

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA AGRARIA DE COLOMBIA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
PROGRAMA DE MEDICINA VETERINARIA



UNIAGRARIA

Fundación Universitaria Agraria
de Colombia

LA U VERDE DE COLOMBIA

RESISTENCIA ANTIMICROBIANA EN CARNE DE BOVINOS Y DE AVES

Preparado por
ANGIE VERÓNICA CASTRO OBANDO
10569

Bogotá, noviembre

2023

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA AGRARIA DE COLOMBIA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
PROGRAMA DE MEDICINA VETERINARIA



UNIAGRARIA

Fundación Universitaria Agraria
de Colombia

LA U VERDE DE COLOMBIA

RESISTENCIA ANTIMICROBIANA EN CARNE DE BOVINOS Y DE AVES

Preparado por
ANGIE VERÓNICA CASTRO OBANDO
10569

Tutor o Director
VÍCTOR MANUEL ACERO PLAZAS

Bogotá, noviembre
2023

RESUMEN

La resistencia antimicrobiana es una problemática en salud pública a nivel mundial, que se ha visto favorecida principalmente por el uso rutinario e inadecuado de los antimicrobianos en la industria alimentaria. Esto dejando como resultado microorganismos multirresistentes que ponen en peligro la eficacia de los métodos de prevención y de tratamiento empleados en infecciones adquiridas en carnes de bovinos y de aves. Esta revisión sistemática de la literatura se realizó con la finalidad de describir la resistencia antimicrobiana en carne de bovinos y de aves, mediante una revisión exhaustiva en bases de datos científicas como Scopus, EBSCOhost, Scielo y PubMed sobre temas de resistencia antimicrobiana en carne de bovinos y de aves, en artículos originales publicados entre 2017 y 2023. El análisis de los 7 artículos seleccionados se realizó a partir de la información extraída sobre los tipos de microorganismos y los porcentajes de resistencia antimicrobiana obtenidos por los autores de los artículos incluidos. Los resultados obtenidos en las investigaciones incluidas en la presente revisión, mostraron que microorganismos patógenos como: *Salmonella spp* y *Escherichia coli* en aislamiento de carne de aves; *Clostridioides difficile* y *Staphylococcus aureus* en aislamientos de carne de bovinos, presentaron una significativa resistencia antimicrobiana frente a los antimicrobianos evaluados; tal como fue el caso del patógeno *Salmonella spp* evaluado en carne de ave que presentó una mayor resistencia a la Ampicilina al obtenerse un porcentaje del 98.84% de resistencia, frente a los ocho antimicrobianos evaluados en el mismo estudio. A modo de conclusión, se resalta la preocupante necesidad de la aplicación de estrategias, que permitan reducir el riesgo de contaminación de enfermedades causadas por estos importantes microorganismos que a diario comprometen la calidad de los productos cárnicos (bovinos y aves) y la salud de los consumidores, como consecuencia del evidente uso indiscriminado de antimicrobianos como la Ampicilina, Tetraciclina, Gentamicina, Estreptomina, Cotrimoxazol, Carbenicilina y Perfloxacina que son empleados en prácticas de medicina veterinaria y medicina humana.

Palabras claves: antimicrobianos, aislamientos, resistencia antimicrobiana en carne de bovinos, resistencia antimicrobiana en carne de aves, resistencia antimicrobiana.

ABSTRACT

Antimicrobial resistance is a public health problem worldwide, which has been favored mainly by the routine and inappropriate use of antimicrobials in the food industry. This results in multi-resistant microorganisms that endanger the effectiveness of the prevention and treatment methods used in infections acquired in bovine and poultry meat. This systematic review of the literature was carried out with the purpose of describing antimicrobial resistance in beef and poultry meat, through an exhaustive review in scientific databases such as Scopus, EBSCOhost, Scielo and PubMed on topics of antimicrobial resistance in beef meat. and birds, in original articles published between 2017 and 2023. The analysis of the 7 selected articles was carried out based on the information extracted about the types of microorganisms and the percentages of antimicrobial resistance obtained by the authors of the included articles. The results obtained in the investigations included in this review showed that pathogenic microorganisms such as: *Salmonella spp* and *Escherichia coli* in isolation from poultry meat; *Clostridioides difficile* and *Staphylococcus aureus* in bovine meat isolates presented significant antimicrobial resistance against the antimicrobials evaluated; As was the case of the pathogen *Salmonella spp* evaluated in poultry meat, which presented greater resistance to Ampicillin, obtaining a percentage of 98.84% resistance, compared to the eight antimicrobials evaluated in the same study. In conclusion, the worrying need for the application of strategies is highlighted to reduce the risk of contamination of diseases caused by these important microorganisms that daily compromise the quality of meat products (bovine and poultry) and the health of animals. consumers, as a consequence of the evident indiscriminate use of antimicrobials such as Ampicillin, Tetracycline, Gentamicin, Streptomycin, Cotrimoxazole, Carbenicillin and Perfloxacin that are used in veterinary medicine and human medicine practices.

Keywords: antimicrobials, isolates, antimicrobial resistance in bovine meat, antimicrobial resistance in poultry meat, antimicrobial resistance.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el abordar el tema de resistencia antimicrobiana resulta de gran importancia, ya que en las últimas décadas se han reducido significativamente las posibilidades de tratamientos eficaces contra las infecciones adquiridas especialmente por bacterias gram-negativas, que en su mayoría resultan ser resistentes a varios antibióticos usados en la medicina humana y en la medicina veterinaria (González *et al.*, 2019).

El uso indiscriminado de los antimicrobianos, ya sea por desconocimiento o malas prácticas en medicina veterinaria con fines terapéuticos, profilácticos, metafilácticos y como promotores de crecimiento; así como, en la medicina humana con objetivos terapéuticos y profilácticos; son factores que han favorecido los mecanismos de resistencia que presentan los microorganismos y que como resultado de los procesos adaptativos de las bacterias patógenas, se ha reducido sustancialmente el efecto potencial de los medicamentos para el tratamiento eficaz de las infecciones adquiridas tanto en el hombre como en los animales (Melgarejo *et al.*, 2022).

