

# *Salmonella* sp., *Campylobacter* sp., *Escherichia coli*. en el sector avícola, bacterias que ponen en riesgo la seguridad alimentaria

*Salmonella* sp., *Campylobacter* sp., *Escherichia coli*. in the poultry sector, bacteria that represent a food security risk.

*Salmonella* sp., *Campylobacter* sp., *Escherichia coli*. no setor avícola, bactérias que representam um risco para a segurança alimentar

Tannia Julied Guzmán-Sánchez<sub>1</sub>  
Sergio Andrés Ferro-Villamizaro<sub>1</sub>  
Carlos Andrés Díaz -Gélvez<sub>1</sub>  
Miguel Ángel Bernal-Pérez<sub>1</sub>  
Daniel Leonardo Cala-Delgado<sub>2</sub>

**Recibido:** 22 de marzo de 2022

**Aprobado:** 11 de mayo de 2022

**Publicado:** 16 de julio de 2022

#### Cómo citar este artículo:

Guzmán-Sánchez T.J., Ferro-Villamizaro S.A., Díaz-Gelvez C.A., Bernal-Pérez M.A., Cala-Delgado D.L. *Salmonella* sp., *Campylobacter* sp., *Escherichia coli*. en el sector avícola, bacterias que ponen en riesgo la seguridad alimentaria. *Spei Domus*. 2022;18(1): 1-34. doi: <https://doi.org/10.16925/2382-4247.2022.02.05>

---

Artículo de revisión. <https://doi.org/10.16925/2382-4247.2022.02.05>

<sup>1</sup> Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Cooperativa de Colombia, Sede Bucaramanga.

<sup>2</sup> Grupo de Investigación en Ciencias Animales de la Universidad Cooperativa de Colombia, Bucaramanga.



## Resumen

**Tema y alcance:** la seguridad alimentaria se puede ver afectada por la presencia de contaminantes en los productos agrícolas y pecuarios usados para el consumo humano, los factores externos ponen en riesgo la inocuidad de los alimentos cárnicos avícolas; las bacterias son un ejemplo de agentes peligrosos, ya que, cuando estas inoculan los productos alimenticios se pueden presentar brotes de enfermedades. Por lo tanto, los estudios que investigan los microorganismos que causan contaminación a los alimentos son de suma importancia, debido a que aportan resultados para mitigar y controlar enfermedades digestivas principalmente.

**Características:** se realizó una revisión literaria de artículos científicos, con el interés de recopilar información pertinente y enfocada en los productos avícolas, agentes externos, brotes relacionados por consumo de pollo y estrategias actuales más comunes que reducen infecciones a la población.

**Hallazgos:** se observa un crecimiento en el consumo de productos avícolas a nivel mundial, por lo tanto, surge la necesidad de identificar y controlar los posibles puntos de contaminación en los diferentes procesos de la cadena avícola. Los síntomas de enfermedades transmitidas por productos alimenticios originados de la avicultura son similares, vómito, diarrea y dolor abdominal son algunos ejemplos y se presentan independientemente de la fuente de contaminación bacteriana. *Salmonella* sp., *Campylobacter* sp., *Escherichia coli* ponen en riesgo a la población y se evidencia en brotes a nivel mundial; para evitar la presencia de bacterias, diferentes investigaciones reportan la eficiencia del uso de antibióticos, prebióticos y probióticos.

**Conclusión:** a pesar de los avances en la investigación de los patógenos y mejoramientos del proceso en las diferentes etapas de producción, aún persisten infecciones referentes al consumo de carne de pollo.

**Palabras claves:** salud pública, inocuidad, avicultura, bacterias, consumo.

## Abstract

**Subject and scope:** Food safety can be affected by the presence of contaminants in agricultural and livestock products used for human consumption. External factors put the safety of poultry meat foods at risk; bacteria are an example of dangerous agents, and when they inoculate food products, disease outbreaks can occur. Therefore, studies that investigate the microorganisms that cause food contamination are of utmost importance, since they provide results to mitigate and control digestive diseases mainly.

**Characteristics:** A literature review of scientific articles was carried out in order to compile pertinent information focused on poultry products, external agents, outbreaks related to chicken consumption and the most common current strategies to reduce infections in the population.

**Findings:** There is an increase in the consumption of poultry products worldwide, therefore, there is a need to identify and control the possible points of contamination in the different processes of the poultry chain. The symptoms of diseases transmitted by food products originating from poultry farming are similar, vomiting, diarrhea and abdominal pain are some examples and occur regardless of the source of bacterial contamination. *Salmonella* sp., *Campylobacter* sp., *Escherichia coli* put the population at risk and are evidenced in outbreaks worldwide, to avoid the presence of bacteria, several researches report the efficiency of the use of antibiotics, prebiotics and probiotics.

**Conclusion:** in spite of the advances in the investigation of pathogens and improvements in the process in the different stages of production, there are still infections related to the consumption of chicken meat.

**Keywords:** Public health, safety, poultry, bacterium, consumption.

## Resumo

**Tema e escopo:** a segurança alimentar pode ser afetada pela presença de contaminantes em produtos agropecuários utilizados para consumo humano, fatores externos colocam em risco a segurança dos alimentos à

base de carne de aves; As bactérias são um exemplo de agentes perigosos, pois quando inoculam produtos alimentícios, podem ocorrer surtos de doenças. Portanto, os estudos que investigam os microrganismos causadores da contaminação dos alimentos são de extrema importância, pois fornecem resultados para mitigar e controlar principalmente as doenças digestivas.

*Características:* foi realizada uma revisão literária de artigos científicos, com o interesse de coletar informações pertinentes focadas em produtos avícolas, agentes externos, surtos relacionados ao consumo de frango e as estratégias atuais mais comuns que reduzem infecções na população.

*Resultados:* há um crescimento no consumo de produtos avícolas em todo o mundo, portanto, há a necessidade de identificar e controlar possíveis pontos de contaminação nos diferentes processos da cadeia avícola. Os sintomas das doenças transmitidas por produtos alimentícios oriundos da avicultura são semelhantes, vômitos, diarreia e dor abdominal são alguns exemplos e ocorrem independentemente da fonte de contaminação bacteriana. Salmonella sp., Campylobacter sp., Escherichia coli colocam a população em risco e é evidenciada em surtos em todo o mundo; para evitar a presença de bactérias, diferentes investigações relatam a eficiência do uso de antibióticos, prebióticos e probióticos.

*Conclusão:* apesar dos avanços na investigação de patógenos e melhorias de processo nas diferentes etapas de produção, as infecções relacionadas ao consumo de carne de frango ainda persistem.

**Palavras-chave:** saúde pública, segurança, avicultura, bactérias, consumo.

## Introducción

La seguridad alimentaria es fundamental en la producción suministros, por lo cual, es importante el saneamiento de parvadas de aves de corral [1]. Las cuatro bases de la seguridad alimentaria deben cumplirse para los controles de mitigación de las contaminaciones en los cárnicos de ave [2]. Desde los criaderos en la granja, es de gran responsabilidad que el proceso se haga de la mejor manera para el consumo humano, esto lleva a que se intensifique la investigación, en busca de nuevos métodos que brinden bases sólidas para detectar posibles riesgos de presencia de bacteria en los cárnicos [3], con técnicas que permitan hacer aplicaciones en toda la línea de realización de grandes y pequeños productores. Además, teniendo en cuenta que los comercializadores deben brindar información al consumidor de todos los tipos de procesos que son aplicados sobre el producto [4]. De forma paralela, el crecimiento poblacional y un aumento del consumo de la carne de ave son retos que se avecinan [5] y crean la necesidad de optimización de los controles de inocuidad, por esto, aparecen estrategias como la aplicación de microorganismos de cultivos vivos, ya sea en forma de enzimas o levaduras que colonizan zonas específicas de las aves en su desarrollo biológico [6], estos tipos de microorganismos también son usados para el mejoramiento del crecimiento del ave, antes que sea dirigida a la planta para obstaculizar la propagación factible. Se mostrarán controles y seguimiento al producto para individualizar las parvadas infectadas, tratando de aislarlas caracterizando su

morfología [7]. Encontraremos un recorrido de las principales bacterias que afectan los procesos de producción de la carne de ave [8].

## Crecimiento de consumo de carne de ave, retos de inocuidad

El crecimiento poblacional es un problema latente para las zonas productoras de cárnicos, debido a que su producción debe ser proporcional a la demanda generada por el aumento demográfico [9], las proyecciones predicen que para el 2050 existirán alrededor de 9.000 millones de habitantes, con lo que la producción debe alcanzar una tasa de 106 millones de toneladas por año para los siguientes 35 años [5].

Para 2018 los datos no fueron positivos para la nutrición de América Latina, debido a que este sector se aleja del cumplimiento de los estándares misionales trazados por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Organización Panamericana de la Salud (OPS), Programa Mundial de Alimentos y la Organización Mundial de la Salud (OMS), en donde se presenta que por tres años seguidos el nivel de subalimentación ha llegado a una cifra de 39,3 millones [11]. Esto es resultado de los altos costos de los alimentos suministrados para el expendio dentro de cada país, debido a su precio en divisas extranjeras [12].

Basado en los resultados que reposan en el estudio de 2015 [13], la FAO presenta un análisis del futuro cercano sobre la producción mundial, que revela que la ingesta de pollo aumentará un 16 %. Estos también posicionan a los principales productores, en los cuales solo se encuentra un país de Latinoamérica, Brasil. Dentro de 10 años la demanda de productos cárnicos derivados de aves se cuadruplicará, se estima 26 millones de toneladas por encima de la producción de carnes derivadas de los porcinos, esto datos reposan en informe de la FAO de 2016 [14].

En el informe del 2018, se encuentra que el precio de la carne de pollo ha tenido un significativo aumento del 60 % en los últimos años, a pesar de esto, se asegura como la carne de menor costo en comparación con el resto de los productos cárnicos que le doblan el precio al pollo, esto garantiza la accesibilidad a los hogares que no poseen una economía estable [15], pero paralelamente, la industria avícola se ve en la obligación de reducir costos en la cadena de producción, realizando recortes de personal.

Desde el eje del consumo, se observa que se ha creado un vínculo con el producto garantizando al consumidor hábitos alimentarios [16], educación alimentaria y la pertinente visualización de la carne de pollo como fuente esencial de proteína, lo que hace que la población no tenga que prescindir de su consumo [17].

En el ámbito nacional, hay un aumento de producción de carne de pollo en el país, según FENAVI, hasta el 2017 cerca de 1.600.000 toneladas fueron producidas en su mayoría por ciudades ubicadas en la región central del país, seguido por las regiones de los Santanderes, Valle, Costa Atlántica [18]. Esto se relaciona con las exportaciones de carne de pollo en Colombia. FAOSTAT muestra un alza en las toneladas por año, ya que entre 2009 y 2013 se identificó una baja en las exportaciones asociándose con una fluctuación del mercado internacional. En cuanto al consumo de productos cárnicos derivados de aves en Colombia, la Encuesta Nacional de Situación Nutricional realizada en el 2010 reveló que el 90,6 % de las personas encuestadas consume carne de pollo o gallina mensualmente, esto muestra una aceptación considerable del producto en los hogares colombianos [18].

