

La resistencia bacteriana en el Ecuador

Bacterial resistance in Ecuador

Irvin Tubon^{1*} <https://orcid.org/0000-0003-0053-4187>

Gloria Rebeca Medina Naranjo¹ <https://orcid.org/0000-0001-5660-9171>

Paola Mena Silva¹ <https://orcid.org/0000-0001-9242-0296>

Gabriela Liseth Vaca Altamirano¹ <https://orcid.org/0000-0003-4707-7147>

¹ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Salud Pública, Carrera de Medicina, Riobamba-Ecuador. Universidad Regional Autónoma de los Andes (UNIANDES), Facultad de Ciencias Médicas, Carrera de Enfermería, Ambato, Ecuador.

*Autor para la correspondencia: itubon@esPOCH.edu.ec

RESUMEN

La resistencia bacteriana implica la habilidad de las bacterias para resistir los efectos de los antibióticos, lo que complica el tratamiento de infecciones y representa un riesgo para la salud pública. En Ecuador, la resistencia bacteriana ha surgido como una preocupación creciente en la última década. El objetivo del estudio fue interpretar la resistencia bacteriana en Ecuador mediante revisión

bibliográfica sistemática PRISMA 2020. El estudio fue de nivel investigativo exploratorio, y se auxilió de la hermenéutica para interpretar la revisión efectuada. Como resultados, se halló que, durante los últimos 10 años, se ha registrado un aumento alarmante en las tasas de resistencia bacteriana en el país. Factores como el uso indebido de antibióticos en la atención médica y la agricultura, junto con la falta de regulación en su distribución, contribuyen a este problema. La movilidad global también ha facilitado la propagación de bacterias resistentes entre regiones. Las infecciones resistentes a los antibióticos plantean desafíos médicos al limitar las opciones de tratamiento efectivo, prolongar la enfermedad y aumentar los costos de atención. La resistencia bacteriana en entornos de atención médica, como hospitales, es especialmente preocupante. Se concluyó que abordar esta situación requiere una acción integral y que la educación sobre el uso adecuado de antibióticos, políticas regulatorias más estrictas y la promoción de prácticas de control de infecciones son esenciales en Ecuador.

Palabras clave: Resistencia bacteriana; Ecuador, bacterias, prácticas de control de infecciones, efectos de los antibióticos.

ABSTRACT

Bacterial resistance involves the ability of bacteria to resist the effects of antibiotics, which complicates the treatment of infections and represents a risk to public health. In Ecuador, bacterial resistance has emerged as a growing concern in the last decade. The objective of the study was to interpret bacterial resistance in Ecuador by means of a systematic literature review PRISMA 2020. The study was of an exploratory research level, and hermeneutics was used to interpret the review carried out. As results, it was found that, during the last 10 years, there has been an alarming increase in the rates of bacterial resistance in the country.

Factors such as the improper use of antibiotics in health care and agriculture, together with the lack of regulation in their distribution, contribute to this problem. Global mobility has also facilitated the spread of resistant bacteria between regions. Antibiotic-resistant infections pose medical challenges by limiting effective treatment options, prolonging illness, and increasing care costs. Bacterial resistance in healthcare settings, such as hospitals, is of particular concern. It was concluded that addressing this situation requires comprehensive action and that education on the appropriate use of antibiotics, stricter regulatory policies, and promotion of infection control practices are essential in Ecuador.

Keywords: Bacterial resistance; Ecuador, bacteria, infection control practices, effects of antibiotics.

Recibido: 25/02/2024

Aceptado: 29/03/2024

Introducción

El estudio sobre resistencia bacteriana en el Ecuador es importante debido a que la resistencia a los antibióticos es un problema de salud pública mundial que afecta la efectividad de los tratamientos médicos y aumenta la morbimortalidad. En el contexto ecuatoriano, entender la situación de la resistencia bacteriana es crucial para diseñar políticas de salud efectivas y promover el uso adecuado de los antibióticos.