Por otra parte, se destaca la deficiente aplicación de medidas de bioseguridad para la prevención y control de enfermedades, que conllevan al uso excesivo de antimicrobianos al incrementar las infecciones. Otras de las problemáticas que incrementa las posibilidades de la resistencia antimicrobiana está relacionada con: la falta de asesoría en la compra de antimicrobianos por parte de un médico veterinario, la compra de antibióticos en lugares no autorizado y sin prescripción de un médico veterinario competente, carencias de condiciones adecuadas para el transporte y almacenamiento de los antibióticos formulados, omisión de las indicaciones dadas por los médicos veterinarios, uso innecesario de antimicrobianos para el tratamiento de enfermedades no identificadas, entre otras situaciones que hoy en día han contribuido a que muchas enfermedades estén dejando de responder a los antibióticos de uso común, lo que pone en peligro la vida de los animales y de las personas (Vanegas y Jiménez, 2020).

Por lo anterior, el tema de los antimicrobianos debe ser abordado de acuerdo con las necesidades de tratamientos, debido al amplio uso que presenta los antibióticos en las industrias dedicadas a la producción de animales para consumo humano, como lo son la producción de aves y bovinos, que sin duda a diario requieren de una gran variedad de antibióticos para tratar las posibles enfermedades que se pueden presentar e impactar en la calidad del producto final (Fernández *et al.*, 2021).

En tal sentido, conocer qué tipos de microorganismos patógenos pueden generar resistencia antimicrobiana tanto en animales como en humanos resulta ser un punto clave de partida para garantizar el suministro adecuado de los antibióticos en tratamientos de infecciones adquiridas, ya que el punto más crítico contra la lucha de la resistencia antimicrobiana es el suministro sin indicaciones por parte de un profesional competente como lo es el médico veterinario (Fernández *et al.*, 2021).

Por consiguiente, esta revisión sistemática tuvo como propósito describir los tipos de microorganismos (bacterias) que presentan resistencia antimicrobiana frente a diversos antibióticos evaluados por diferentes investigadores en carne de bovinos y de aves. Esto al reconocer que la resistencia antimicrobiana es una problemática en salud pública a nivel mundial, que ha dejado como resultado pérdidas económicas en la producción de alimentos para consumo humano y efectos graves en la salud de las personas y los animales, que a diario se reflejan en el incremento de las tasas de morbilidad y mortalidad.

1. OBJETIVOS

1.1 GENERAL

Describir la resistencia antimicrobiana en carne de bovinos y de aves, mediante una revisión sistemática de la literatura.

1.2 ESPECÍFICOS

- Identificar estudio sobre la resistencia antimicrobiana en carne de bovinos y de aves.
- Documentar estudios sobre la resistencia antimicrobiana en carne de bovinos y de aves.
- Analizar la resistencia antimicrobiana en carne de bovinos y de aves.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 RESISTENCIA ANTIMICROBIANA

Esta se define como la capacidad que tienen los microorganismos para resistir a los efectos de las concentraciones de antibióticos clínicamente relevantes, lo cual indica que los microbios no se eliminan, sino que continúan multiplicándose (Giono *et al.*, 2020).

La resistencia a los antimicrobianos constituye un tema de preocupación mundial, ya que muchas enfermedades han dejado de responder al suministro de los antibióticos empleados en la medicina veterinaria y la medicina humana, que ha conllevado a que las infecciones persistan en los organismos y en últimas se incrementa el riesgo de propagación de las enfermedades infecciosas en personas, animales, alimentos y el medio ambiente como agua, suelo y aire (Giono *et al.*, 2020).

Los mecanismos involucrados en la aparición y diseminación de resistencia a antibióticos tienen origen en el genoma bacteriano, el cual está compuesto por un cromosoma donde se localiza toda la información necesaria para el desarrollo de la bacteria durante su ciclo de vida; así mismo, se encuentran todos aquellos elementos genéticos extracromosomales. En estos últimos se encuentran plásmidos, secuencias de inserción, transposones e integrones, en los cuales se localizan genes que bajo ciertas condiciones favorecen la supervivencia de las bacterias. En ese sentido, el cromosoma es heredado verticalmente por los descendientes de la bacteria, mientras que los elementos genéticos extracromosomales tienen la posibilidad de ser transferidos tanto de manera horizontal como vertical. Por lo anterior, es importante resaltar que las mutaciones cromosomales pueden ocurrir en la secuencia de nucleótidos de genes estructurales que son blanco de acción de algunos antibióticos. De igual forma, los antibióticos generan presión selectiva para mantener bacterias resistentes e inducir transferencia horizontal

de genes de resistencia entre bacterias y a su vez, la resistencia es modulada por la presencia ambiental del antibiótico Estr

2.2 RESISTENCIA ANTIMICROBIANA EN CARNE DE BOVINO

La resistencia antimicrobiana en carne de bovinos puede resultar cuando se llevan a cabo prácticas higiénico - sanitarias inadecuadas en los procesos de ordeño y producción. Sumado, al uso indiscriminado de los antimicrobianos en las prácticas veterinarias, al utilizar convencionalmente antibióticos en la producción para reducir costos de alimentos, agua, engorde y calefacción y/o ventilación según sean los propósitos. De ahí que, la resistencia antimicrobiana sea una problemática en salud pública a nivel mundial, que impacta negativamente en el bienestar de los animales; en lo relacionado con el fracaso en los tratamientos terapéuticos, aumentos significativos en la tasa de mortalidad y morbilidad, progresión de enfermedades a procesos crónicos, transmisión de enfermedades de un animal a otros, pérdidas económicas y afectaciones en la salud de las personas por el consumo de productos y subproductos derivados de esta importante actividad (Arenas y Moreno, 2018).