Frente al consumo mundial de carne de pollo per cápita, Colombia se encuentra en el puesto 28 con 32,07 kilos por año, los tres primeros de la lista son Brasil, Israel y los Estados Unidos de América, lo cual demuestra que inciden factores como la cultura de los países y la tecnificación de los procesos industriales, este segundo es fundamental porque hay países que suplen la demanda de los productos cárnicos avícolas en su mismo territorio, como también son principales exportadores [19] [20].

## Seguridad alimentaria

Actualmente en el mundo, debido a la dinámica de la evolución humana, se busca mejorar la calidad y evitar la propagación de nuevas enfermedades provenientes de los animales que se consumen, como cultivos de aves de corral que conllevan un largo y minucioso proceso [21], [7]. La importancia de una seguridad alimentaria sólida que consolide un producto confiable, conduce a que se presenten nuevas reglas para un seguimiento de las carnes, que finalmente se ven reflejadas en el mejoramiento de la economía de esta industria [22]. El beneficio de la inocuidad de estos alimentos acarrea reducir los costos para atacar los patógenos microbianos y prevenir posibles afectaciones en la salud del consumidor [23] [2], en muchas naciones las plantas de procesamiento son inspeccionadas por los gobiernos estatales [24] [1], configurando un sistema conocido como análisis de peligros y puntos críticos de control [25] (en sus siglas en inglés, HACCP). Este trabajo es clave para crear estrategias para la optimización en todas las etapas de producción [26], estas medidas permiten aislar los alimentos de posibles afectaciones biológicas de sus composiciones alimentarias [27]. No obstante, se llevan a cabo los niveles de capacitación de la mano obrera para una correcta manipulación de las carnes y concientización del consumidor de la importancia de la seguridad alimentaria de los cárnicos avícolas [28].

De esta forma se le apunta a contener las transmisiones de enfermedades por ingesta de carnes de ave de corral [29]. El consumidor finalmente toma la decisión de qué productos hacen parte de su plan dietario [30]. Para que la carne de ave sea incluida, el individuo tendrá en cuenta algunos de ítems como su apariencia, textura, olor, precio y experiencias pasadas. Todo en busca de un mayor beneficio nutricional de su hogar [31]. El consumidor debe tener acceso a la información sobre la seguridad del alimento, evitándose que el mercado sufra crisis generadas por la inseguridad del consumidor, en ocasiones se dan datos escasos por parte de los pequeños productores que no tienen a su alcance incentivos para que proporcionar toda clase de información y no caer en un mal manejo del alimento [32], por lo que persiste la presencia de patógenos en los alimentos derivados de la carne pollo, y deriva en una crisis a la salud pública [33], hasta posibles muertes por microorganismos contaminantes en productos que la industria avícola comercializa [34].

El objeto económico es imprescindible en la producción, distribución y comercialización [35]. Se busca la mejor forma para modernizar todo tipo de interacción del producto en la línea suministro, maximizando la inocuidad del alimento que cuenta con cuatro bases en las que se robustece la seguridad alimentaria [36].

## Las cuatro bases de la seguridad alimentaria

La seguridad alimentaria está fundamentada en cuatro bases [37]: a) recursos primarios disponibles ("oferta") [38], b) condiciones plenas para obtención de alimentos por el consumidor [39], c) correcto consumo con el fin de obtener sus nutrientes en cantidades necesarias [40], d) garantía de solidez de que agentes externos no afecten las tres bases anteriores, como cambios de funcionamiento político, crisis económicas, fenómenos naturales, contaminación por patógenos [41], etc. Existe una estimación por parte de la FAO, en donde con estudios muestra una presencia de falencias en la nutrición de la población mundial que no tiene una garantía de las proteínas y aminoácidos necesaria para el cumplimiento dietario, para un adulto es de 0,05 del porcentaje total de la proteína utilizable, y para los infantes su necesidad es un poco menor [42] [37]. Estos datos no tienen consideraciones de agentes importantes como las condiciones de vida que prevalecen en los países en desarrollo que fueron utilizados para el muestreo [43].

Una de las bases de interés en esta revisión, es la afectación del alimento por contaminantes que alteran el estado nutritivo del producto. Los agentes externos predominan a lo largo de la cadena de producción, y en cada etapa el alimento se ve expuesto a una serie de procedimientos [44], desde su origen, atravesando la transformación y distribución, seguido por la comercialización que finaliza en su consumo. Debido a que los alimentos son esenciales para el desarrollo oportuno de las actividades diarias del ser humano, no se pueden ver afectados por contaminantes, pues corren el peligro de convertirse en principales transmisores de enfermedades. Los alimentos como los productos cárnicos de aves están sometidos a procesos físicos, químicos o microbiológicos, donde la seguridad alimentaria tiene como objetivo contener la inocuidad del alimento, limitando los agentes que trastocan el producto final [45].

## Antecedentes de problemas asociados al consumo carne de ave

Las bacterias son microorganismos con característica de persistir en diferentes medios, tienen la capacidad de resistir a diferentes agentes que intentan eliminarlas. Convirtiéndose en un problema a lo largo de todo el proceso de la carne de ave de corral. Desarrollos científicos ratifican que pueden situarse en el tracto intestinal, incluso sin causa de enfermedades en el ave, quedando establecidos en el cárnico. Durante el proceso, pueden existir en todas las etapas de la cadena de producción, con la figura 1 podemos hacernos idea de las etapas, haciendo la consideración de que las bacterias pueden integrarse al animal vivo o al producto dentro de procesamiento en el pienso, pasando por los protocolos de limpieza o de saneamiento de las instalaciones. Esto se puede ver en un punto crítico en la manipulación del preconsumo, debido a que las bacterias pueden multiplicarse de forma exponencial [46].



**Figura 1.** Cadena de la avicultura de engorde donde se pueden presentar contaminación del producto

Fuente: elaboración propia.

La tabla 1 muestra evidencias de enfermedades por el consumo de carne y productos proteicos de origen animal, reportes realizados por diferentes autores que permiten identificar patógenos y síntomas causados por el consumo de productos contaminados. Los antecedentes de infecciones en animales criados para el consumo humano, crean una amenaza para la salud pública [71], Los brotes tienen diferentes agentes patógenos infecciosos, proveniente de focos aleatorios, esta infección puede ser una fuente preponderante de intoxicación para el ser humano [48]. Es un apercebimiento para la salud pública, porque ha ocasionado brotes en EE. UU. y en otros lugares del mundo [72] [47]. En una revisión se encontraron 23 brotes de salmonelosis referentes a restaurantes en los años 1995 y 2003 con un rango de 21 días [50]. Es de anotar que, incluso, se puede presentar la muerte en los humanos que han consumido productos de origen animal infectados con microorganismos patógenos. [73].

**Tabla 1.** Brotes de enfermedades por consumo de productos de origen avícola

Patógeno	Causas por consumo	Síntomas	Años/ubicación	Referencias
<i>Salmonella</i> .	carne y huevos	Dolor abdominal, náuseas, vómitos, escalofríos. Síntomas esporádicos como meningitis, neumonía.	1984-2002/Estados Unidos. 2000-2011/Reino Unido.	Lillard HS, 1989 [7]. Matsui et al., 2001 [47]. Borland ED, 1975 [48]. Carrasco et al., 2012 [49]. Finstand et al., 2012 [29]. Wales et al., 2012 [3]. Medus et al, 2006 [50]. Jarvis et al., 2016 [51]. Lima et al., 2019 [52]. Laufer et al., 2014 [53].

(continúa)



(viene)

Patógeno	Causas por consumo	Síntomas	Años/ubicación	Referencias
Campylobacter	Carne e hígado	Malestar, diarrea, vómitos, dolor abdominal, fiebre. Algunos síntomas esporádicos como artritis, colecistitis.	2001-2006/Australia. 2011/Liverpool. 2005/Copenhague-Dinamarca.	Connerton et al., 2018 [54]. Eberle et al., 2012 [55]. Humphrey et al., 2007 [56]. Li et al., 2011 [57]. Lanier et al., 2018 [58]. Sibanda et al., 2018 [59]. Farne et al., 2011 [60]. Unicomb et al., [61]. Mazick et al., 2005 [62].
E. Coli.	Carne	En general son varios los síntomas, siempre relacionados con dolores abdominales, desarrollando diarreas sanguinolentas, a esto último se le agrega presencia de fibra y vómito.	1993/Nevad, Washington. 1996/Japón y Medio Oeste. 2016/investigación de posibles brotes en Estados Unidos.	Ewers et al., 2009 [63]. Ewers et al., 2009 [64]. Johnson et al., 2009 [65]. Russo et al., 2003 [66]. Johanson et al., 2007 [67]. Marshall E, 2020 [68]. Hafez M, 2020 [69]. Begeron et al., 2012 [70].

Fuente: elaboración propia.

## Presencia de bacterias en la granja

Este eslabón tiene la presencia de bacterias relacionadas con diferentes focos como el agua, heces y alimentos [74]. En la literatura se encuentran estudios realizados en diferentes partes del mundo, como al norte de España, donde tienen como resultado la presencia de *E. coli*, *Campylobacter*, *Salmonella* sp. y *Listeria* presente en 60 bandadas de aves de corral de 34 granjas, destacando un alto porcentaje prevalente de *Campylobacter* en el análisis [75]. En Japón se relaciona la presencia de bacterias con un ectoparásito que tiene como característica la succión de sangre en las aves, que se halló utilizando la reacción en cadena de polimerasa, técnica que permite verificar presencia de *Salmonella* sp, *Campylobacter* sp. Entre otros, para este análisis el objetivo de muestreo fueron 142 granjas [76]. En Carolina del Norte se estudió la distribución de patógenos en granjas de pollo en muestra de heces, alimento y agua, utilizando aves de 3 a 8 semanas de vida, a las cuales se les realizaron pruebas fenotípicas y genotípicas [77]. En Canadá se estudiaron 294 bandadas de pollos de engorde como muestra inicial, relacionadas por contaminación del agua suministrada a las aves del cultivo [78]. Adicionalmente en la tabla 2 se enlaza más información pertinente. En este eslabón, los alcances de los estudios llegan a modelos predictivos

para tener en cuenta factores meteorológicos que tienen una fuerte relación con la presencia de patógenos en granjas avícolas ubicadas en los Estados Unidos [79], siendo esta la etapa de suministro para el procesamiento.

