimentos deshidratados para perros (Selmi et al., 2011). El serotipo Muenster también fue detectado en quesos de cabra (van Cauwenbergh et al., 2009) y en leche cruda (Van Kessel et al., 2011).

En México, el serotipo Montevideo fue reportado en quesos (Torres-Vitela et al., 2012), y en tomates hidropónicos (Orozco et al., 2008). Hasta donde sabemos, este es el primer caso identificado del aislamiento de *Salmonella* serotipo Montevideo en canales de bovino.

Finalmente, *Salmonella* serotipo Hayindogo ha sido aislado de infecciones intestinales en caballos (Van Rensburg et al., 1995), detectado en aves de corral (Kidanimariam et al., 2010) y reportado en tres casos en humanos (FSIS-USDA, 2012). En el presente estudio, *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serotipo Hayindogo fue detectado en una canal de bovino para abasto, por lo que este sería el primer hallazgo reportado para ese serotipo en México.

CONCLUSIONES

En conclusión, en el presente estudio la prevalencia de *Salmonella* spp. fue del 6.4%, se identificaron cinco serotipos de *Salmonella enterica* subsp. *enterica* (Muenster, Anatum, Cerro, Montevideo y Ha-

yindogo). La identificación del serotipo Montevideo sería la primera detección en canales de bovino, y para Hayindogo este podría ser el primer hallazgo publicado para este serotipo en México.

REFERENCIAS

- Abley, M. J., Wittum, T. E., Zerby, H. N., & Funk, J. A. (2012). Quantification of *Campylobacter* and *Salmonella* in cattle before, during, and after the slaughter process. *Foodborne Pathogens and Disease*, 9(2), 113-119. <https://doi.org/10.1089/fpd.2011.0931>
- Bahnass, M. M., Fathy, A. M., & Alamin, M. A. (2015). Identification of human and animal *Salmonella* spp. isolates in Najran region and control of it. *International Journal of Advanced Research*, 3(1), 1014-1022. https://www.journalijar.com/uploads/833_IJAR-4895.pdf
- Berrang, M. E., Bailey, J. S., Altekruise, S. F., Shaw, W. K., Patel, B. L., Meinersmann, R. J., & Fedorka-Cray, P. J. (2009). Prevalence, serotype, and antimicrobial resistance of *Salmonella* on broiler carcasses postpick and postchill in 20 U.S. processing plants. *Journal of Food Protection*, 72(8), 1610-1615. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-72.8.1610>
- Bohaychuk, V. M., Gensler, G. E., & Barrios, P. R. (2011). Microbiological baseline study of beef and pork carcasses from provincially inspected abattoirs in Alberta, Canada. *The Canadian Veterinary Journal*, 52(10), 1095-1100. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22467964/>
- Calayag, A. M. B., Paclibare, P. A. P., Santos, D. M., Bautista, C. A. C., & Rivera, W. L. (2017). Molecular characterization and antimicrobial resistance of *Salmonella enterica* from swine slaughtered in two different types of Philippine abattoir. *Food Microbiology*, 65, 51-56. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2017.01.016>
- Can, H. Y., Elmali, M., Karagöz, A., & Öner, S. (2014). Detection of *Salmonella* spp., *Salmonella* Enteritidis, *Salmonella* Typhi and *Salmonella* Typhimurium in cream cakes by polymerase chain reaction (PCR). *Medycyna Weterynaryjna*, 70(11), 689-692. <http://www.medycynawet.edu.pl/images/stories/pdf/pdf2014/112014/201411689692.pdf>
- Carraturo, F., Gargiulo, G., Giorgio, A., Aliberti, F., & Guida, M. (2016). Prevalence, distribution, and diversity of *Salmonella* spp. in meat samples collected from Italian slaughterhouses. *Journal of Food Science*, 81(10): M2545-M2551. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13430>
- Charles-Hernández, G. L., Medina-Solís, C. E., & Hernández-Romano, J. (2007). Prevalencia de *Salmonella* sp en alimentos en el Estado de Tamaulipas durante el año 2005. *Revista de Investigación Clínica*, 59(6), 437-443. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=40792>
- CLSI. (enero, 2015). *Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing; Twenty-Fifth Informational 376 Supplement M100-S25*. Clinical and Laboratory Standards Institute. Recuperado el 21 de mayo del 2023 de https://clsi.org/media/3481/m100ed30_sample.pdf
- Corantin, H., Quessy, S., Gauche, M. L., Lessard, L., Leblanc, D., & Houde, A. (2005). Effectiveness of steam pasteurization in controlling microbiological hazards of cull cow carcasses in a commercial plant. *Canadian Journal of Veterinary Research*, 69(3), 200-207. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16187550/>
- Dominguez, M., Jourdan-Da Silva, N., Vaillant, V., Pihier, N., Kermin, C., Weill, F.X., Delmas, G., Kerouanton, A., Brisabois, A., & de Valk, H. (2009). Outbreak of *Salmonella enterica* serotype Montevideo infections in France linked to consumption of cheese made from raw milk. *Foodborne Pathogens and Disease*, 6(1), 121-128. <https://doi.org/10.1089/fpd.2008.0086>
- Ebuchi, S., Baba, A., Uryu, K., & Hiwaki, H. (2006). Two outbreaks caused by *Salmonella* Derby and S.