2.3 RESISTENCIA ANTIMICROBIANA EN CARNE DE AVES

La resistencia antimicrobiana en la industria avícola está relacionada principalmente con el uso inadecuado de antimicrobianos empleados como promotores de crecimiento y en el tratamiento de enfermedades infecciosas. Sumado, a las prácticas ineficientes de manufactura durante los procesos de producción, manejo y manipulación de las aves, que sin duda aumentan el riesgo de encontrar microorganismos potencialmente patógenos que se vehiculizan por el alimento, aves, o sus derivados; transformando el producto en reservorio de patógenos o de microorganismos que comprometen la inocuidad de la producción y finalmente, dando origen a las Enfermedades Transmitidas por los Alimentos (ETA) que hoy por hoy comprometen la salud de los consumidores finales (Carvajal, 2019).

3. MARCO LEGAL

En este apartado se relaciona el marco normativo vigente aplicable a la presente monografía, en el territorio colombiano.

Se señala la Resolución 115708 de 2021, a través de la cual se establecen los requisitos para obtener la Autorización Sanitaria y de Inocuidad en los predios productores de animales destinados a la producción de carne y/o leche para el consumo humano; específicamente los requisitos de buenas prácticas para el uso de medicamentos veterinarios que se establecen el artículo 9 de la presente resolución (Instituto Colombiano Agropecuario, 2021).

Entre tanto, la Resolución 00022747 de 2018, mediante la cual se prohíbe la importación, fabricación, registro, comercialización y uso de aditivos que contengan polimixina E (colistina) y polimixina B como promotores de crecimiento en especies animales productoras de alimentos para el consumo humano (Instituto Colombiano Agropecuario, 2018).

Del mismo modo, conforme a la Resolución 1382 de 2013, se establecen los límites máximos para residuos de medicamentos veterinarios en los alimentos de origen animal, destinados al consumo humano; tal como se establece en su Capítulo II, artículo 4 para cada especie animal, en especial bovino y aves (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

Finalmente, se indica la Resolución 242 de 2013, a través de la cual se establecen los requisitos sanitarios para el funcionamiento de las plantas de beneficio de aves de corral, desprese y almacenamiento, comercialización, expendio, transporte, importación o exportación de carne y productos cárnicos comestibles. Específicamente, en su artículo 47, en el cual se señala que en caso de aves sometidas o sospechosas de haber sido tratadas con antibióticos u otros agentes quimioterapéuticos, o a sustancias que dejen residuos en las

carnes, deben ser faenadas y retenidas para los análisis pertinentes que determine la autoridad sanitaria. Sus canales y todas sus partes comestibles serán retenidas en espera de los resultados del laboratorio, en atención a los cuales se permitirá su comercialización o se ordenará la destrucción final. Lo anterior dando cumplimiento a la reglamentación vigente de residuos y contaminantes (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

4. DISEÑO METODOLÓGICO

Se realizó una revisión sistemática de la literatura de estudios realizados por diferentes autores sobre la resistencia antimicrobiana en carne de bovinos y de aves, teniendo en cuenta los métodos y procedimientos que se describen, a continuación:

4.1. ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA

Como estrategia de búsqueda para la recolección de información se realizó una revisión bibliográfica en bases de datos científicas como Scopus, EBSCOhost, Scielo y PubMed. Para la búsqueda en línea se emplearon términos del Descriptor en Ciencias de la Salud – DECS (Antimicrobial resistance in beef; Antimicrobial resistance in poultry; Antimicrobial resistance in chicken meat; Antimicrobial resistance in bovine carcasses); Medical Subject Headings-MeSH ("Drug Resistance, Microbial"[Mesh]) OR "Chickens"[Mesh]; ("Drug Resistance, Microbial"[Mesh]) OR "Poultry"[Mesh]; (("Drug Resistance, Microbial"[Mesh])) OR "Red Meat"[Mesh]) y términos de texto libre (resistencia antimicrobiana en carne de bovinos y resistencia antimicrobiana en carne de aves), con la finalidad de garantizar una búsqueda apropiada en las bases de datos científicas anteriormente señaladas.

Para la búsqueda en las bases de datos científicas Scopus y Pubmed se emplearon los términos Mesh ("Drug Resistance, Microbial"[Mesh]) OR "Chickens"[Mesh]; ("Drug Resistance, Microbial"[Mesh]) OR "Poultry"[Mesh]; (("Drug Resistance, Microbial"[Mesh])) OR "Red Meat"[Mesh]); mientras, que para la búsqueda en las bases de datos Scielo y EBSCOhot se utilizaron las combinaciones de términos DECS (Antimicrobial resistance in beef; Antimicrobial resistance in poultry; Antimicrobial resistance in chicken meat; Antimicrobial resistance in bovine carcasses) y los términos de texto libre (resistencia antimicrobiana en carne de bovinos y resistencia antimicrobiana en carne de aves).

4.2. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

Como criterios de inclusión se tuvieron en cuenta artículos originales de revistas científicas, publicados a partir del año 2017 a la fecha en idioma español e inglés. De igual forma, artículos con metodologías donde se evidenció claramente la resistencia antimicrobiana de microorganismos estudiados frente a los antimicrobianos evaluados.

Por otra parte, se excluyeron artículos duplicados; estudios en los que no se evaluó la resistencia antimicrobiana en carne de bovino y de aves; investigaciones con metodología que no reportaron datos claros sobre la resistencia antimicrobiana para cada antibiótico estudiado. De igual forma, se excluyeron artículos de revisión sistemática.

4.3 SELECCIÓN DE ARTÍCULOS

Para la selección de los artículos científicos, se realizó una lectura crítica de los artículos con relevancia en títulos, resumen y palabras claves, a fin de seleccionar los estudios que cumplieron con los criterios de inclusión establecidos.