## Bacterias en el procesamiento

La presencia de especies microbianas puede ser aleatoria durante toda la cadena desarrollada en la planta de procesamiento [80], dentro de ella se realizan procesos de desplume, deshuese, eviscerado, lavado, entre otros, siendo una constante que el producto tenga contactos con infinidad de implementos que pueden ser focos de prevalencia de bacterias [81]. Los estudios se centran en la búsqueda de mecanismos para que el crecimiento de las poblaciones microbianas no aumente durante el paso por las plantas de procesamiento [82], el análisis de peligros y puntos de control críticos (HACCPP) [83] es una de las estrategias más usadas, ya que, permite abordar los agentes zoonóticos que procesos convencionales no identifican, aportando información para la construcción de sistemas óptimos de higiene [84]. La presencia de *Salmonella* sp, *Campylobacter* sp, *E. coli* y variantes de estas especies son las más detectadas en las investigaciones realizadas en plantas [85]. Un estudio en cuatro plantas donde se identificó la presencia de *Campylobacter* sp. muestra que se implementó el lavado con fosfato de trisodio y clorito de sodio, se produjo una reducción de dichas bacterias [86]. Estudios microbiológicos en fábricas situadas en Georgia, con 24 equipos seleccionados en trece plantas, relacionan fuertemente como problema los guantes que usan sus operarios [87]. Así mismo, en los Países Bajos, la investigación de las plantas de procesamiento de pollo demuestra una relación de contaminación entre las manos de los trabajadores, equipos y muestras de aire de las instalaciones de la planta [88]. Los equipos utilizados deben contar con protocolos de limpieza y desinfección, teniendo en cuenta un diseño cómodo para su descontaminación total, el contacto de la carne de pollo con diferentes superficies metálicas acarrea crecimiento de placas de bacterias, por ese motivo Parra [89] sugiere el cobre como metal que reduce la carga bacteriana. En este eslabón se hace imprescindible la capacitación de los operarios y la existencia de un enfriamiento como atenuadores de poblaciones microbianas [90].

## Bacterias presentes en el transporte

En este canal, es fundamental el seguimiento de las tendencias a utilizar a la hora del empaquetado y la cadena de frío [91], el empaquetado correcto permite aislar el producto de contaminantes externos [92], esta condición de aislamiento se debe

mantener de forma rigurosa hasta el primer contacto con el consumidor [93]. La cadena de frío desde la planta hasta antes de consumir es primordial, al igual que en el transporte debido a que el producto por lo general tiene distribución por vía terrestre, marítima o en muchos lugares del mundo mediante tren, con trayectos muy largos antes de llegar a su lugar de distribución, conjuntamente con factores de clima y geográficos [94]. Para una buena práctica y cumplimiento de la inocuidad del alimento, el transporte debe hacerse con una logística que optimice todo el proceso sin perder calidad [95], ya que, el mal manejo en esta etapa puede favorecer la proliferación de poblaciones bacterias presentes en el producto, con la presencia de *Salmonella sp*, *E. coli*, *Campylobacter sp*, que por su característica, puede proliferar cuando el producto no se mantiene a una temperatura adecuada [96].

## Bacterias en el consumo

La cadena de suministro de la carne de ave está compuesta por la manipulación y preparación [97], la primera acarrea problemas de contaminación cruzada [98], donde el contacto con elementos puede ser potencial fuente de bacterias [99]. A la hora de la preparación, se debe tener en cuenta el tiempo y temperatura de cocción los cuales son factores para el origen de posibles enfermedades [100]. La educación para buenas prácticas de manipulación en el hogar y la capacitación en restaurantes son estrategias objetivas para consolidar el cumplimiento de la correcta higiene [101]. En esta etapa es frecuente que en el ámbito doméstico se tenga falta de conocimiento [102], lo que impide percibir el riesgo para la salud de microorganismos como *Salmonella sp*, *Campylobacter sp*, *E. coli*, esto se refleja en una encuesta que da a conocer las prácticas de manipulación de carnes crudas provenientes de aves de corral, realizada a consumidores en Estados Unidos (1.504 ciudadanos fueron encuestados) [103].

**Tabla 2.** Seguimiento de bacterias es los eslabones de la cadena de producción de cárnicos avícolas.

Eslabón	Patógeno	Problema	Autor
Granja.	<i>Salmonella sp.</i> <i>Campylobacter sp.</i> <i>E. coli</i> <i>Salmonella Kentucky.</i>	contaminación por malas prácticas agrícolas relacionadas con agua, alimento y heces y posibles relaciones con factores meteorológicos.	Esteban et al., 2007 [75]. Huong et al., 2014 [76]. Alali et al., 2010 [77]. Renwick et al., 1992 [78]. Hwang et al., 2020 [79]. Jibril et al., 2020 [104]. Redweik et al., 2020 [105]. Byrd et al., 2003 [106]. Golden et al., 2020 [107]. Silbanda et al., 2018 [108]

(continúa)

(viene)

<b>Eslabón</b>	<b>Patógeno</b>	<b>Problema</b>	<b>Autor</b>
Procesamiento.	<i>Salmonella</i> sp. <i>Campylobacter</i> sp. <i>E. Coli</i> , <i>Listeria</i> .	Contaminación en sistemas de aire, elementos utilizados para el proceso, equipos, trabajadores no capacitados, contactos con superficies, enfriamiento no óptimo.	Mead G, 2004 [80]. Petracci et al., 2010 [81]. Bolder NM, 2007 [82]. Berrang et al., 2000 [83]. Northcutt et al., 2004 [84]. Wildeman et al., 2016 [85]. Bashor et al., 2004 [86]. Shuler et al., 1972 [87]. Oosterom et al., 1932 [88]. Parra et al., 2018 [89]. Alter T, 2017 [90]. Wang RH, 2017 [109]. Duglas et al., 2013 [110]. Whyte et al., 2001 [111]. Sasaki et al., 2014 [112].
Transporte	<i>Salmonella</i> sp. <i>Campylobacter</i> sp. <i>Listeria</i> .	Ausencia de capacitación para el uso de materiales de empaquetado y dinámicas de transporte adecuadas.	Palumbo SA, 1998 [91]. Dominguez et al., 2009 [92]. Kataria et al., 2020 [93]. Dos Santos et al., 2017 [94]. Henley et al., 2012 [95]. Pereira et al., 2018 [96].
Consumo	<i>Salmenella</i> sp. <i>Campylobacter</i> sp. <i>E.coli</i> <i>Listeria</i>	Contaminación cruzada, malas prácticas a la hora de la preparación y cocción.	Bryd et al., 2007 [97]. Redmond et al., 2003 [98]. Medeiros et al., 2001 [99]. Langsrud et al., 2020 [100]. Forero et al., 2017 [101]. Mediros et al., 2001 [102]. Kosa et al., 2015 [103]. Radomyshy et al., 1994 [113]. Bearth et al., 2014 [114]. Skovgarrd N, 2007 [115]. Van Loo et al., 2014 [116].

**Fuente:** elaboración propia.

## Principales bacterias presentes en la carne de ave

En la última década la producción de pollos de engorde ha aumentado debido a que se hace de forma rentable [116], propiedades que van ligadas con la modificación de la genética de las aves [117], resultados a grandes escalas junto con un aprovechamiento al máximo, como lo es la creación vertical de huevos [118]. Estos factores consolidan en un mercado la industria, con lo que alcanza ingresos altos en tiempos reducidos, para después ser movilizados a una etapa que se lleva a cabo en la

planta de tratamiento [119], donde se realizan transformaciones como el desprese y deshuesado, procesos verticales como la creación de *nuggets* e infinidad derivados que conocemos en el mercado actual [4]. Esto nos lleva a cuestionar en qué parte del proceso se adhieren los microorganismos que contaminan los productos cárnicos originarios de la carne de ave [120]. Se puede interpretar que las bacterias se van adhiriendo en la marcha, a la par de la evolución de los procedimientos que se ven afectados por necesidades de optimización para una dinámica amalgamada que supla las necesidades del mercado [121], las formas de contagios de los microbianos están relacionadas con los sistemas de producción de pollo que involucran *Salmonella* sp. y *Campylobacter* sp., siendo la motivación del rastro de cómo se propagan dentro de la línea de productividad [6].

## *Salmonella* sp.

La *Salmonella* sp. entérica es un miembro de un grupo de bacterias conocidos por ocasionar enfermedades en morbilidades mortales que se presentan en los brotes [122], provocando salmonelosis con efectos de salud bastante drásticos y contundentes en el sistema digestivo [123, contando con unas características únicas de resistencia a los medios de interacción, a gradientes de temperatura [51], así mismo, con una resistencia en espacios que fueron utilizados para pienso, situado sobre la superficie más complicada, atribuyéndole la capacidad de adaptarse rápidamente [124].

La *Salmonella* sp. se complica por las diferentes técnicas de estrés a las que son sometidas las aves, pues, producen materia fecal de una textura no sólida, la cual contamina a las mismas aves y ocurre la infestación antes de ingresar a la planta [49]. Una vez que se inicia la rutina dentro de la planta, se genera estocásticamente el contagio relacionado con un conjunto de admisibles contagios de *Salmonella* sp., a pesar de los rigurosos estándares de saneamiento, ya que es una bacteria resistente a medidas de limpieza de las instalaciones de procesamiento, por esto, es relegada a la contaminación de los equipos y a los canales de hidratación compartidas [3]. Ese tipo de información brinda un claro esquema para atacar las bacterias presentes y que son perniciosas para la generación de alimentos de consumo humano [125]. Este crecimiento solo se puede detener con el desarrollo tecnológico y con futuras técnicas que cuantifiquen nuevas colonias de *Salmonella* [126].

## *Campylobacter* sp.

La enfermedad transmitida se manifiesta con fuertes diarreas bacterianas agudas relacionadas a *Campylobacter* sp. y mutaciones *Campylobacter jejuni* y *Campylobacter Coli*, siendo reconocida actualmente como una de las principales enfermedades contraída por alimentos de consumo humano [127]. La aparición de *Campylobacter* sp. en plantas de procesamiento se ha convertido en una de las principales fuentes de estas bacterias [128], por ello se buscan estrategias para mitigar estos focos de formas químicas y poder reducir la contaminación [129]. Claramente las intervenciones de este tipo generan una sanidad mediática, aunque, la mayoría de proyectos de investigación en esta área se concentran en el mejoramiento de la técnica del ave viva, ubicando fuentes de colonias de esta bacteria [56], en donde se dice que la principal estancia de la *Campylobacter* sp. es el tracto gastrointestinal del ave, y se identifica que se apodera del intestino delgado, aunque se considera que se ubica en otras cavidades del tracto gastrointestinal [130].

Uno de los tipos que más afecta la salud pública es el *Campylobacter jejuni*, el cual se sitúa en la cavidad gastrointestinal y ocasiona una rápida infección parvadas [131] en cortos periodos de tiempo, estos tipos de contaminación no permiten una rápida identificación, debido a su propagación dentro del corral. La *Campylobacter* sp. son microaerófilicos, con una reacción que contiene una respuesta de un 10 % de dióxido de carbono, 5 % de oxígeno y un rango de temperatura que crea condiciones propicias de aproximadamente 46 °C y 30 °C [71]. Pero esta bacteria tiene características como su rápida movilidad, atribuida a su morfología, lo que convierte en un problema encontrar sus posibles fuentes dentro del cultivo, como el agua, aves silvestres y mamíferos ubicados circundantes al cultivo [132], pero no son los únicos, también entran en agentes como el ganado y animales domésticos, por eso se atribuye a diferentes raíces que persisten en un entorno [133], [134], [135].