- Anatum at grilled-meat restaurants in Fukuoka city. *Japanese Journal of Infectious Diseases*, 59(6), 405-406. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17186965/>
- Economou, V., & Gousia, P. (2015). Agriculture and food animals as a source of antimicrobial-resistant bacteria. Infection and drug resistance. *Infection and Drug Resistance*, 8, 49-61. <https://doi.org/10.2147/IDR.S55778>
- Founou, L. L., Founou, R. C., & Essack, S. Y. (2016). Antibiotic resistance in the food chain: a developing country-perspective. *Frontiers in Microbiology*, 7, 1881. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01881>
- FSIS-USDA. (enero 2012). *Serotypes Profile of Salmonella Isolates from Meat and Poultry Products 1998 through December 2012*. Department of Food Safety and Inspection Service, United States Department of Agriculture. Recuperado el 9 de junio del 2023 de https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/2020-10/Salmonella-Serotype-Annual-2014.pdf
- Gaffga, N. H., Barton, B. C., Etestad, P. J., Smelser, C. B., Rhorer, A. R., Cronquist, A. B., Comstock, N. A., Bidol, S. A., Patel, N. J., Gerner-Smidt, P., Keene, W. E., Gomez, T. M., Hopkins, B. A., Sotir, M. J., & Angulo, F. J. (2012). Outbreak of salmonellosis linked to live poultry from a mail-order hatchery. *The New England Journal of Medicine*, 366(22), 2065-2073. <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/nejmoa1111818>
- Gallegos-Robles, M. A., Morales-Loredo, A., Álvarez-Ojeda, G., Osuna-García, J. A., Martínez, I. O., & Morales-Ramos. (2009). PCR Detection and Microbiological Isolation of *Salmonella* spp. from Fresh Beef and Cantaloupes. *Journal of Food Science*, 74(1), M37-M40. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.01006.x>
- Garza-García, J. A. D. L., Rubio-Lozano, M. S., Wachter-Rodarte, M. D. C., Navarro-Ocaña, A., Hernandez-Castro, R., Xicohtencatl-Cortes, J., & Delgado Suarez, E. J. (2020). Frequency of contamination and serovars of *Salmonella enterica* and *Escherichia coli* in an integrated cattle slaughtering and deboning operation. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 11(4), 971-990. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i4.5111>
- Grimont, P. A. D., & Weill, F. (enero, 2007). *Antigenic formulae of the Salmonella serovars*. WHO Collaborating Centre for Reference and Research on *Salmonella*, Institut Pasteur. https://www.pasteur.fr/sites/default/files/veng_0.pdf
- Hernández, S. J. S., Zúñiga-Estrada, A., Sánchez-Ortega, I., Castro-Rosas, J., Román-Gutiérrez, A. D., & Santos-López, E. M. (2007). Condiciones microbiológicas en el proceso de sacrificio en un rastro municipal del estado de Hidalgo, México. *Veterinaria México*, 38(2), 187-195. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42338205>
- Iglesias, M. A., Kroning, I. S., Decol, L. T., de Melo-Franco, B. D. G., & Da-Silva, W. P. (2017). Occurrence and phenotypic and molecular characterization of *L. monocytogenes* and *Salmonella* spp. in slaughterhouses in southern Brazil. *Food Research International*, 100, 96-101. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.06.023>
- Karmi, M. (2013). Detection of virulence gene (*invA*) in *Salmonella* isolated from meat and poultry products. *International Journal of Genetics*, 3(2), 07-12. [https://idosi.org/ijg/3\(2\)13/1.pdf](https://idosi.org/ijg/3(2)13/1.pdf)
- Kidanemariam, A., Engelbrecht, M., & Picard, J. (2010). Retrospective study on the incidence of *Salmonella* isolations in animals in South Africa, 1996 to 2006. *Journal of the South African Veterinary Association*, 81(1), 37-44. <https://doi.org/10.4102/jsava.v81i1.94>
- Lee, S. H., Jung, B. Y., Rayamahji, N., Lee, H. S., Jeon, W. J., Choi, K. S., Kweon, C. H., & Yoo, H. S. (2009). A multiplex real-time PCR for differential detection and quantification of *Salmonella* spp., *Salmonella enterica* serovar Typhimurium and Enteritidis in meats. *Journal of Veterinary Science*, 10(1), 43-51. <https://doi.org/10.4142/jvs.2009.10.1.43>
- Lestari, S.I., Han, F., Wang, F., & Ge, B. (2009). Prevalence and antimicrobial resistance of *Salmonella*