El problema de investigación de este estudio consiste en analizar y sintetizar la información disponible sobre la resistencia bacteriana en el Ecuador, incluyendo la

prevalencia de bacterias resistentes, los antibióticos más afectados, los factores de riesgo asociados y las estrategias utilizadas para abordar este problema. Además, se busca identificar vacíos en la literatura científica y proponer áreas de investigación futura que puedan contribuir a mejorar el manejo de la resistencia bacteriana en el país.

El descubrimiento de los antibióticos ha otorgado a la humanidad un arma muy poderosa en la guerra contra las bacterias y microorganismos, puesto que gracias a ellos la mortalidad por infección bacteriana desciende, aumentando así, la esperanza de vida que se limita a vivir 4 o 5 décadas hasta 1928, donde Sir Alexander Fleming descubre la penicilina,⁽¹⁾ sin embargo, las especies bacterianas a lo largo de los años han desarrollado la capacidad de tolerar antibacterianos lo cual, en el futuro causará que las infecciones menores o comunes se vuelvan potencialmente mortales,⁽²⁾ lo cual lo convierte en un peligro para la salud pública puesto que se estima que las muertes relacionadas con la resistencia antibacteriana aumente de 700.000 a 10 millones de muertes por año para el año 2050 llevándola a ser uno de los principales problemas por contener para la Organización Mundial de Salud.⁽³⁾

La resistencia puede ser intrínseca cuando alguna característica de un organismo significa que un antibacteriano no lo daña de forma inherente o adquirida cuando un organismo previamente susceptible desarrolla una nueva característica que le otorga una resistencia a uno o más grupos de antibacterianos.⁽⁴⁾ Los cambios para adquirir resistencia en las bacterias pueden ser primaria donde el cambio surge espontáneamente como una mutación y puede darse sin estar en contacto con el antibiótico y la secundaria, surgiendo la resistencia cuando la bacteria está en contacto con el antibacteriano, en el cual el mecanismo depende de plásmidos en el citoplasma que contengan genes de resistencia a los antibacterianos, estos se

pueden transferir de una célula bacteriana a otra por conjugación o transducción.⁽⁵⁾

La resistencia a los antimicrobianos en América Latina alcanza niveles críticos, puesto que en la región desde el año 2002 al 2016 ha aumentado de un 0,3 % a 21 % la no susceptibilidad a los carbapenémicos, e incluso se registran una prevalencia del 20 % al 50 % según la Red Latinoamericana de Vigilancia de la Resistencia a los Antimicrobianos, varios países de América del Sur informan de la aparición de nuevas Enterobacterales resistentes a los carbapenémicos.⁽⁶⁾ Desde 2014 América latina ha alcanzado un promedio de 25 % de aislamientos de *Staphylococcus aureus* resistentes, o un promedio de *Streptococcus pneumoniae* 12,8 % resistentes, y de la misma manera con otros microorganismos que provoca así una creciente preocupación en la región con la búsqueda de nuevas soluciones.⁽⁷⁾

En el Ecuador, al ser un país en vías de desarrollo su sistema de salud pública es deficiente sin embargo este busca alcanzar objetivos sanitarios que mejoren la calidad de la atención en la salud como fomentar la investigación y reforzar el conocimiento sobre el uso adecuado de fármacos,⁽⁸⁾ puesto que en el país también se reportan casos de la resistencia a antibióticos, en donde el primero en ser descubierto fue en el año 2010 con el microorganismo *Klebsiella pneumoniae* productora de carbapenemasas que no permitía la acción de antibióticos de tipo carbapenémicos.⁽⁹⁾

Cabe mencionar que el Instituto Nacional de Investigación en Salud Pública (INSPI) es la entidad que monitorea la resistencia bacteriana en el país, el cual en 2018 dio a conocer valores de resistencia antibacteriana en diferentes centros de salud a nivel nacional de organismos como *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, y *Staphylococcus aureus* tratados con varios

antibacterianos⁽¹⁰⁾ este indica que al igual que en el resto del mundo la resistencia antimicrobiana aumenta.