4.4 EXTRACCIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DE LOS ARTÍCULOS SELECCIONADOS

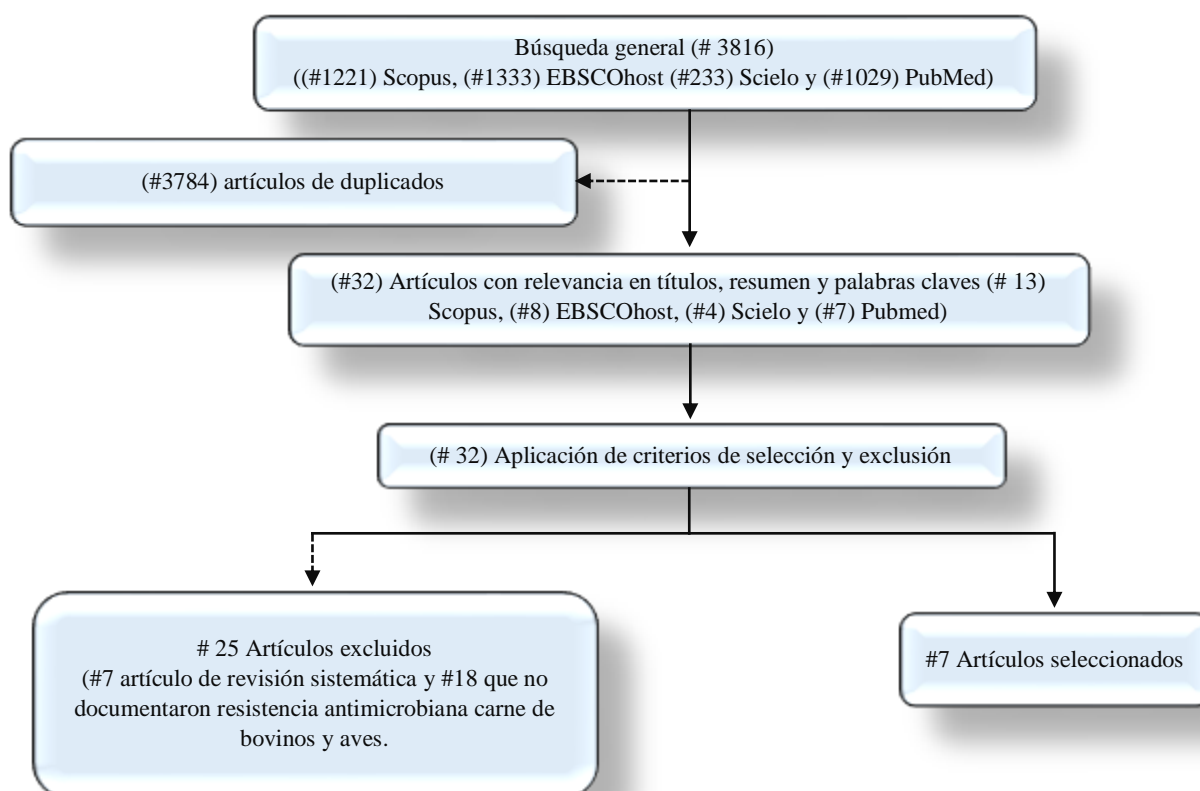
Para la extracción de la información de los artículos científicos que se seleccionaron, se elaboró tablas comparativas especificando criterios como: autor(es), tipo de producto cárnico, tipo de microorganismos estudiado, serotipo, antimicrobiano evaluado, porcentaje de resistencia, total de muestras analizadas y lugar de estudio.

Finalmente, se realizó el análisis de la información extraída de los artículos seleccionados, a fin de describir que tipos de microorganismos presentan resistencia antimicrobiana frente a los antibióticos estudiados por los autores de los artículos que se seleccionaron para la presente revisión sistemática.

5. REVISIÓN SISTEMÁTICA Y ANALÍTICA

El proceso de búsqueda y selección de artículos se resumió de manera detallada usando un organigrama de búsqueda y selección de artículos, tal como se aprecia en la figura 1.

Figura 1. Organigrama de búsqueda y selección de artículos



Adaptado de: Niño *et al.*, 2015

En las tablas 1 y 2 se muestran los datos relevantes de cada uno de los siete artículos incluidos en la presente revisión sistemática de la literatura. En especial los tipos de microorganismos (bacterias) que presentan resistencia antimicrobiana frente a diversos antibióticos evaluados por diferentes investigadores en carne de bovinos y de aves.

Tabla 1. Comparativo de datos relevantes y susceptibilidad antimicrobiana en carne de aves

Autor	Tipo de producto cárnico	Tipo de microorganismos estudiado	Serotipo	Antimicrobiano evaluado	% de resistencia	Total muestras analizadas	Lugar de estudio	
Das <i>et al.</i> , 2022	Pollo de engorde	<i>Salmonella</i>	-	Ampicilina	98.84	85	Granjas de pollos de engorde, Distrito de Chattogram, Asia	
				Cefoxitina	40.70	35		
				Ceftriaxona	9.30	8		
				Ciproloxacina	50.0	43		
				Enroloxacina	56.98	49		
				Gentamicina	86.05	74		
				Sulfametoxazol/trimetoprima	67.44	58		
Sasaki <i>et al.</i> , 2021	Canal de pollo	<i>Salmonella</i>	<i>schwarzengrund</i>	Ampicilina	0.7	146	Productos de pollo locales en Japón	
				Cefazolina	0.0	146		
				Cefotaxima	0.0	146		
				Estreptomina	67.8	146		
				Gentamicina	0.0	146		
				Kanamicina	63.7	146		
				Tetraciclina	63.7	146		
				Ácido nalidíxico	16.4	146		
				Colistina	0.0	146		
				Cloranfenicol	1.4	146		
				<i>infantis</i>	Ampicilina	13.3		30
					Cefazolina	10.0		30
					Cefotaxima	10.0		30
					Estreptomina	86.7		30
			Gentamicina		3.3	30		
			Kanamicina		33.3	30		
			Tetraciclina		80.0	30		
			Ácido nalidíxico		13.3	30		
			Colistina		0.0	30		
			Cloranfenicol		0.0	30		
			<i>manhattan</i>	Ampicilina	5.9	17		
				Cefazolina	5.9	17		
				Cefotaxima	5.9	17		
				Estreptomina	88.2	17		
				Gentamicina	0.0	17		
				Kanamicina	5.9	17		
				Tetraciclina	70.6	17		
				Ácido nalidíxico	5.9	17		
				Colistina	0.0	17		
				Cloranfenicol	0.0	17		
			<i>agona</i>	Ampicilina	0.0	4		
				Cefazolina	0.0	4		
				Cefotaxima	0.0	4		
Estreptomina	100	4						
Gentamicina	0.0	4						
Kanamicina	25.0	4						
Tetraciclina	100	4						
Ácido nalidíxico	0.0	4						
Colistina	0.0	4						
Cloranfenicol	25.0	4						
Ben <i>et al.</i> , 2019	Canal de pollo	<i>Salmonella</i>	-	Ácido nalidíxico	62.0	97	Empresa procesadora de alimentos y granjas privadas (sur)	
				Ciprofloxacina	24.40			
				Amoxicilina-ácido clavulánico	16.0			
				Cefotaxima	8.80			