En varios estudios científicos enfocados a entender el comportamiento y la naturaleza de la bacteria, se encuentran mecanismos y factores de cómo se comporta dentro del aparato digestivo del ave [136]. Estos se basan en muestreos experimentales iniciales que caracterizan el tipo de pollo de engorde, y concluyen que hay una respuesta de inmunidad por parte de algunas razas de pollos a la bacteria *C. jejuni* [57], lo que permite saber cuáles son los tipos de diferencias entre las bandas infectadas y las bandas inmunes al patógeno, aunque, estos estudios no se detienen en la búsqueda de respaldos más sólidos. También, se detalló en [137] que la *Campylobacter* sp. puede aumentar su respuesta inmune, con lo cual ocasiona inflamaciones con daño intestinal. En [58] se sugiere que el aislamiento de la *Campylobacter* sp. asociado a los brotes en el hígado de pollos durante la dinámica en la planta procesadora causa una

migración en el tracto gastrointestinal del pollo al hígado a través del sistema biliar, linfático o vascular [138]. Claramente, los proyectos de investigación deben apuntar a caracterización de la invasión de *Campylobacter* sp. contrastado con el proceso invasivo del tracto gastrointestinal [54].

### *Escherichia Coli. (E. coli)*

Esta bacteria infecta el cuerpo humano generando una enfermedad conocida como colibacilosis [139], este patógeno tiene existencia dentro del tracto intestinal, como en los casos anteriores, con una alta facilidad de colonizar órganos del sistema digestivo del ave [65]. Las múltiples variaciones que tiene este microorganismo [64] se relacionan con los diferentes síntomas que actúan en las aves, algunos son, respiratorios, inflamación de las articulaciones con afectación en la movilidad del animal, inflamación del oviducto, inflamación del saco que rodea al corazón [140]. Mientras que en el ser humano persiste la diarrea, fiebre, ulceración e inflamación del intestino grueso, evidencias muestran la aparición de algunas hemorragias en la dermis, esto se debe a algunas mutaciones del serotipo *E. coli*.

Estudios epidemiológicos catalogan este tipo bacteriano como la fuente de contaminante del ser humano [66], [63], [141], según la tipificación molecular, se considera que por su composición las aves pueden llegar a hacer generadores de esta infección [142], aumentando su propagación mediante picoteos o a través de su propia materia fecal, lo que las convierte en un foco de enfermedad y trae consigo una cantidad de muertes dentro de las parvadas de cultivo.

### **Técnicas existentes para la reducción de bacterias**

Es necesario establecer regulaciones de salud pública, que permitan mejorar y fortalecer el sector de productos de origen animal consumidos por los humanos. Contemplando amplias técnicas para mejorar el tipo de carne o producto que se consume [143], desde la granja hasta la mesa, pasando por consumidores, transporte del alimento, minoristas y empleados del sector de alimentos, se construyen medidas para el manejo del producto antes de llegar a ser consumido, por ende, la cadena de frío a la cual se deben someter los productos cárnicos de es obligatoria para que no se proliferen microorganismos que atacan la composición, durante el procesamiento, distribución, venta y almacenamiento [144]. Es admisible que el consumidor considere cierta parte de la responsabilidad de tratar un producto libre de bacterias, pues también se sostiene que el consumidor ha podido ingerir alimentos en estado de poca cocción [145], [146].

Entre los nuevos avances en procesos de desinfección, está el uso de radiación que tiene cabida en los cárnicos, siendo esta técnica un desarrollo en el cual se expone el alimento a cierta longitud de onda que posteriormente entra en resonancia con la frecuencia, generando una vibración en la superficie donde se encuentran los microorganismos, y funciona eliminando las células provenientes de insectos, mohos o microbios [147]. A diferencia de otras técnicas químicas o termodinámicas, que tienen el riesgo de alterar la textura de alimento, color y hasta el sabor, la radiación cuenta con significativas ventajas en cuanto a no alterar el estado natural del producto [148].

Las técnicas también prevalecen en la etapa del cultivo de las aves (cuando están vivas), en donde se está implementando el uso de antibióticos, probióticos, prebióticos y ácidos orgánicos con el fin de controlar la contaminación de los lotes productivos [149], [150], [151], [152]. El uso de antibióticos en aves que tienen como fin el consumo humano presenta controversia en los estudios científicos, debido a posibles bacterias sean resistentes a este tipo de tratamientos. Aun así, esta contaminación se puede eliminar aplicando una temperatura considerable a la cual el patógeno se elimina del alimento, la posible resistencia bacteriana al antibiótico es una característica microbiológica que depende de los parámetros farmacocinéticas y farmacodinámicos y de cómo se administra el fármaco [153].

Es necesario tener en cuenta recomendaciones para el uso de antibióticos y productos usados comúnmente para tratar y prevenir enfermedades, para evitar el riesgo de contaminación de la carne y los productos de origen animal [55]. Sin embargo, el uso de productos farmacológicos, ha tomado una mala información entre los productores, por lo que son escépticos con estos tratamientos, ya que, consideran indebida su aplicación, por posibles peligros en el cuerpo humano [154], [155], [156], [157]. El Comité Nacional de Estándares de Laboratorio Clínico (NCCLS) cuenta con protocolos estandarizados para el manejo de los lotes de animales enfermos o donde se presentaron mortalidades que han superado las tasas permitidas por especie [158], pues no todas las enfermedades son tratadas, el sistema inmunológico de los animales genera respuesta a varias de ellas, es posible adicionar el antimicrobiano al alimento de las aves en crecimiento, con lo que se encuentra un mejor desarrollo o desempeño productivo [159]. El control, tratamiento y prevención es necesario, el suministro de antibióticos se debe hacer en el agua o en el pienso, esto es muy efectivo y recomendado para el uso en ganadería, pues controla el aumento de la población de la bacteria [160], para aves es recomendado en pequeños grupos que han sufrido de estrés, el cual puede ser generado por el son sometidas [161].



**Tabla 3. Tecnicas usadas para evitar la proliferación microbiológica en producción de animales para el consumo humano.**

<b>Técnicas</b>	<b>Funcionamiento</b>	<b>Artículos</b>
Probióticos	Son esencialmente cultivos vivos de bacterias, con efectos beneficiosos cuando son consumidos en cantidades suficientes.	Sanit et al., 2016 [153]. Aerostero FM, 2005 [162]. Patterson J, Burkholder K, 2003 [150]. Applegate et al., 2010 [121].
Prebióticos	Fibras vegetales que promueven la creación de microorganismos sanos en el tracto intestinal.	Bird et al., 2010 [159]. Rodríguez-Mano et al., 2018 [163]. Humme ME, 2011 [164]. Angulo et al., 2004 [117].
Antibióticos	Tienen como fin tratar de impedir el crecimiento bacteriano.	Levy SB, 2001 [155], Van Den Board et al., 2001 [157]. Anwar MI, 2017 [165]. Humme ME, 2011 [164].

**Fuente:** elaboración propia

Como ejemplo latente, varios usos de los productos antipatógenos se contemplan en los EE. UU. para su aplicación [162], [163]. Se mencionan 23 compuestos que eliminan microbios contaminantes, y 15 de estos son compuestos para el complemento del crecimiento, en este grupo podremos encontrar bambermicinas y lailomicina que son aditivos alimenticios usados como promotores de crecimiento en avicultura. Para estos casos, los tratamientos terminan siendo útiles, de cierta forma, para prevenir algunas enfermedades en los mamíferos, tratando las bacterias existentes; se utilizan en cantidades mucho menores, que en antibióticos de amplio espectro que se implementan para tratar y no para prevenir, un ejemplo claro son la lincomicina y tilosina que no tienen resultados muy enfocados al crecimiento de los animales de cultivo, pero si para tratar enfermedades presentes en los lotes [164].

**El papel de los antibióticos entéricos** [165]. Los *probióticos* o *Direct-fed Microbials* (DFM), como se encuentran en la literatura, son una parte de microorganismos vivos, enzimas libres, minerales traza y coadyuvantes en un portador comestible, esta especie es muy útil cuando el animal sufre altos grados de estrés, lo cual afecta la salud, por ejemplo, cuando el ave es sometida a cambios de clima bruscos podría bajar la calidad de la carne de forma significativa [166], los probióticos presentan beneficios en el tracto intestinal del ave al restringir la colonización [28], [167], [168]. Estos estudios científicos traen consigo estrategias para salvaguardar la vida de polluelos en parvadas libres de *Salmonella* sp., esto también trae algunos microorganismos de los que no se conoce su estructura o funcionamiento. La utilización de la exclusión competitiva da la posibilidad de limitar la colonización y posterior prevención de la *Salmonella* sp. [163].

## Conclusiones

La continua evolución de los seres vivos trae nuevos estudios e intereses para el ser humano; los sistemas orgánicos de las aves son igual de estocásticos que la dinámica de la economía, donde se necesita suplir las necesidades de los consumidores con el fin de siempre llevar como bandera la salvaguardia de la salud de las personas. El transporte, manipulación y consumo de las aves cumple un amplio panorama en el cual existen infinidad de posibles proyectos de investigación. Todo centrado en el interés de la eliminación de bacterias que afectan la economía de la industria avícola, que toma fuerza dentro de las comunidades que crean una confianza de consumo e incluyen este alimento en su plan nutricional.

También, se debe optimizar la producción de los cultivos con variantes seguras, implementando nuevas técnicas para evitar grandes infecciones en parvadas, que trascienden hasta el consumidor, el cual cumple un papel esencial para un óptimo uso de producto final, por lo cual los productores y comercializadores deben hacer llegar la información necesaria para tener una socialización de todo el trabajo que se realiza desde el inicio de su cultivo y que se aprecie la importancia de exaltar los estudios que se realizan para el saneamiento de los productos cárnicos derivados de las aves [170].

Los avances en los estudios de investigación microbiológicos, realizados para acercarse al entendimiento de los patógenos, y de sus posibles comportamientos o reacciones a las técnicas que se van utilizando y a medida que los resultados de estudios microbiológicos obtenidos por investigadores se comprueben, el mejoramiento de la mitigación de la contaminación de productos para el consumo humano será una realidad, pero es necesario comprender una parte esencial de la proliferación de los microorganismos que terminan siempre dando una luz de su comportamiento y características claves para generar nuevos desarrollos en todas las etapas de la cadena de fabricación [171]. Estas investigaciones han traído un adelanto en los aditivos para el crecimiento de las aves de corral, todo para superar la calidad de la carne de ave. Todo se centra en la interacción de la población microbiana en el tracto intestinal avícola, donde la dinámica es muy aleatoria en cuanto las colonias que ya preexisten producidas por el mismo sistema inmunológico, el cual tiene como respuesta natural depurar las bacterias; esto se intenta interpretar desde distintas áreas, buscando aplicaciones contundentes con proyectos mancomunados, lo que la convierte en una actividad interdisciplinaria, que busca desde la matemática modelos que se ajusten y ayuden a entender todas las posibles variaciones; la física aporta con nuevas técnicas como la radiación, para el perfeccionamiento de sus estructuras; la variación biológica para nuevas posibles colonias de patógenos; la veterinaria ayuda a entender la naturaleza del problema de principio a fin, acompañada de unos de los campos que

fortalece los avances en las investigaciones de este tipo, como lo es la bioinformática, que permite un tratamiento de los datos, donde la bioseguridad hace más predecible posibles afectaciones y comportamientos en sistemas que dependen del tiempo, y de esa forma se generan bases que promuevan trabajos futuros.