- serovars in conventional and organic chickens from Louisiana retail stores. *Journal of Food Protection*, 72(6), 1165-1172. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-72.6.1165>
- Loiko, M. R., De-Paula, C. M. D., Langone, A. C. J., Rodrigues, R. Q., Cibulski, S., Rodrigues, R. O., Camargo, A. C., Nero, L. A., Mayer, F. Q., & Tondo, E. C. (2016). Genotypic and antimicrobial characterization of pathogenic bacteria at different stages of cattle slaughtering in southern Brazil. *Meat Science*, 116, 193-200. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.01.010>
- Malorny, B., Hoorfar, J., Bunge, C., & Helmuth, R. (2003). Multicenter validation of the analytical accuracy of *Salmonella* PCR: towards an international standard. *Applied and Environmental Microbiology*, 69(1), 290-296. <https://doi.org/10.1128/AEM.69.1.290-296.2003>
- Mukerji, S., O'Dea, M., Barton, M., Kirkwood, R., Lee, T., & Abraham, S. (2017). Development and transmission of antimicrobial resistance among Gram-negative bacteria in animals and their public health impact. *Essays in Biochemistry*, 61, 23-35. <https://doi.org/10.1042/EBC20160055>
- Narvaez-Bravo, C., Miller, M. F., Jackson, T., Jackson, S., Rodas-Gonzalez, A., Pond, K., Echeverry, A., & Brashears, M. M. (2013). *Salmonella* and *Escherichia coli* O157:H7 Prevalence in cattle and on carcasses in a vertically integrated feedlot and harvest plant in Mexico. *Journal of Food Protection*, 76(5), 786-795. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-12-079>
- NOM-109-SSA1-1994. (4 de noviembre, 1994). Secretaría de Salud. *Norma Oficial Mexicana NOM-109-SSA1-1994, bienes y servicios. Procedimientos para la toma, manejo y transporte de muestras de alimentos para su análisis microbiológico*. Diario Oficial de la Federación. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4881801&fecha=21/09/1995#gsc.tab=0
- NOM-114-SSA1-1994. (15 de agosto, 1994). Secretaría de Salud. *Norma Oficial Mexicana NOM-114-SSA1-1994, bienes y servicios. Método para la determinación de Salmonella en alimentos*. Diario Oficial de la Federación. http://diariooficial.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4874305&fecha=23/05/1995#gsc.tab=0
- Nouichi, S., Ouattouat, R., Can, H., Mezali, L., Belkader, C., Ouar-Korichi, M., & Hamdi, T. (2018). Prevalence and antimicrobial resistance of *Salmonella* isolated from bovine and ovine samples in slaughterhouses of Algiers, Algeria. *The Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 69(1), 863-872. <https://doi.org/10.12681/jhvms.16441>
- Orozco, L., Rico-Romero, L., & Escartín, E. F. (2008). Microbiological profile of greenhouses in a farm producing hydroponic tomatoes. *Journal of Food Protection*, 71(1), 60-65. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-71.1.60>
- Paniagua, G. L., Monroy, E., García-González, O., Alonso, J., Negrete, E., & Vaca, S. (2007). Two or more enteropathogens are associated with diarrhoea in Mexican children. *Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials*, 6, 17. <https://doi.org/10.1186/1476-0711-6-17>
- Perez-Montaño, J. A., Gonzalez-Aguilar, D., Barba, J., Pacheco-Gallard, C., Campos-Bravo, C. A., Garcia, S., Heredia, N. L., & Cabrera-Diaz, E. (2012). Frequency and antimicrobial resistance of *Salmonella* serotypes on beef carcasses at small abattoirs in Jalisco State, Mexico. *Journal of Food Protection*, 75(5), 867-873. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-11-423>
- Popoff, M. Y., & Le, Minor E. (2015). *Salmonella*. In: Whitman W B, editor, *Bergey's Manual of Systematics of Archaea and Bacteria*. https://www.bergeys.org/instructions-for-authors/BMSAB_contributor_guidelines_1.12.pdf
- Pui, C. F., Wong, W. C., Chai, L. C., Tunung, R., Jeyaletchumi, P., Noor Hidayah, M. S., Ubong, A., Farinazleen, M. G., Cheah, Y. K., & Son, R. H. (2011). *Salmonella*: A foodborne pathogen. *International Food Research Journal*, 8(2), 465-473. [http://www.ifrj.upm.edu.my/18%20\(02\)%202011/\(1\)%20IFRJ-2010-306.pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/18%20(02)%202011/(1)%20IFRJ-2010-306.pdf)
- Quiroz-Santiago, C., Rodas-Suárez, O. R., Carlos, R. V., Fernández, F.J., Quiñones-Ramírez, E. I., & Vázquez-Salinas, C. (2009). Prevalence of *Salmonella* in vegetables from Mexico. *Journal*