				Ofloxacina	8.80		de Túnez)
				Trimetoprim-sulfametoxazol	8.80		
				Ceftazidima	2.20		

Autor	Tipo de producto cárnico	Tipo de microorganismos estudiado	Serotipo	Antimicrobiano evaluado	% de resistencia	Total muestras analizadas	Lugar de estudio
Ruiz <i>et al.</i> , 2018	Pollo	<i>Escherichia coli</i>	-	Ampicilina	94.6	53	Mercados tradicionales del norte (Comas, San Martín), centro (La Victoria, Cercado de Lima) y sur (Villa El Salvador) de Lima.
				Amoxicilina Ácido Clavulánico	16.1	9	
				Azitromicina	39.3	22	
				Cloranfenicol	82.1	46	
				Ácido nalidixico	89.3	50	
				Ciprofloxacino	83.9	47	
				Furazolidona	30.4	17	
				Cotrimoxazol	100	56	
Villalpando <i>et al.</i> , 2017	Carne molida de pollo	<i>Salmonella</i>	Entérica	Tetraciclina	94.6	53	Mercados sobre ruedas y tres diferentes supermercados en la delegación Iztapalapa perteneciente a la Ciudad de México
				Amikacina	5.0	7	
				Ceftriaxona	7.2	10	
				Cefalotina	5.8	8	
				Carbenicilina	59.0	82	
				Ampicilina	95.0	132	
				Cloramfenicol	82.0	114	
				Gentamicina	26.6	37	
				Cefotaxima	73.4	102	
				Cotrimoxazol	5.8	8	
				Nitrofurantoina	5.8	8	
Netilmicina	5.0	7					
Perfloxacina	62.6	87					

Adaptado de: Das *et al.*, 2022; Sasakiet *et al.*, 2021; Ben *et al.*, 2019; Ruiz *et al.*, 2018 & Villalpando *et al.*, 2017

Tabla 2. Comparativo de datos relevantes y susceptibilidad antimicrobiana en carne de bovinos

Autor	Tipo de producto cárnico	Tipo de microorganismos estudiado	Serotipo	Antimicrobiano evaluado	% de resistencia	Total muestras analizadas	Lugar de estudio
Bacheno <i>et al.</i> , 2022	Carne cruda de vacuno	<i>Clostridioides</i>	<i>difficile</i>	Cloranfenicol	0.0	2	Mataderos en el norte de Irán
				Eritromicina	50.0	2	
				Ciprofloxacina	50.0	2	
				Tetraciclina	100.0	2	
				Meropenem	0.0	2	
				Clindamicina	50.0	2	
				Metronidazol	50.0	2	
				Moxifloxacina	50.0	2	
				Rifampicina	50.0	2	
				Vancomicina	50.0	2	
Levofloxacina	50.0	2					
Bier <i>et al.</i> , 2022	Carne cruda vacuna	<i>Salmonella spp</i>	-	Cefepima	0.0	71	Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil
				Ciprofloxacina	0.0		
				Cloranfenicol	0.0		
				Gentamicina	1.0		
				Penicilina	0.0		
		<i>Staphylococcus aureus</i>	-	Tetraciclina	4.0		
				Cefepima	0.0		
				Ciprofloxacina	0.0		
				Cloranfenicol	1.0		
				Gentamicina	0.0		
Penicilina	10.0						

				Tetraciclina	3.0		
--	--	--	--	--------------	-----	--	--

Autor	Tipo de producto cárnico	Tipo de microorganismos estudiado	Serotipo	Antimicrobiano evaluado	% de resistencia	Total muestras analizadas	Lugar de estudio
Ruiz <i>et al.</i> , 2018	Vacuno	<i>Escherichia coli</i>	-	Ampicilina	44.0	11	Mercados tradicionales del norte (Comas, San Martín), centro (La Victoria, Cercado de Lima) y sur (Villa El Salvador) de Lima.
				Amoxicilina Ácido Clavulánico	16.0	4	
				Azitromicina	8.0	2	
				Cloranfenicol	4.0	1	
				Ácido nalidixico	16.0	4	
				Ciprofloxacino	0.0	0	
				Furazolidona	4.0	1	
				Cotrimoxazol	12.0	3	
	Tetraciclina	52.0	13				
Villalpan do <i>et al.</i> , 2017	Carne molida de res	<i>Salmonella</i>	<i>entérica</i>	Amikacina	7.6	9	Mercados sobre ruedas y tres diferentes supermercados en la delegación Iztapalapa perteneciente a la Ciudad de México
				Ceftriaxona	16.9	20	
				Cefalotina	6.8	7	
				Carbenicilina	82.2	97	
				Ampicilina	92.4	109	
				Cloramfenicol	90.7	107	
				Gentamicina	7.6	9	
				Cefotaxima	78.8	93	
				Cotrimoxazol	5.9	7.0	
				Nitrofurantoina	9.3	11	
				Netilmicina	5.9	7.0	
	Perfloxacina	97.5	115				

Adaptado de: Bacheno *et al.*, 2022; Bier *et al.*, 2022; Ruiz *et al.*, 2018 & Villalpando *et al.*, 2017

En este apartado, se muestra el análisis de los resultados obtenidos en la presente revisión sistemática de la literatura con respecto a estudios similares realizados por otros autores.