## Referencias

- [1] Chao K, Kim MS, Chan DE. Control interface and tracking control system for automated poultry inspection. *Comput. Stand. Interfaces.* 2014;36:271-7.
- [2] Ricke SC, Hacker JC, Yearkey KL, Shi Z, Park SH, Rainwater CE. Unraveling food production microbiomes: concepts and future irections. En: Ricke SC, Park SH, Rainwater CE, editores. *Food and Feed Safety Systems and Analysis.* San Diego, CA: Elsevier Inc (2017). p. 347-74.
- [3] Wales D A, Allen M V, Daivies RH. Chemical treatment of animal feed and water for the control of Salmonella. *Foodborne Pathog. Dis.* 2010,7(1). Doi: <https://doi.org/10.1089/fpd.2009.0373>
- [4] Eugene D, Gagliardi, Jr., inventores; Método de elaboración de un producto de carne de ave. Estados Unidos patent US6238281B1. 2001 May 29.
- [5] Cartin Rojas A, Ortiz P. Ventajas y desventajas del cultivo de carne in vitro. *Revista de Medicina Veterinaria.* 2018;(36):135-44. Doi: <https://doi.org/10.19052/mv.5179>
- [6] Danaldson JR, Ricke S, Philips CA. *Food safety: Emerging issues, technologies and system.* Amsterdam: Academic Press; 2015.
- [7] Lillard HS. Factors Affecting the Persistence of Salmonella During the Processing of Poultry. *J Food Prot.* 1989;52(11):829-32. Doi: <https://doi.org/10.4315/0362-028X-52.11.829>
- [8] Ricke S. Strategies to improve poultry. *Annu. Rev. Anim. Biosci.* 2020;9(1):379-400.
- [9] Tiberius-Epure D, Stanciu AC, Condrea E. Aspects of the demand – offer report from the perspective of the food quality. 2010; 21(1):59-63.
- [10] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. *Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe.* Informativo. FAO; 2014.
- [11] Fernadez-Guillén E. Sector agroalimentario e integración regional: una simbiosis. *Revista Aportes para la Integración Latinoamericana.* 2020;26(42):1-33. Doi: <https://doi.org/10.24215/24689912e027>

- [12] Meneguelli Fasserella L, Pinto de Souza MJ, Lee Burnquist. Impact of Sanitary and Technical Measures on Brazilian Exports of Poultry Meat. En: Agricultural & Applied Economics Association's 2011 July 24-26, AAEA & NAREA Joint Annual Meeting. Pittsburgh, Pennsylvania; 2011. p.1-19.
- [13] Windhorts HW. Changes in poultry production and trade worldwide. *Worlds Poult Sci J.* 2006; 62(4):585-602, Doi: <https://doi.org/10.1017/S0043933906001140>
- [14] Windhorst HW. Dynamics and Patterns of Global Poultry-Meat Production. *Poultry Quality Evaluation.* 2017:1-25.
- [15] Samarakoon SMR, Samarasinghe K. Strategies to Improve the Cost Effectiveness of Broiler Production. *Tropical Agricultural Research.* 2012; 23(4):338-46. Doi: <https://doi.org/10.4038/tar.v23i4.4869>
- [16] Tan SM, Kock HL, Dykes GA, Coorey R, Buys EM. Enhancement of poultry meat: Trends, nutritional profile, legislation and challenges. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 2018;48(2). Doi: <https://doi.org/10.4314/sajas.v48i2.1>
- [17] Pica-Ciamarra U, Otte J. Poultry, food security and poverty in India: looking beyond the farm-gate. *Worlds Poult Sci J.* 2010;66(02):309-20. Doi: <https://doi.org/10.1017/S0043933910000358>
- [18] Fenavi. Información estadística. [Internet]. [Citado 2020 oct 05.] Disponible en: <https://fenavi.org/informacion-estadistica/>
- [19] Magdelaine P, Spiess MP, Valceschini E. <https://doi.org/10.1017/S0043933907001717>. Poultry meat consumption trends in Europe. *Worlds Poult Sci J.* 2008; 64(1):53-64. Doi: <https://doi.org/10.1017/S0043933907001717>
- [20] Mottet A, Tempio G. Global poultry production: current state and future outlook and challenges. *Worlds Poult Sci J.* 2017;73(2):245-56. Doi: <https://doi.org/10.1017/S0043933917000071>
- [21] Ricke SC. Nutrition and Food Science: Impact of prebiotics on poultry production and food safety. *Yale J Biol Med.* 2018;91(2):151-59. PMID: 29955220
- [22] Ricke S, Griffiths A, Rainwater C, Park S. Food and feed safety systems and analysis. San Diego: CA: Academic Press. 2017.
- [23] Windhorst HW. Changes in poultry production and trade worldwide. *Worlds Poult Sci J.* 2006; 62(4):585-602, Doi: <https://doi.org/10.1017/S0043933906001140>

- [24] Allen DM. Strategy and Policy in the Food System: Emerging Issues. En: Remarks at research forum on improving benefit/cost analysis: The case of HACCP and microbial food safety; 1996 jun 20-21, Washington, D.C.: 1996, p. 20-1.
- [25] Crutchfield S, Buzby JC, Roberts T, Ollinger M, Jordan-Lin CT. Economic assessment of food safety regulations: The new approach to meat and poultry inspection. IIFET 2000; OSU. 2001 jul.
- [26] James C, Vincent C, de Andrade-Lima TI, James SJ. The primary chilling of poultry carcasses a review. *Int. J. Refrigeration*. 2006;29(6):847-62. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2005.08.003>
- [27] Desin T, Ghunaim H. Potential impact of food safety vaccines on health care costs. *Foodborne Pathog Dis*. 2015;12(9):733-40. Doi: <https://doi.org/10.1089/fpd.2014.1924>
- [28] Clavijo V, Vives Flores MJ. The gastrointestinal microbiome and its association with the control of pathogens in broiler chicken production: A review. *Poult Sci*. 2018;97(3):1006-1021. Doi: <https://doi.org/10.3382/ps/pex359>
- [29] Finstad S, Corliss O, Marcy JA, Crandall PG, Ricke SC. Salmonella and broiler processing in the United States: Relationship to foodborne salmonellosis. *Food Research International*. 2012;45(2):789-84. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.03.057>
- [30] Van-Loo EJ, Alali W, Ricke SC. Food Safety and Organic Meats. *Annual Review of Food Science and Technology*. 2012;3:203-225.
- [31] Meinert-Larsen T, Dalskov SM, van baak M, Jebb SA, Papadaki A, Pfeiffer FH A, et al. Diets with High or Low Protein Content and Glycemic Index for Weight-Loss Maintenance. *N Engl J Med*. 2010;363(22):2102-13. Doi: <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1007137>
- [32] Milton A, Mullan B. Consumer food safety education for the domestic environment: a systematic review. *British Food Journal*. 2010; 112(9):1003-22.
- [33] Stavric S. Microbial colonization control of chicken intestine using defined cultures. *AGRIS*. 1988;41(7);93-8.
- [34] Buzby JC, Roberts T, Chung-Tung L, MacDonald, JM. Bacterial foodborne disease: Medical costs and productivity losses. 1996. Doi: <https://doi.org/10.22004/ag.econ.33991>
- [35] Antle J. Economic analysis of food safety. *Handbook of Agricultural Economics*. 2002;1(Parte 2);1083-1136.

22 *Salmonella* sp., *Campylobacter* sp., *Escherichia coli*. en el sector avícola, bacterias que ponen en riesgo la seguridad alimentaria

- [36] Diaz-Sanchez S, Hanning I, Pendleton S, D'Sousa D. Next-generation sequencing: The future of molecular genetics in poultry production and food safety. *Poult. Sci. J.* 2013;92(2);562-72. Doi: <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02741>.
- [37] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. La seguridad alimentaria: información para la toma de decisiones. Guía práctica. [Internet]; 2011 [citado 2020 oct 3. Disponible en: <https://www.fao.org/3/al936s/al936s00.pdf>
- [38] Christopher JG. Food safety: where from and where to? *British Food Journal.* 2006;108(1).
- [39] Antle J. Benefits and costs of food safety regulation. *Food Policy.* 1999; 24(6):605- 623.
- [40] Redmond E, Griffith C. Consumer Food Handling in the Home: A Review of Food Safety Studies. *Journal of Food Protection.* 2003;66(1):130-61. Doi: <https://doi.org/10.4315/0362-028x-66.1.130>
- [41] Fung F, Wang HS, Menon S. Food safety in the 21st century. *Biomedical Journal.* 2018 April; u41(2):88-95. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.bj.2018.03.003>
- [42] J. Godfray HC, Beddington JR, Crute IR, Haddad , Lawrence D, F. Muir , et al. Food Security: The Challenge of Feeding 9 Billion People. *Science.* 2010; 327(5967):812-18. Doi: <https://doi.org/10.1126/science.1185383>
- [43] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Organización Panamericana de Salud, Programa Mundial de Alimentos y Unicef. Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe 2019. Plan Estratégico 2014-2019. Santiago: FAO, OPS, WFP y UNICEF; 2019.
- [44] Ropkins K, Beck A. Evaluation of worldwide approaches to the use of HACCP to control food safety. *Trends in Food Science & Technology.* 2000;11:10-21.
- [45] Griffith C. Food safety: where from and. *British Food Journal.* 2006; 108(1):6-15. Doi: <https://doi.org/10.1108/00070700610637599>.
- [46] Philips I, Casewell M, Cox T, De Groot B, Friis C, Jones R, et al. Does the use of antibiotics in food animals pose a risk to human health? *J Antimicrob Chemother.* 2004;53(1):28-52. Doi: <https://doi.org/10.1093/jac/dkg483>
- [47] Matsui T, Suzuki S, Takahashi O, Kobayashi J, Izumiya H, Watanabe H, et al. Salmonella Enteritidis outbreak associated with a school-lunch dessert: cross-contamination and a long incubation period, Japan, 2001. *Cambridge University Press.* 2004;132(5);873-879. doi: <https://doi.org/10.1017/S0950268804002778>.