- of *Food Protection*, 72(6), 1279-1282. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-72.6.1279>
- Rahn, K., De Gradis, S. A., Clarke, R. C., McEwen, S. A., Galan, J. E., & Ginocchio, C. (1992). Amplification of an *invA* gene sequence of *Salmonella typhimurium* by polymerase chain reaction as a specific method of detection of *Salmonella*. *Molecular and Cellular Probes*, 6(4), 271-279. [https://doi.org/10.1016/0890-8508\(92\)90002-F](https://doi.org/10.1016/0890-8508(92)90002-F)
- Roca, I., Akova, M., Baquero, F., Carlet, J., Cavaleri, M., Coenen, S., Cohen, J., Findlay, D., Gyssens, I., Heuer, O. E., Kahlmeter, G., Kruse, H., Laxminarayan, R., Liébana, E., López-Cerero, L., MacGowan, A., Martins, M., Rodríguez-Baño, J., Rolain, J. M., Segovia, C., Sigauque, B., Tacconelli, E., Wellington, E., & Vila, J. (2015). The global threat of antimicrobial resistance: science for intervention. *New Microbes and New Infections*, 16(6), 22-29. <https://doi.org/10.1016/j.nmni.2015.02.007>
- Sánchez-Vargas, F. M., Abu-El-Haiba, M. A., & Gómez-Duarte, O. G. (2011). *Salmonella* infections: An update on epidemiology, management, and prevention. *Travel Medicine and Infectious Disease*, 9(6), 263-277. <https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2011.11.001>
- Schmidt, J. W., Arthur, T. M., Bosilevac, J. M., Kalchayanand, N., & Wheeler, T. L. (2012). Detection of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enterica* in air and droplets at three U.S. commercial beef processing plants. *Journal of Food Protection*, 75(12), 2213-2218. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-12-206>
- Selmi, M., Stefanelli, S., Bilei, S., Tolli, R., Bertolotti, L., Marconi, P., Giurlani, S., De Lucia, P. G., Ruggeri, G., & Pagani, A. (2011). Contaminated commercial dehydrated food as source of multiple *Salmonella* serotypes outbreak in a municipal kennel in Tuscany. *Veterinaria Italiana*, 47(2), 183-190. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21706471/>
- SENASICA. (enero, 2010). *Programa de Reducción de Patógenos*. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, Dirección de Establecimientos Tipo Inspección Federal. Recuperado el 12 de abril del 2021 de <https://www.gob.mx/senasica/documentos/programa-de-reduccion-de-patogenos?state=published>
- Singhal, N., Kumar, M., Kanaujia, P. K., & Viridi, J. S. (2015). MALDI-TOF mass spectrometry: an emerging technology for microbial identification and diagnosis. *Frontiers in Microbiology*, 5(6), 791. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00791>