El objetivo del estudio es interpretar la resistencia bacteriana en Ecuador mediante revisión bibliográfica sistemática.

Métodos

Esta revisión sistemática se llevó a cabo siguiendo las directrices de los Elementos de Información Preferidos para Revisiones Sistemáticas y Metaanálisis (PRISMA). Se inició a partir de la pregunta científica: ¿Existe resistencia bacteriana en el Ecuador?

Estrategia de búsqueda

Se realizó la búsqueda en las bases de datos electrónicas PubMed, Scopus y Science direct de artículos publicados que presentaron la asociación de "resistencia bacteriana" y "Ecuador" en el periodo de 1 de enero de 2013 y el 31 de diciembre 2023.

La estrategia de búsqueda se presenta en la Tabla 1. Para la gestión de los artículos se utilizó el programa Mendeley mediante el cual se eliminaron referencias duplicadas y se procedió a la lectura del resumen y el texto completo. De acuerdo con los criterios de inclusión y exclusión se seleccionaron los artículos que se utilizaron en el estudio.

Criterios de elegibilidad

Se tomaron en cuenta solamente artículos escritos en idioma inglés de las bases de datos mencionadas, que se hayan desarrollado o que hayan utilizados muestras

biológicas procedentes de Ecuador y que producto de ello mencionen los genes causantes de resistencia bacteriana.

En la Figura 1 se muestra el algoritmo de búsqueda de la revisión bibliográfica efectuada.