- [48] Borland ED. Salmonella infection in poultry. *Vet Rec.* 1975;97(21):406-8. Doi: <https://doi.org/10.1136/vr.97.21.406>
- [49] Carrasco E, Rueda AM, Garcia Gimero R. Cross-contamination and recontamination by Salmonella in foods. *Food Research International.* 2012;45(2):545-556. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.11.004>
- [50] Medus C, Smith KE, Bender JB, Besser J, Hedberg C. Brotes de salmonela en restaurantes en Minnesota, 1995 a 2003: Evaluación del papel de los trabajadores alimentarios infectados. *J Food Prot.* 2006;69(8).
- [51] Jarvis NA, O'Bryan CA, Dawoud TM, Park S, Kwon Y, Crandall PG, et al. An overview of Salmonella thermal destruction during food processing and preparation. *Food Control.* 2016;68:280-290.
- [52] Lima T, Domingues S, Da Silva GJ. Plasmid-mediated colistin resistance in *Salmonella enterica*: A review. *Microorganisms.* 2019;7(2):55. Doi: <https://doi.org/10.3390/microorganisms7020055>.
- [53] Laufer C, Grass J, Holt K, Whichard J, Griffin P, Gould L. Outbreaks of Salmonella infections attributed to beef – United States, 1973–2011. *Epidemiol Infect.* 2015;143(9):2003-13. Doi: <https://doi.org/10.1017/S0950268814003112>
- [54] Connerton PL, Richards P, Lafontaine GM, O'Kane PM, Ghaffar N, Cummings NJ, et al. The effect of the timing of exposure to *Campylobacter jejuni* on the gut microbiome and inflammatory responses of broiler chickens. *Microbioma.* 2018;6(1):88. Doi: <https://doi.org/10.1186/s40168-018-0477-5>
- [55] Eberle KN, Kiess AS. Phenotypic and genotypic methods for typing *Campylobacter jejuni* and *Campylobacter coli* in poultry. *Poult Sci.* 2012;91(1):255-64. Doi: <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01414>
- [56] Humphrey T, O'Brien S, Madsen M. *Campylobacters* as zoonotic pathogens: A food production perspective. *Int J Food Microbiol.* 2007;117(3):237-57. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.01.006>.
- [57] Li XY, Kogut CL, Chiang MH, Wang HI, Genovese Y. Caecal transcriptome analysis of colonized and non-colonized chickens within two genetic lines that differ in caecal colonization by *Campylobacter jejuni*. *Anim Genet.* 2011;42(5):491-500. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2010.02168.x>.

- 24 *Salmonella* sp., *Campylobacter* sp., *Escherichia coli*. en el sector avícola, bacterias que ponen en riesgo la seguridad alimentaria
- [58] Lanier WA, Hale KR, Geissler AL, Dewey-Mattia D. Chicken Liver–Associated Outbreaks of Campylobacteriosis and Salmonellosis, United States, 2000–2016: Identifying opportunities for prevention. *Foodborne Pathog Dis.* 2018; 15(11): 726–733. Doi: <https://doi.org/10.1089/fpd.2018.2489>
- [59] Sibanda N, McKenna A, Richmond A, Ricke SC, Callaway T, Stratakos AC, et al. A review of the effect of management practices on Campylobacter prevalence in poultry farms. *Front. Microbiol.* 2018;9:1-9. Doi: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02002>
- [60] Farmer S, Keenan A, Vivancos R. Food-borne Campylobacter outbreak in Liverpool associated. *Public Health.* 2012;126(8):657-9. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2012.02.004>
- [61] Unicomb LE, Fulerton KE, Kirk D M, Stafford R. Outbreaks of Campylobacteriosis in Australia, 2001 to 2006. *Foodborne Pathog Dis.* 2009;6(10):1241-50. Doi: <https://doi.org/10.1089/fpd.2009.0300>
- [62] Mazick A, Etheberg S, Moller N, Molback K, Lisby M. An outbreak of Campylobacter jejuni associated with consumption of chicken, Copenhagen, 2005. *Euro Surveill.* 2006;11(5):137-9.
- [63] Ewers C, Antao EM, Diehl I, Philipp HC, Wieler L. Intestine and environment of the chicken as reservoirs for extraintestinal pathogenic *Escherichia coli* Strains with zoonotic potential. *Appl Environ Microbio.* 2009; 75(1):184-192. Doi: <https://doi.org/10.1128/AEM.01324-08>
- [64] Ewers C, Schuffner C, Weiss R, Baljer G, Wieler LH. Molecular characteristics of *Escherichia coli* serogroup O78 strains isolated from diarrheal cases in bovines urge further investigations on their zoonotic potential. *Mol Nutr Food Res.* 2004;48(7):504-14. Doi: <https://doi.org/10.1002/mnfr.200400063>
- [65] Johnson TJ, Logue CM, Wannemuehler Y, Kariyawasam, Doetkjott C, Debroy C, et al. Examination of the source and extended virulence genotypes of *Escherichia coli* contaminating retail poultry meat. *Foodborne Pathogens and Disease.* 2009;6(6).
- [66] Russo TA, Johnson JR. Medical and economic impact of extraintestinal infections due to *Escherichia coli*: focus on an increasingly important endemic problem. *Microbes Infect.* 2003 Apr;5(5):449-56. Doi: [https://doi.org/10.1016/s1286-4579\(03\)00049-2](https://doi.org/10.1016/s1286-4579(03)00049-2).
- [67] Johnson JR, Sannes MR, Croy C, Johnston B, Clabots C, Kuskowki MA, et al. Antimicrobial Drug–Resistant *Escherichia coli* from Humans and Poultry Products, Minnesota and Wisconsin, 2002–2004. *Emerg Infect Dis.* 2007; 13(6): 838–846. Doi: <https://doi.org/10.3201/eid1306.061576>



- [68] Marshall K, Nguyen TA, Ablan M, Nichols MC, Robyn MP, Sundararaman P, et al. Investigations of possible multistate outbreaks of salmonella, shiga toxin-producing *Escherichia coli*, and *Listeria monocytogenes* infections — United States, 2016. *MMWR Surveill Summ. MMWR Surveill Summ.* 2020; 69 (6);1-14.
- [69] Hafez M , Attia YA. Challenges to the Poultry Industry: Current Perspectives and Strategic Future After the COVID-19 Outbreak. *Front Vet Sci.* 2020 26; 7[516].
- [70] Bergeron CR, Prussing C, Boerlin P, Daignault , Dutil L, Reid-Smith RJ, et al. Chicken as Reservoir for Extraintestinal Pathogenic *Escherichia coli* in Humans, Canada. *Emerg Infect Dis.* 2012;18(3):415-21. Doi: <https://doi.org/10.3201/eid1803.111099>.
- [71] Porter RE. Enteritis bacteriana de aves de corral. *Poult Sci.* 1998;77(8):1159-65. Doi: <https://doi.org/10.1093/ps/77.8.1159>
- [72] Divek VT, Kollanoor Johny. Salmonella in Poultry Meat Production. *Food Microbiology and Food Safety.* 2019, marzo, 1-24.
- [73] Stephen C, Buzby JC, Roberts T, Michael O, Lin CTJ. Economic Assessment of Food Safety Regulations: The New Approach to Meat and Poultry Inspection. *Agricultural Economics Report No. 755.* 1997.
- [74] Davies R. Poblaciones de patógenos en granjas Mead G, editor. New Haw: Woodhead; 2005.
- [75] Esteban JI, Oporto B, Aduriz G, Juste R, Hurtado A. A survey of food-borne pathogens in free-range poultry farms. *Int J Food Microbiol.* 2008;123(1-2):177-82. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.12.012>.
- [76] Huong CT, Murano T, Uno Y, Usui T, Yamaguchi T. Molecular detection of avian pathogens in poultry red mite [*Dermanyssus gallinae*] collected in chicken farms. *J Vet Med Sci.* 2014 Dec; 76(12): 1583–1587. Doi: <https://doi.org/10.1292/jvms.14-0253>
- [77] Alali WQ, Thakur S, Bergaus RD, Martin MP, Gebreyes WA. Prevalence and distribution of salmonella in organic and conventional broiler poultry farms. *Foodborne Pathog Dis.* 2010;7(11):1363-71. Doi: <https://doi.org/10.1089/fpd.2010.0566>.
- [78] Renwick SA, Irwin RJ, Clarke RC, McNab WB, Poppe C, Mc Ewen SA. Epidemiological associations between characteristics of registered broiler chicken flocks in Canada and the Salmonella culture status of floor litter and drinking water. *Can Vet J.* 1992;33(7):449-58.

- [79] Hwang D, Rothorock Jr MJ, Pang H, Guo M, Mishra A. Predicting *Salmonella* prevalence associated with meteorological factors in pastured poultry farms in southeastern United States. *Sci Total Environ*. 2020;713:136359. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136359>
- [80] Mead G. Microbiological quality of poultry meat • *Braz. J. Poult. Sci*. 2004;6(3). Doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-635X2004000300001>
- [81] Petracci M, Bianchi M, Cavani C. Pre-slaughter handling and slaughtering factors influencing poultry product quality. *Worlds Poult Sci J*. 2010;66(1), 17-26, Doi: <https://doi.org/10.1017/S0043933910000024>
- [82] Bolder NM. Microbial challenges of poultry meat production. *Worlds Poult Sci J*. 2007; 63(3):401-411. Doi: <https://doi.org/10.1017/S0043933907001535>
- [83] Berrang ME, Dickens JA. Presence and Level of *Campylobacter* spp. on Broiler Carcasses Throughout the Processing Plant. *Journal of Applied Poultry Research*. 2000; 9(1):43-47 <https://doi.org/10.1093/japr/9.1.43r4t5>
- [84] Northcutt JK, Jones DR. A Survey of Water Use and Common Industry Practices in Commercial Broiler Processing Facilities. *J Appl Poult Res*. 2004; 13(1);48-54 Doi: <https://doi.org/10.1093/JAPR/13.1.48>
- [85] Wideman N, Bailey M, Bilgili S, Thippareddi H, Wang L, Bratcher C, et al. Evaluating best practices for *Campylobacter* and *Salmonella* reduction in poultry processing plants. *Poult Sci*. 2016;95(2):306-15. Doi: <https://doi.org/10.3382/ps/pev328>
- [86] Bashor MP, Curtis PA, Keener KM, Sheldon BW, Kathariou S, Osborne JA. effects of carcass washers on *Campylobacter* contamination in large broiler processing plants. *Poult Sci*. 2004;83(7):1232-9. Doi: <https://doi.org/10.1093/ps/83.7.1232>
- [87] Schuler GA, Badenhop A. Microbiology survey of equipment in selected poultry processing plants. *Poultry Science*. 1972;51(3):830-5. Doi: <https://doi.org/10.3382/ps.0510830>
- [88] Oosterom J, Notermans S, Karman H, Engels GB. Origin and Prevalence of *Campylobacter jejuni* in Poultry Processing. *J Food Prot*. 1983;46(4):339-344. Doi: <https://doi.org/10.4315/0362-028X-46.4.339>
- [89] Parra A, Toro M, Jacob R, Navarrete P, Troncoso M, Figueroa G, et al. Antimicrobial effect of copper surfaces on bacteria isolated from poultry meat. *Braz. J. Microbiol*. 2018;49(suppl 1) Doi: <https://doi.org/10.1016/j.bjm.2018.06.008>