De acuerdo, con los resultados obtenidos en la presente revisión sistemática de la literatura, Bacheno *et al.*, 2022 en un estudio realizado en carne cruda de vacuno en mataderos en el norte de Irán; lograron obtener como resultado que el microorganismo *Clostridioide difficile* presentó un alto porcentaje de resistencia frente a los antimicrobianos evaluados, ya que la mayor resistencia la presentó la Tetraciclina en un 100%, tal como se muestra en la tabla 2. Lo expuesto anteriormente, no coincide con otro estudio realizado por Zhang *et al.*, 2020 en China, debido a que los autores lograron reportar que ninguna de las cepas *Clostridioide difficile* aisladas de carne de res fueron resistentes a la Tetraciclina.

Por su parte, en un estudio incluido en la presente revisión y realizado por Ben *et al.*, 2019 sobre la resistencia antimicrobiana de *Salmonella spp* en aislados de canales de pollo provenientes de la Empresa Procesadora de Alimentos y Granjas Privadas del sur de Túnez; lograron como resultado que de los siete antimicrobianos evaluados, el Ácido Nalidíxico presentó el mayor porcentaje de resistencia (62.0%); mientras que, la Cefotaxima presentó el menor porcentaje de resistencia antimicrobiana al obtenerse un 2.20% de las 97 muestras evaluadas, tal como se aprecia en la tabla 1. En este sentido, al contrastar lo anterior con lo señalado en otro estudio realizado por Yangkam *et al.*, 2015, estos reportaron que el 86% de las cepas de *Salmonella* aisladas de pollos de granjas de rastros en Nigeria mostraron resistencia a uno o más antimicrobianos, siendo predominante la resistencia a la ampicilina en un 72,9%.

Por otro lado, en otro estudio incluido en la presente revisión sistemática de literatura; Ruiz *et al.*, 2018 en una investigación realizada sobre la presencia *Escherichia coli* multirresistentes a antimicrobianos en carne de pollo y vacuno adquiridos en mercados tradicionales del norte (Comas, San Martín), centro (La Victoria, Cercado de Lima) y sur (Villa El Salvador) de Lima, lograron obtener como resultado que al evaluar *Escherichia coli* en aislados de pollo frente a los nueve antimicrobianos seleccionados en el estudio (Ampicilina, Amoxicilina, Ácido Clavulánico, Azitromicina, Cloranfenicol, Ácido nalidixico, Ciprofloxacino, Furazolidona, Cotrimoxazol y Tetraciclina), se obtuvo que el Cotrimoxazol mostró un 100% de resistencia, tal como se describió en la tabla 1; mientras que, al evaluar *Escherichia coli* en aislamientos de carne vacuno frente a los mismos antimicrobianos se logró obtener como resultado que dicho microorganismo patógeno presentó una mayor resistencia a la Tetraciclina (52.0%) de las 13 muestras estudiadas, tal como se aprecia en la tabla 2. Estos últimos resultados concuerdan con otra investigación desarrollada por Puig *et al.*, 2011; donde documentó que de las 83 cepas de *E. coli* aisladas en carne de res, obtuvieron un 23% de resistencia antimicrobiana a la Tetraciclina, porcentaje que fue superior a todos los demás antibióticos evaluados.

Así mismo, en los resultados de la presente revisión sistemática de la literatura se muestra que en un estudio desarrollado por Villalpando *et al.*, 2017 sobre la susceptibilidad antimicrobiana de *Salmonella entérica* aislada de carne de pollo y de res en mercados sobre ruedas y tres diferentes supermercados en la delegación Iztapalapa perteneciente a la Ciudad de México; lograron concluir que al evaluar la resistencia antimicrobiana de *Salmonella entérica* en aislados de carne molida de pollo frente a los 12 antibióticos utilizados en el estudio obtuvieron como resultado que la Ampicilina mostró el mayor porcentaje de resistencia, al obtenerse un 95.0%, tal como se aprecia en la tabla 1; mientras que, en los aislamientos con carne molida de res el microorganismo patógeno *Salmonella entérica* fue más resistente ante la Perfloxacina en un 97.5%, tal como describió en la tabla 2. En este sentido, se señala otro estudio realizado por Kuang *et al.*, 2002, en el cual se reportó que el 48% de las cepas *Salmonella entérica* en aislamientos recuperados de la carne de vacuno y pollo en granjas de China, mostraron resistencia a por lo menos un antimicrobiano, siendo más frecuente a Cotrimoxazol (39%), Ácido Nalidíxico (39%), Doxiciclina (28%) y Tetraciclina (27%).

Por otra parte, en los resultados obtenidos de la revisión sistemática se puede evidenciar que el estudio realizado por Das *et al.*, 2022 en la granja de pollos de engorde, ubicadas en el distrito de Chattogram (Asia); en el que reportaron que el microorganismo patógeno *Salmonella spp* presentó una mayor resistencia a la Ampicilina al obtener un porcentaje del 98.84% de resistencia frente a los ocho antimicrobianos evaluados (Ampicilina, Cefoxitina, Tetraciclina, Ceftriaxona, Ciproloxacina, Enroloxacina, Gentamicina y Sulfametoxazol /Trimetoprima); mientras que, el antimicrobiano que presentó menor resistencia fue la ceftriaxona al obtenerse un 9.30 % de resistencia de las 8 muestras analizadas. Así mismo, dentro los resultados obtenidos se resalta la importancia contribución de Sasaki, *et al.*, 2021 en un estudio realizado en productos de pollo locales en Japón; en el cual reportaron que de los 4 serotipos de *Salmonella* identificados en muestras de canales de pollo en locales de Japón y evaluados frente a los diez antimicrobianos empleados en el estudio (Ampicilina, Cefazolina, Cefotaxima, Estreptomomicina, Gentamicina, Kanamicina, Tetraciclina, Ácido nalidíxico, Colistina y Cloranfenicol); lograron como resultado que los serotipos *schwarzengrund*, *infantis*, *manhattan* y *agona*, mostraron el mayor porcentaje en relación con los demás

antimicrobianos cuando se evaluaron con el antimicrobiano, Estreptomicina mostrando un resultado de 67.8%, 86.7%, 88.2% y 100% respectivamente, tal como se muestra en la tabla 1.