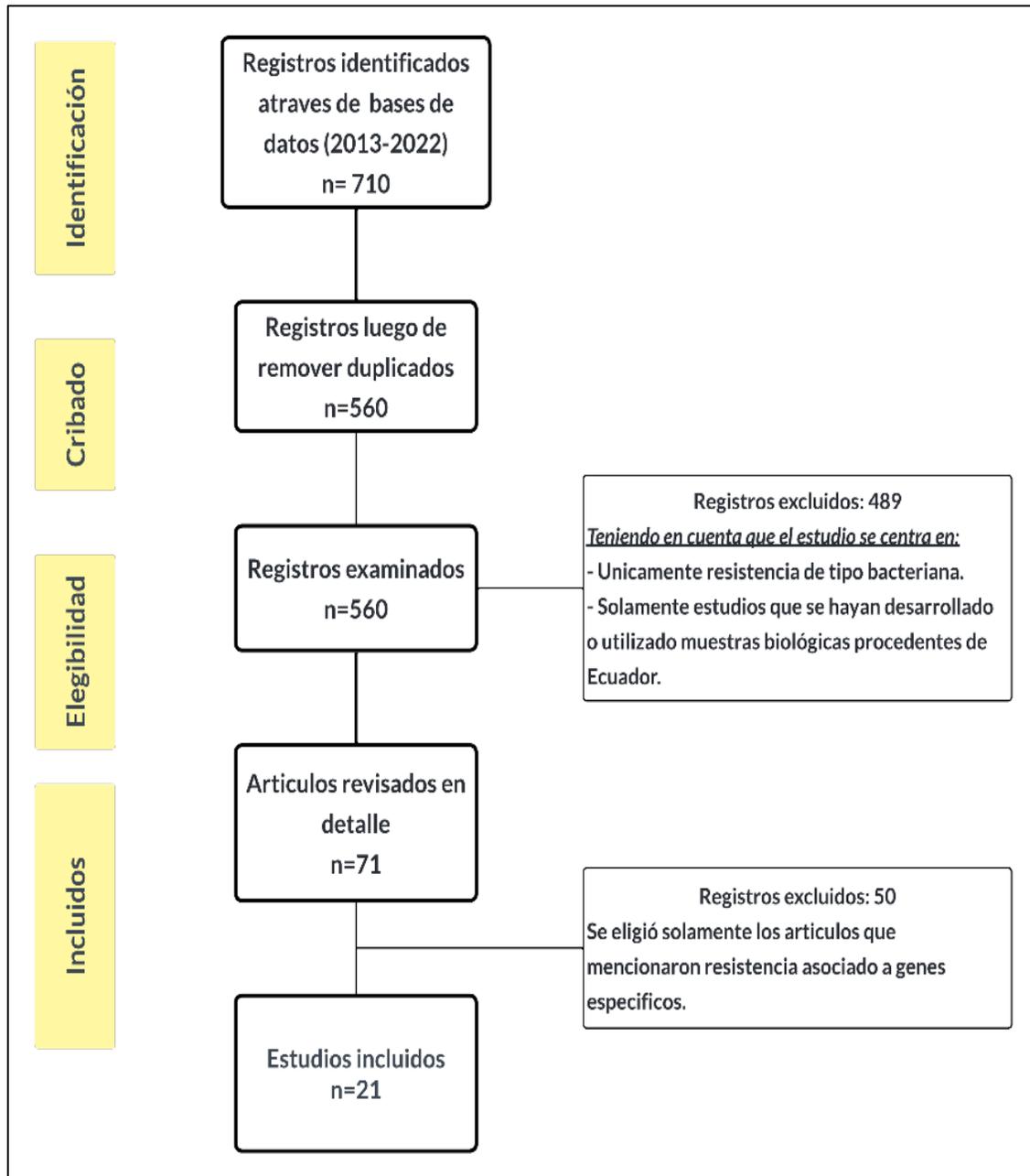


Fig. 1- Algoritmo de búsqueda de la revisión bibliográfica efectuada.

Resultados

En la Tabla 1 se detalla las principales bacterias y genes asociados, así como los antibióticos a los cuales presentaron resistencia antimicrobiana.

Tabla 1- Principales microorganismos que presentan resistencia antimicrobiana en el Ecuador

Estudio	Microorganismo	Gen asociado a resistencia	Antibiótico al que presenta resistencia	Referencia
Antimicrobial Resistance in Aquatic Environments	<i>Escherichia coli</i>	blaCTX-M	β -lactámicos	(Calero Cáceres, Marti, <i>et al.</i> , 2022)
Mutations associated with Helicobacter pylori antimicrobial resistance in the Ecuadorian population	<i>Helicobacter pylori</i>	23S rNA	Claritromicina	(Jeannete Zurita <i>et al.</i> , 2022)
Spatial Exposure of Agricultural Antimicrobial Resistance in Relation to Free-Ranging Domestic Chicken Movement Patterns among Agricultural Communities in Ecuador	<i>Escherichia coli</i>	OxyS	Cefalotina	(Hayden D. Hedman <i>et al.</i> , 2020) (Cho & Kim, 2018)
Resistencia a antibióticos de cepas de Salmonella de granjas avícolas de ponedoras en el centro de Ecuador	<i>Salmonella enterica</i>	blaCTX-M-65	β -lactámicos	(Sánchez Salazar <i>et al.</i> , 2020)
Genetic diversity and drug resistance of Mycobacterium tuberculosis in Ecuador	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	rpoB katG	Rifampicina	(J. Zurita <i>et al.</i> , 2019)
Colistin resistance screening by 3 μ g/ml colistin agar in Carbapenemase-producing Enterobacterales	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	mcr	Colistina	(Soria Segarra <i>et al.</i> , 2022)
Genotypes and phenotypes of resistance in Ecuadorian	<i>Plasmodium falciparum</i>	Pfmdr1	Cloroquina	(Valenzuela <i>et al.</i> , 2019)
Escherichia coli carriage in backyard chickens and children in rural Ecuador	<i>Escherichia coli</i>	int1	Ciprofloxacina	(H. D. Hedman <i>et al.</i> , 2019)