- [90] Alter. Prevention and mitigation strategies for *Campylobacter* with focus on poultry production. En: Klein G, editor, *Campylobacter*. Academic Press; 2017, p. 111-129. Doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803623-5.00006-X>
- [91] Palumbo SA. Is Refrigeration Enough to Restrain Foodborne Pathogens? *J Food Prot.* 1998; 49(12):1003-9. Doi: <https://doi.org/10.4315/0362-028X-49.12.1003>
- [92] Dominguez SA, Schaffner DW. Survival of salmonella in processed chicken products during frozen storage. *J Food Prot.* 2009;72(10):2088-92. Doi: <https://doi.org/10.4315/0362-028X-72.10.2088>.
- [93] Kataria J, Garner LJ, Mouna EA, Wang Y, Morey A. Investigating the effects of Functional Ice [FICE] on Salmonella-food safety, microbial spoilage and quality of raw poultry thigh meat during refrigerated storage. *Plos One.* 2020;15(6): e0234781. Doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0234781>
- [94] Dos Santos V, Dallago B, Racanicci A, Santana A, Bernal F. Effects of season and distance during transport on broiler chicken meat. *Poultry Science.* 2017 December; 96(12):4270-9. Doi: <https://doi.org/10.3382/ps/pex282>
- [95] Henley SC, Stein SE, Quinlan JJ. Identification of Unique Food Handling Practices That Could Represent Food Safety Risks for Minority Consumers. *J Food Prot.* 2012;45(11):2050-4. Doi: <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-12-146>
- [96] Pereira JG, Soares VM, Rodrigues Dos Santos E, Lloppez Graciela Volz , Payao Ddc, Duval Hallal , et al. Foods introduced into Brazil through the border with Argentina and Uruguay: Pathogen detection and evaluation of hygienic-sanitary quality. *Int. J. Food Microbiol.* 2018;283.
- [97] Byrd CB, Maurer J, Wheatley V, Cottone E, Clancy M. Observed food safety behaviours of young adults. *British Food Journal.* 2007;109(7):519-530.
- [98] Redmond EC, Griffith C. Consumer Food Handling in the Home: A Review of Food Safety Studies. *J Food Prot.* 2003;66(1):130-61. Doi: <https://doi.org/10.4315/0362-028x-66.1.130>
- [99] Medeiros LC, Kendall , Hillers V, Chen G, Dimascola S. Identification and Classification of Consumer Food-Handling Behaviors for Food Safety Education. *J Am Diet Assoc.* 2001;101(11):1326-39. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0002-8223\(01\)00318-2](https://doi.org/10.1016/S0002-8223(01)00318-2)
- [100] Langsrud S, Sorheim O, Skuland SE, Almlí VL, Jensen MR, Grovelen MS, et al. Cooking chicken at home: Common or recommended approaches to judge doneness may not assure suffi-

cient inactivation of pathogens. Plos One. 2020; 15(4):e0230928. Doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230928>

- [101] Ferrero Torres Y, Galiendo Borda M, Ramirez. Pathogens associated with foodborne diseases in school restaurants in Colombia. Revista chilena de nutrición. 2017;44(4):325-32. Doi: <https://dx.doi.org/10.4067/s0717-75182017000400325>.
- [102] Medeiros LC, Hillers VN, Kendall PA, Mason A. Food Safety Education: What Should We Be Teaching To Consumers? J Nutr Educ. 2001;33(2):108-13. Doi: [https://doi.org/10.1016/s1499-4046\(06\)60174-7](https://doi.org/10.1016/s1499-4046(06)60174-7)
- [103] Kosa KM, Cates S, Bradley S, Chambers E, Gonwin S. Consumer-reported handling of raw poultry products at home: Results from a national survey. J Food Prot. 2015;78(1):180-6. Doi: <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-14-231>
- [104] Jibril HA, Okeke IN, Dalsgaard A, Kudirkiene E, Akinlabi O, Bello M, et al. Prevalence and risk factors of Salmonella in commercial poultry farms in Nigeria. Plos One. 2020;15(9):e0238190. Doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0238190>
- [105] Redweik GAJ, Stromberg ZR, Van Goor A, Mellata M. Protection against avian pathogenic *Escherichia coli* and *Salmonella* Kentucky exhibited in chickens given both probiotics and live *Salmonella* vaccine. Poultry Science. 2020 February; 99(2):752-62. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.10.038>
- [106] Byrd JA, Anderson RC, Callaway TR, Moore RW, Knape KD, Kubena LF et al. Effect of experimental chlorate product administration in the drinking water on *Salmonella typhimurium* contamination of broilers. Poultry Science. 2003 September; 82(9):1403-6. <https://doi.org/10.1093/ps/82.9.1403>
- [107] Golden CE, Mishra A. Prevalence of *Salmonella* and *Campylobacter* spp. in Alternative and Conventionally Produced Chicken in the United States: A Systematic Review and Meta-Analysis. J Food Prot. 2020;83(7):1181-97. Doi: <https://doi.org/10.4315/JFP-19-538>.
- [108] Sibanda N, McKenna A, Richmond A, Ricke SC, Callaway T, Stratakos AC, et al. A Review of the effect of management practices on *Campylobacter* prevalence in poultry farms. Front. Microbiol. 2018;9:2002. Doi: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02002>
- [109] Wang R, Liang RR, Lin H, Zhu LX, Zhang YM, Mao YW, et al. Effect of acute heat stress and slaughter processing on poultry meat quality and postmortem carbohydrate metabolism. Poult Sci. 2017;96(3):738-746. Doi: <https://doi.org/10.3382/ps/pew329>

- [110] Constance DH, Martinez-Gomez F, Aboites-Marique G, Bonanno A. The problems with poultry production and processing. En: James Jr. HS, editor. The ethics and economics of agrifood competition. Springer; 2013, p. 155-175. Doi: [https://doi.org/10.1007/978-94-007-6274-9\\_8](https://doi.org/10.1007/978-94-007-6274-9_8)
- [111] Whyte P, Collins JD, Mc Gill K, Monahan C, O' Mahony H. Distribution and Prevalence of Airborne Microorganisms in Three Commercial Poultry Processing Plants. *J Food Prot.* 2001; 64(3):388-91. Doi: <https://doi.org/10.4315/0362-028x-64.3.388>.
- [112] Sasaki Y, Haruna M, Murakami M, Hayashida M, Takahashi N, Urushiyama T, et al. Contamination of Poultry Products with *Listeria monocytogenes* at Poultry Processing Plants. *J Vet Med Sci.* 2014; 76(1):129-132. Doi: <https://doi.org/10.1292/jvms.13-0267>
- [113] Radomysky T, Murano E, Olson DG, Murano PS. Elimination of Pathogens of Significance in Food by Low-dose Irradiation: A Review. *J Food Prot.* 1994; 57(1):73-86. Doi: <https://doi.org/10.4315/0362-028X-57.1.73>
- [114] Bearth A, Cousin ME, Siegrist M. Poultry consumers' behaviour, risk perception and knowledge related to campylobacteriosis and domestic food safety. *Food Control.* 2014;44:166-176. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.03.055>
- [115] Skovgaard N. New trends in emerging pathogens. *International Journal of Food Microbiology.* 2007;120(3):217-24. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.07.046>
- [116] Van Loo E, Alali W, Ricke S. Food Safety and Organic Meats. *Annual Review of Food Science and Technology.* 2012;3:203-225.
- [117] Angulo FJ, Baker NL, Olsen SJ, Anderson L, Barrett TJ. Antimicrobial use in agriculture: controlling the transfer of antimicrobial resistance to humans. *Semin Pediatr Infect Dis.* 2004;15(2):78-85. Doi: <https://doi.org/10.1053/j.spid.2004.01.010>
- [118] Nys Y, Bain M, Van F, editores. Immerseel Microbiology and safety of table eggs. Improving the Safety and Quality of Eggs and Egg Products. Woodhead Publishing; 2011.
- [119] Barbut S. Pale, soft, and exudative poultry meat-reviewing ways to manage at the processing plant. *Poultry Science.* 2009;88(7):1506-12. Doi: <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00118>
- [120] Lekshmi M, Ammini P, Kumar S, Varela MF. The Food production environment and the development of antimicrobial resistance in human pathogens of animal origin. *Microorganisms.* 2017;5(1):11. Doi: <https://doi.org/10.3390/microorganisms5010011>

- [121] Applegate TJ, Klose V, Steiner T, Ganner A, Schatzmayr G. Probiotics and phylogenics for poultry: Myth or reality. *Journal of Applied Poultry Research*. 2010;19(2): 194-210. Doi: <https://doi.org/10.3382/japr.2010-00168>
- [122] Foley SL, Johnson TJ, Ricke SC, Nayak R, Danzeisen J. *Salmonella* pathogenicity and host adaptation in chicken-associated serovars. *Microbiol Mol Biol Rev*. 2013;77(4):582-607. Doi: <https://doi.org/10.1128/MMBR.00015-13>
- [123] Park SY, Woodward CL, Kubena LF, Nisbet DJ, Birkhold SG, Ricke SC. Environmental dissemination of foodborne *Salmonella* in preharvest poultry production: reservoirs, critical factors, and research strategies. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*. 2008;38(2):73-111. Doi: <https://doi.org/10.1080/10643380701598227>
- [124] Ricke SC, Dawoud TM, Kim S, Hong S, Kwon Y. *Salmonella* cold stress response: Mechanisms and occurrence in foods. *Advances in Applied Microbiology*. 2018;104:1-38. Doi: <https://doi.org/10.1016/bs.aambs.2018.03.001>
- [125] Berghaus RD, Thayer S, Law B, M. Mild R, Hofacre C, Singer R. Enumeration of *Salmonella* and *Campylobacter* spp. in Environmental Farm Samples and Processing Plant Carcass Rinses from Commercial Broiler Chicken Flocks. *Appl Environ Microbiol*. 2013;79(13):4106-14. Doi: <https://doi.org/10.1128/AEM.00836-13>
- [126] Ricke SC, Dunkley CS, Durant JA. A review on development of novel strategies for controlling *Salmonella* Enteritidis colonization in laying hens: Fiber-based molt diets. *Poultry Science*. 2013;92(2):502-25. Doi: <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02763>
- [127] Horrocks SM, Anderson RC, Nisbet DJ, Ricke SC. Incidence and ecology of *Campylobacter jejuni* and *coli* in animals. *Anaerobe*. 2009;15(1):18-25.
- [128] Hermans D, Van Deun K, Martel A, Van Immerseel F, Messens W, Heyndrickx M, et al. Colonization factors of *Campylobacter jejuni* in the chicken gut. *Veterinary Research*. 2011;42(82):1-14. Doi: <https://www.veterinaryresearch.org/content/42/1/82>
- [129] Sibanda N, McKenna A, Richmond A, Ricke SC, Callaway T, Stratakos A. et al. A review of the effect of management practices on *Campylobacter* prevalence in poultry farms. *Frontiers in Microbiology*, 9(agos). Doi: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02002>
- [130] Sakaridis I, Ellis R, Cawtharaw SA, Arnoud VV, Stelkel DJ, Penell J, et al. Investigating the association between the caecal microbiomes of broilers and *Campylobacter* burden. *Front. Microbiol*. 2018;9:1-9. Doi: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00927>