Finalmente, en la tabla 2 Bier *et al.*, 2022 en un estudio realizado sobre la Susceptibilidad antimicrobiana de *Salmonellas spp* y *Estafilococo aureus* aislado de carne vacuna vendida en Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil; lograron concluir que al evaluar la resistencia antimicrobiana de la *Salmonella spp* frente los seis antibióticos empleados en el estudio obtuvieron como resultado que la Tetraciclina presentó la mayor resistencia al obtenerse un porcentaje del 4.0%, en relación Cefepima (0.0%), Ciprofloxacina (0.0%), Cloranfenicol (0.0%), Gentamicina (1.0%) y Penicilina (0.0%); mientras que al evaluar *Staphylococcus aureus* con los mismos antimicrobianos se obtuvo como resultado que la Penicilina obtuvo la mayor resistencia al presentar un 10% de resistencia.

CONCLUSIONES

En concordancia, con los resultados obtenidos en la presente revisión sistemática de la literatura se puede concluir que a partir de la búsqueda general en las bases de datos científicas Scopus, EBSCOhost, Scielo y PubMed, empleando términos del Descriptor en Ciencias de la Salud – DECS y Medical Subject Headings – MeSH. Se obtuvo un total de 3816 registros, de los cuales se eliminaron 3784 duplicados. Posteriormente, de los 32 artículos científicos restantes se sometieron a un proceso de tamizaje con base a los criterios de exclusión e inclusión, logrando como resultado la inclusión de 7 artículos científicos.

Por otra parte, se resalta que en un estudio incluido en esta revisión y realizado por Das *et al.*, 2022 en aislamientos de *Salmonella spp* en carne de aves provenientes de la Granja de pollos de engorde, Distrito de Chattogram, Asia, lograron documentar que la Ampicilina mostró una alta resistencia antimicrobiana al obtenerse un porcentaje del 98.84%; mientras que, Villalpando *et al.*, 2017, afirmaron que en aislamiento de *Salmonella entérica* en carne molida de res proveniente de mercados sobre ruedas y tres diferentes supermercados en la delegación Iztapalapa perteneciente a la Ciudad de México, se logró obtener como resultado que el antibiótico con mayor resistencia antimicrobiana en relación a los demás estudiados fue la Ampicilina en un 92.4%.

Así mismo, los resultados obtenidos en los estudios seleccionados sobre la resistencia antimicrobiana en carne de aves y bovinos, mostraron que los microorganismos identificados por los diferentes autores fueron *Salmonella spp*, *Clostridioides difficile*, *Staphylococcus*

aureus y *Escherichia coli*, los cuales presentaron un alto porcentaje de resistencia a uno o varios antimicrobianos como Ampicilina, Tetraciclina, Gentamicina, Estreptomicina, Cotrimoxazol, Carbenicilina y Perfloxacina, que sin lugar a duda son muy usados a diario en las prácticas de medicina veterinaria y medicina humana.

Por lo tanto, debido a la alta resistencia antimicrobiana que presentó los diferentes microorganismos evaluados frente a los antimicrobianos seleccionados por los autores incluidos en la presente revisión sistemática de la literatura, se hace evidente la importancia de la aplicación de estrategias durante los procesos de producción de carne de bovinos y aves, a fin de reducir los riesgos de contaminación en la cadena alimentaria, basada en el uso adecuado de los antibióticos, el monitoreo de la resistencia a los antimicrobianos y desinfectantes en la producción de los alimentos, debido a que la resistencia antimicrobiana en alimentos para consumo humano, se ha convertido en una preocupación a nivel mundial para la salud del ser humano y los animales.

RECOMENDACIONES

Frente a la evidente resistencia antimicrobiana de los antibióticos evaluados por los autores seleccionados, se resalta la necesidad de la adopción de medidas a lo largo de toda la cadena productiva hasta la mesa, iniciando con programas que motiven la reducción del uso de antimicrobianos inadecuadamente, a fin de fortalecer el impacto de la medicina preventiva en los animales para consumo humano y de esta forma, evitar las infecciones provenientes de microorganismos patógenos que día a día comprometen la salud.

Por último, se sugiere que las entidades competentes realicen las respectivas auditorías internas y externas que permitan el control y la vigilancia del proceso productivo de carne de bovinos y aves (pollo); con el fin de garantizar la inocuidad de los productos durante la cadena alimentaria.

REFERENCIAS

- Arenas, N., Moreno., V. (2018). Producción pecuaria y emergencia de antibiótico resistencia en Colombia: Revisión sistemática. *Revista Infectio*, 22(2), 61-63.
- Bacheno, H., Ahmadi, M., Fazeli, F., Ariaii, P. (2022). *Clostridioides difficile* en Alimentos de Origen Animal; Prevalencia, genes toxigénicos, perfil de ribotipado y Resistencia antimicrobiana. *Revista de calidad alimentaria*, 20(22), 8-12.
- Ben, A., Siala, M., Guermazi, S., Zormati, S., Gdoura, R., Sellami, H. (2019). Occurrence and Phenotypic and Molecular Characterization of Antimicrobial Resistance of *Salmonella* Isolates from Food in Tunisia. *Revista de Protección de Alimentos*, 82(7), 1166-1175.
- Bier, D., Oliveira, C., Lima, E., Silva, M., Araujo., N., Pinesso., A., Pereira., D. (2022). Antimicrobial susceptibility of *Salmonella* spp and *Staphylococcus aureus* isolated from beef sold in Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brazil. *Revista Ciencia Animal Brasileña*, 23(e), 809-6891.
- Carvajal, C. (2019). Resistencia antimicrobiana de cepas de *Escherichia coli* aisladas de contenidos de bursa de Fabricio de aves para engorde. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30(1), 430-437.