- Tadesse, G., & Tessema, T. S. (2014). A met-analysis of the prevalence of *Salmonella* in food animals in Ethiopia. *BioMed Central Microbiology*, 14(1), 270. <https://doi.org/10.1186/s12866-014-0270-y>
- Torres-Vitela, M. R., Mendoza-Bernard, M., Castro-Rosas, J., Gomez-Aldapa, C. A., Garay-Martinez, L. E., & Navarro-Hidalgo, V. (2012). Incidence of *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7, and Staphylococcal enterotoxin in two types of Mexican fresh cheeses. *Journal of Food Protection*, 75(1), 79-84. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-11-258>
- van Cauteren, D., Jourdan-da Silva, N., Weill, F. X., King, L., Brisabois, A., & Delmas, G. (2009). Out break of *Salmonella enterica* serotype Muenster infections associated with goat's cheese, France, March 2008. *Euro Surveillance*, 14(31), 1-3. <https://doi.org/10.2807/ese.14.31.19290-en>
- Van Kessel, J. A. S., Karns, J. S., Lombard, J. E., & Koprak, C. A. J. (2011). Prevalence of *Salmonella enterica*, *Listeria monocytogenes*, and *Escherichia coli* virulence factors in bulk tank milk and in-line filters from U.S. dairies. *Journal of Food Protection*, 74(5), 759-768. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-10-423>
- Van Rensburg, I. B., Jardine, J. E., Carstens, J. H., & van der Walt, M. L. (1995). The prevalence of intestinal *Salmonella* infection in horses submitted for necropsy. *The Onderstepoort Journal of Veterinary Research*, 62(1), 65-67. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8539039/>
- Van, T. T., Moutafis, G., Istivan, T., Tran, L. T., & Coloe, P. J. (2007). Detection of *Salmonella* spp. in retail raw food samples from Vietnam and characterization of their antibiotic resistance.

Applied and Environmental Microbiology, 73(21), 6885-6890. <https://doi.org/10.1128/AEM.00972-07>

WHO. (febrero, 2015). *Salmonella health topic*. World Health Organization. Recuperado el 27 de octubre 2021 de <http://www.who.int/topics/salmonella/en/index.html>

Zaidi, M. B., McDermott, P. F., Fedorka-Cray, P., Leon, V., Canche, C., Hubert, S. K., Abbott, J., León, M., Zhao, S., Headrick, M., & Tollefson, L. (2006). Nontyphoidal *Salmonella* from human clinical cases, asymptomatic children, and raw retail meats in Yucatan, Mexico. *Clinical Infectious Diseases*, 42(1), 21-28. <https://doi.org/10.1086/498508>