Prevalence, antimicrobial resistance and genetic diversity of <i>Campylobacter coli</i> and <i>Campylobacter jejuni</i> in Ecuadorian broilers at slaughter age	<i>Campylobacter coli</i> <i>Campylobacter jejuni</i>	flaA	Tetraciclina Ciprofloxacina Ácido nalidíxico	(Vinueza Burgos <i>et al.</i> , 2017)
Clinical characterization and antimicrobial resistance of <i>Escherichia coli</i> in pediatric patients with urinary tract infection at a third level hospital of Quito, Ecuador	<i>Escherichia coli</i> BLEE	blaTem blaSHV blaCTX-M	Amoxicilina Ticarcilina Cefalosporinas	(Garrido <i>et al.</i> , 2017)
Genomic Epidemiology of <i>Salmonella</i> <i>infantis</i> in Ecuador: From Poultry Farms to Human Infections	<i>Salmonella infantis</i>	blaCTX-M-65	Nitrofuratoína Tetraciclina Sulfamtoazol	(Mejía <i>et al.</i> , 2020)
Data on antibiograms and resistance genes of Enterobacterales isolated from ready-to-eat street food of Ambato, Ecuador	<i>Escherichia coli</i> <i>Klebsiella spp.</i> <i>Cronobacter spp.</i>	blaTEM blaCMY	Colistina β-lactámicos Tetraciclinas Sulfonamidas Fluroquinolonas	(Calero Cáceres, Tubón, <i>et al.</i> , 2022)
Extended-Spectrum Beta-Lactamase Producing- <i>Escherichia coli</i> Isolated from Irrigation Waters and Produce in Ecuador	<i>Escherichia coli</i> BLEE	blaCTX-M	β-lactámicos	(Montero <i>et al.</i> , 2021)
Multidrug-resistant <i>Escherichia coli</i> isolated from canine faeces in a public park in Quito, Ecuador	<i>Escherichia coli</i>	mcr-1	Ceftriaxona	(Ortega Paredes <i>et al.</i> , 2019)
A bottom-up view of antimicrobial resistance transmission in developing countries	<i>Escherichia coli</i>	mcr-1	Quinolonas Gentamicina	(Ikhimiukor <i>et al.</i> , 2022)
Diverse <i>Escherichia coli</i> lineages from domestic animals carrying colistin resistance gene mcr-1 in an Ecuadorian household	<i>Escherichia coli</i>	mcr-1	Colistina	(Loayza Villa <i>et al.</i> , 2020)
A longitudinal study of <i>E. coli</i> lineages and antimicrobial resistance in Ecuadorian children	<i>Escherichia coli</i>	fumC	Ampicilina Trimetoprim sulfam toazol Tetraciclina	(Calderón <i>et al.</i> , 2020)
Diverse commensal <i>E. coli</i> clones and plasmids disseminate antimicrobial resistance genes in domestic animals and children in a semi-rural community in Ecuador	<i>Escherichia coli</i>	Adk fumC gyrB icd mdh purA recA	Tetraciclina Sulfisoxazol Cefalotina	(Salinas <i>et al.</i> , 2019)
The Mandate for a Global “OneHealth” Approach to	<i>Salmonella spp.</i>	CTX-M	Cefalosporinas	(Thakur & Gray, 2019)

Antimicrobial Resistance Surveillance				
Antimicrobial resistance in <i>Klebsiella pneumoniae</i> , Ecuador.	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	blaKpc blaKpc-2 blaVIM blaIMP blaOXA-48	Carbapenemicos	(Herrera Dutan et al., 2021)

Discusión

La resistencia a los antimicrobianos se ha convertido en una de las principales amenazas para la salud pública en todo el mundo con actividades antropogénicas que impulsan la propagación de esta.⁽¹¹⁾ En el mundo al momento de comprender y combatir la propagación de bacterias resistentes es una prioridad para las instituciones sanitarias mundiales y se incluye como uno de los principales objetivos de la iniciativa *One Health*. Debido a que este método se reconoce internacionalmente como un esfuerzo colaborativo de múltiples disciplinas para lograr una salud óptima para las personas, animales y el medio ambiente.⁽¹²⁾