Celis, Y., Rubio, V., Camacho., M. (2017). Perspectiva histórica del origen evolutivo de la resistencia a antibióticos. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 19(2), 105-117.

Das, T., Ahmed, E., Dutta, A., Bayazid, D., Ruhman, M., Deb, P., Nath, C., Barua, H., Kumar, P. (2022). Antimicrobial resistance profiling and burden of resistance genes in zoonotic *Salmonella* isolated from broiler chicken. *Revista Veterinario, Medicina y Ciencias*, 8(1), 237-244.

Fernández, R., Bolivar, H., Hoyos, C., Carrillo, L., Serrano, M., Abdellah, E. (2021). Resistencia antibiótica: el papel del hombre, los animales y el medio ambiente. *Revista Salud Uninorte*, 36(1), 298-324.

Giono, S., Santos, J., Morfín., M., Torres., F., Alcántar., M. (2020). Resistencia antimicrobiana. Importancia y esfuerzos por contenerla. *Revista Científica Gaceta Médica de México*, 156(2), 172-180

González, J., Magaña, C., González, F. (2019). La resistencia a los antibióticos: un problema muy serio. *Revista científica Acta Médica Peruana*, 36(2), 145-51

Instituto Colombiano Agropecuario (2018). Resolución 22747 de 2018 por medio de la cual se prohíbe la importación, fabricación, registro, comercialización y uso de aditivos que contengan polimixina E (colistina) y polimixina B como promotores de crecimiento en especies animales productoras de alimentos para el consumo humano. Colombia.

Instituto Colombiano Agropecuario. (2021). Resolución 115708 de 2021 por la cual se establecen los requisitos para obtener la Autorización Sanitaria y de Inocuidad en los predios productores de animales destinados a la producción de carne y/o leche para el consumo humano. Colombia.

Kuang, X., Hao, H., Dai, M., Wang, Y., Ahmad, I., Liu, Z., Zonghui, Y. (2015). Serotypes and antimicrobial susceptibility of *Salmonella* spp. isolated from farm animals in China. *Revista Front Microbiol*, 22(6), 602.

Melgarejo, N., Busignani, S., Dunjo, P., Brítez, M., Weiler, N., Orrego, V., Alonzo, M., Martínez, M. (2022). Resistencia antimicrobiana en *Escherichia coli* de muestras cecales de bovinos para carne faenados en frigoríficos de la zona del arroyo Mburicao, Asunción-Paraguay. Año 2021. *Revista Memorias del Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Salud*, 20(3), 812-9528

Ministerio de Salud y Protección Social. Resolución 1382 de 2013 por la cual se establecen los límites máximos para residuos de medicamentos veterinarios en alimentos de origen animal, destinado al consumo humano. Colombia.

Ministerio de Salud y Protección Social. Resolución 242 de 2013 por medio de la cual se establecen los requisitos sanitarios para el funcionamiento de las plantas de beneficio de aves de corral, desprese y almacenamiento, comercialización, expendio, transporte, importación o exportación de carne y productos cárnicos comestibles. Colombia.

Niño, C., Morón, L., Álvarez, M. (2015). Efectividad a corto plazo de la vacuna antipertusis en adolescentes: revisión sistemática. *Infectio*, 19(3), 115-123.

Puig, Y., Espino, M., Leyva, V. (2011). Resistencia antimicrobiana en *Salmonella* y *E. coli* aisladas de alimentos: revisión de la literatura. *Revista Panorama Cuba y Salud*, 6(1), 30-38.

Ruiz, L., Martínez, S., Gomes, C., Palma, N., Riveros, M., Ocampo, K., Durand, D., Ochoa, T., Ruiz, J., Pons, M. (2018). Presencia de *Enterobacteriaceae* y *Escherichia coli* multiresistente a antimicrobianos en carne adquirida en mercados tradicionales en Lima. *Revista Peru Med Exp Salud Pública*, 35(3), 425-32.

Sasaki, Y., Kakizawa, H., Babas, Y., Ito, T., Haremaki, Y., Yonemichi, M., Ikeda, T., Kuroda, M., Ohya, K., Hara, Y., Asai, T., Asakura, H. (2021). Antimicrobial Resistance in Salmonella Isolated from Food Workers and Chicken Products in Japan. *Revista antibióticos*, 10(12), 15-41.

Vanegas, J., Jiménez, J. (2020). Resistencia antimicrobiana en el siglo XXI: ¿hacia una era postantibiótica?. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 38(1), e337759.

Villalpando, S., Vázquez, C., Natividad, I., Curiel, E., Quiñones, E., Vázquez, C. (2017). Frecuencia, susceptibilidad antimicrobiana y patrón de adherencia de *Salmonella entérica* aislada de carne de pollo, res y cerdo de la Ciudad de México. *Rev Chilena Infectol*, 34(5), 458-466.

Yhiler, N., Bassey., B. (2015). Antimicrobial Susceptibility Patterns of Salmonella Species from Sources in Poultry Production Settings in Calabar, Cross River State, Nigeria. *Revista American Journal of Health Research*, 3(2), 76-81.

Zhang, W., Li, W., Liu, Y., Gu, W., Zhang, Q., Li, H., Liu, Z., Zhang, X., Wu, Y., Lu, J. (2020). The molecular characters and antibiotic resistance of *Clostridioides difficile* from economic animals in China. *Revista BMC Microbiol*, 30(20), 70.