- [131] Humphery S, Chaloner G, Kemmett K, Davisson N, Williams N, Kipar A, et al. *Campylobacter jejuni* Is Not Merely a Commensal in Commercial Broiler Chickens and Affects Bird Welfare. *American Society For Microbiology*. 2014;5(4);e01364-14. Doi: <https://doi.org/10.1128/mBio.01364-14>
- [132] Murphy C, Jordan KN, Carroll C. Environmental survival mechanisms of the foodborne pathogen *Campylobacter jejuni*. *Journal of applied microbiology*. 2006;100(4): 623-632.
- [133] Olsen K, Lund M, Skov J, Christensen LS, Hoorfar J. Detection of *Campylobacter* Bacteria in Air Samples for Continuous Real-Time Monitoring of *Campylobacter* Colonization in Broiler Flocks. *Applied and Environmental Microbiology*. 2009 April; 75(7): 2074-78. Doi: <https://doi.org/10.1128/AEM.02182-08>
- [134] Hermans D, Pasmans F, Messens W, Martel A, Van Immerseel F, Rasschaert G, et al. Poultry as a host for the zoonotic pathogen *Campylobacter jejuni*. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*. 2012;12(2). Doi: <https://doi.org/10.1089/vbz.2011.0676>
- [135] Newell D, Fearnley C. Sources of *Campylobacter* Colonization in Broiler Chickens. *Appl Environ Microbiol*. 2003;69(8):4343-51. Doi: <https://doi.org/10.1128/AEM.69.8.4343-4351.2003>
- [136] Indikova I, Humpherey TJ, Hilbert F. Survival with a Helping Hand: *Campylobacter* and Microbiota. *Frontiers in Microbiology*. 2015;6:1266. Doi: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.01266>
- [137] Skaridis I, Richard j E, Cawthraw SA, Van Vliet AHM, Stekel DJ, Penell J, et al. Investigating the association between the caecal microbiomes of broilers and *Campylobacter* burden. *Front. Microbiol*. 2018;9:1-9. Doi: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00927>
- [138] Wigley P. Blurred lines: pathogens, commensals, and the healthy gut. *Front. Vet. Sci*. 2015;2:40. Doi: <https://doi.org/10.3389/fvets.2015.00040>
- [139] Delicato ER, De Brito Bg, GAZIRI LCJ, Vidtto MC. Virulence-associated genes in *Escherichia coli* isolates from poultry with colibacillosis. *Veterinary Microbiology*. 2003; 94(2):97-103.
- [140] Janben T, Schwarz C, Preikschat P, Voss M, Philipp H, Wieler LH. Virulence-associated genes in avian pathogenic *Escherichia coli* [APEC] isolated from internal organs of poultry having died from colibacillosis. *International Journal of Medical Microbiology*. 2001;291(5):371-378. Doi: <https://doi.org/10.1078/1438-4221-00143>

- 32 *Salmonella* sp., *Campylobacter* sp., *Escherichia coli*. en el sector avícola, bacterias que ponen en riesgo la seguridad alimentaria
- [141] Stromberg ZR, Jhonson JR, Fairbrother JM. Evaluation of *Escherichia coli* isolates from healthy chickens to determine their potential risk to poultry and human health. *Vet Microbiol.* 2000; 75(1).
- [142] Belanger L, Garenaux A, Harel J, Boulianne M, Nadeau E, Dozois CM. *Escherichia coli* from animal reservoirs as a potential source of human extraintestinal pathogenic *E. coli*. *FEMS Immunology & Medical Microbiology.* 2011; 62(1):1-10.
- [143] Petracci M, Bianchi M, Mudalal S, Cavani C. Functional ingredients for poultry meat products. *Trends in Food Science & Technology.* 2013 33(1):27-39. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.06.004>
- [144] Grashorn MA. Research into poultry meat quality. *British Poultry Science.* 2010; 51(sup1): 60-67. <https://doi.org/10.1080/00071668.2010.506761>
- [145] Yang S, Altekruze S, Angulo FJ. Evaluation of safe food-handling instructions on raw meat and poultry products. *J Food Prot.* 2000; 63(10): 1321-5. Doi: <https://doi.org/10.4315/0362-028x-63.10.1321>
- [146] Sampers I, Berkevens D, Jacxsens L, Ciocci MC, Dumoulin A, Uyttendale. Survey of Belgian consumption patterns and consumer behaviour of poultry meat to provide insight in risk factors for campylobacteriosis. *Food Control.* 2012;26(2):293-299.
- [147] Patterson M. Sensitivity of bacteria to irradiation on poultry meat under various atmospheres. *Letters in Applied Microbiology.* 1988;7(3):55-58. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.1988.tb01251.x>
- [148] Lewis S, Velasquez A, Cuppett S, McKee S. Effect of electron beam irradiation on poultry meat safety and quality. *Poultry Science.* 2002; 81(6). Doi: <https://doi.org/10.1093/ps/81.6.896>.
- [149] Nisbet D. Cultivos de exclusión competitiva definidos en la prevención de la colonización por enteropatógenos en aves y cerdos. *Antonie van Leeuwenhoek volumen.* 2002 Diciembre; 81(481).
- [150] Patterson J, Burkholder K. Application of prebiotics and probiotics in poultry production. *Poult Sci.* 2003;82(4):627-31. Doi: <https://doi.org/10.1093/ps/82.4.627>
- [151] Lee K, Lillehoj HS, Siragusa GR. Direct-fed microbials and their impact on the intestinal microflora and immune system of chickens. *J Poult Sci.* 2010;47(2):106-114. Doi: <https://doi.org/10.2141/jpsa.009096>



- [152] Saint-Cry MJ, Guyard-Nicodème M, Messaoudi S, Chemaly M, Cappellier JM, Dousset X, et al. Recent Advances in Screening of Anti-Campylobacter Activity in Probiotics for Use in Poultry. *Front. Microbiol.* 2016 May.
- [153] Sanit. Cry MJ, Nicodeme MG, Messaoudi S, Chemaly M, Cappelier JM, Dousset X, et al. Recent Advances in Screening of Anti-Campylobacter Activity in Probiotics for Use in Poultry. *Front. Microbiol.* 2016;7:553. Doi : <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00553>
- [154] Phillips I, Caswell M, Cox T, De , De Groot B, Friis C, et al. Does the use of antibiotics in food animals pose a risk to human health? A critical review of published data. *J Antimicrob Chemother.* 2004;53(1):28-52. Doi: <https://doi.org/10.1093/jac/dkg483>
- [155] Levy SB. Antibiotic Resistance: Consequences of Inaction. *Clinical Infectious Diseases.* 2001;33(3):S124-S129. Doi: <https://doi.org/10.1086/321837>
- [156] Carlet J, Pulcini C, Piddock LJ. Antibiotic resistance: a geopolitical issue. *Clin Microbiol Infect.* 2014;20(10):949-53. Doi: <https://doi.org/10.1111/1469-0691.12767>
- [157] Van den Bogard AE, London N, Driessen C, Stobberingh EE. Antibiotic resistance of faecal *Escherichia coli* in poultry, poultry farmers and poultry slaughterers. *J Antimicrob Chemother.* 2001;47(6):763-71. Doi: <https://doi.org/10.1093/jac/47.6.763>
- [158] Monteagudo-Mera A, Rastall RA, Gibson GR, Charalampopoulos D, Chatzifragkou A. Adhesion mechanisms mediated by probiotics and prebiotics and their potential impact on human health. *Appl Microbiol Biotechnol.* 2019;103(16):6463-6472. Doi: <https://doi.org/10.1007/s00253-019-09978-7>
- [159] Bird A, Colon M, Christophersen C, Topping D. Resistant starch, large bowel fermentation and a broader perspective of prebiotics and probiotics. *Benef Microbes.* 2010;1(4):423-31. Doi: <https://doi.org/10.3920/BM2010.0041>
- [160] Rothrock MJ, Hiatt KL, Kiepper BH, Ingram K, Hilton A. Quantification of zoonotic bacterial pathogens within commercial poultry processing water samples using droplet digital PCR. *Advances in Microbiology.* 2013;3(405):403-411. Doi: <https://doi.org/10.4236/aim.2013.35055>
- [161] McClary D, Vogel G. Effect of timing of tilmicosin metaphylaxis on control of bovine respiratory disease and performance in feeder cattle. *The Bovine Practitioner.* 1999;33(2):155-161.
- [162] Aarestrup, F. M. [2005]. Veterinary drug usage and antimicrobial resistance in bacteria of animal origin. *Basic Clin Pharmacol Toxicol.* 2005;96(4):271-81. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1742-7843.2005.pto960401.x>

- [163] Rodrigues-Mano MC, Neri-Numan IA, Bueno Da Silva J, Paulino BN, Pessoa MG, Pastore M. Oligosaccharide biotechnology: an approach of prebiotic revolution on the industry. *Appl Microbiol Biotechnol*. 2018;102(1):17-37. Doi: <https://doi.org/10.1007/s00253-017-8564-2>
- [164] Humme ME. Historical perspective: Prebiotics, probiotics, and other alternatives to antibiotics. *Poult Sci*. 2011;90(11):2663-9. Doi: <https://doi.org/10.3382/ps.2010-01030>.
- [165] Anwar MI, Muhammad F, Awais MM, Akhtar M. A review of  $\beta$ -glucans as a growth promoter and antibiotic alternative against enteric pathogens in poultry. *Worlds Poult Sci J*. 2017;73(3):651-661. Doi: 10.1017/S0043933917000241
- [166] Kirkpatrick TL, Rockroth CS. *Compendium of cotton diseases*. 2nd ed.: American Phytopathological Society [APS Press]; 2001.
- [167] Phillips I, Casewell M, Cox T, De Groot B, Friis C, Jones R, et al. Does the use of antibiotics in food animals pose a risk to human health? A critical review of published data. *J Antimicrob Chemother*. 2004;53(1):28-52. Doi: <https://doi.org/10.1093/jac/dkg483>
- [168] Joerger RD. Alternatives to antibiotics: bacteriocins, antimicrobial peptides and bacteriophages. *Poult Sci*. 2003;82(4):640-7. Doi: <https://doi.org/10.1093/ps/82.4.640>
- [169] Pourabendin M, Zhao X. Prebiotics and gut microbiota in chickens. *FEMS Microbiol Lett*. 2015;362(15):fnv122. Doi: <https://doi.org/10.1093/femsle/fnv122>.
- [170] Cherrington CA, Hilton M, Mead GC, Chopra I. Organic acids: Chemistry, antibacterial activity and practical applications. *Adv Microb Physiol*. 1991;32:87-108. Doi: [https://doi.org/10.1016/s0065-2911\(08\)60006-5](https://doi.org/10.1016/s0065-2911(08)60006-5)
- [171] Lianou A, Koutsoumanis KP. Strain variability of the behavior of foodborne bacterial pathogens: A review. *Int J Food Microbiol*. 2013;167(3):310-21. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2013.09.016>.