El desarrollo de resistencia es un evento que ocurre naturalmente en las comunidades microbianas a pequeña escala, sin embargo, las actividades humanas juegan un papel fundamental en la diseminación de la RAM (resistencia a los antimicrobianos) en el medio ambiente.⁽¹¹⁾ La actual pandemia de SARS-CoV-2 ha exacerbado el diagnóstico rápido de brotes de distintas enfermedades infecciosas para tomar las medidas epidemiológicas adecuadas para minimizar los impactos negativos. La pandemia afecta a todo el mundo, en donde se pudo observar una pandemia silenciosa a la resistencia a los RAM enfrentando varias interrogantes pendientes sobre su evolución y desaminación.⁽¹³⁾

Los ambientes acuáticos son fundamentales para comprender como se desarrolla y propaga la RAM en todo el mundo, considerando su función como punto final de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales, la escorrentía de biosólidos en la agricultura y otros factores antropogénicos que contribuyen a la propagación de determinantes de resistencia antimicrobiana y antibacteriana.⁽¹⁴⁾

Existen varias rutas de transmisión tanto antimicrobianas y antibacterianas, las más conocidas es por la transmisión de alimentos como la especie *Salmonella* entérica que representa un importante problema de salud pública a nivel mundial, en donde sigue siendo una de los principales patógenos bacterianos zoonóticos transmitidos por los alimentos, lo que resulta en 93,8 millones de casos anuales entre pacientes con gastritis, con un estimado de 15.500 muertes cada año.⁽¹⁵⁾

A nivel sudamericano, las aves de corral se consideran el principal reservorio de un número significativo de infecciones por especies de *S. Entérica*, lo que implica eventos de contaminación cruzada tanto en la granja como en la venta al por menor. Las manifestaciones clínicas de la enfermedad en pacientes humanos iban desde gastroenteritis autolimitada hasta meningitis invasiva grave, septicemia y osteomielitis.⁽¹⁶⁾ Cabe mencionar que las infecciones por *S. entérica* se considera una enfermedad económicamente relevante en la industria a nivel mundial y un grave potencial para la salud de todo el mundo.⁽¹⁷⁾

En diversas investigaciones se menciona que una mayor contaminación por *Salmonella* se presenta en el sur de Tailandia y China. Este proceso se realizó por metaanálisis de encuestas publicadas en Europa, en donde la diversidad en las tasas de prevalencia de *Salmonella* de la carne de pollo podría reflejar las diferencias en el nivel de higiene seguido durante la manipulación y el procesamiento del pollo.⁽¹⁸⁾

Por otro lado, las pruebas de susceptibilidad antibacteriana revelaron que los serovares de *Salmonella* identificados eran sensibles a NOR (100 %), CN (96,77 %) y N (83,87 %). Estos hallazgos deberían alertar a los propietarios de granjas para que usen medicamentos alternativos para combatir la bacteria en lugar de usar los antibióticos tradicionales contra los cuales la resistencia bacteriana se ha vuelto común.⁽¹⁹⁾

En el mundo existen varios organismos que son antimicrobianos, cabe mencionar, que *Helicobacter pylori* (HP) es un agente causante de la gastritis crónica activa y de la úlcera péptica y está asociado con un mayor riesgo de cáncer y linfoma gástricos, este microorganismo ha sido clasificado como un patógeno de alta prioridad por la OMS.⁽²⁰⁾ La terapia triple, una combinación de un inhibidor de la bomba de protones (IBP) con dos antibióticos (claritromicina [CLA]+amoxicilina [AMX] o metronidazol [MTZ]), es el régimen de tratamiento comúnmente recomendado. Sin embargo, para el tratamiento de infecciones por HP en áreas geográficas donde las tasas de resistencia a estos antibióticos están por debajo del 15-20 %.⁽²¹⁾

La aparición de cepas resistentes a los antibióticos es una de las principales causas de fracaso de tratamiento en esta infección. Debido a que el cultivo es difícil de realizar, principalmente porque HP es una bacteriana complicada, que necesita de medios de cultivo apropiados, que pueden no estar disponibles, y llevan tiempo crecer, los métodos de detección molecular se utilizan cada vez más en lugar del cultivo.⁽²¹⁾ América latina tiene una alta prevalencia de infección por HP y enfermedades asociadas incluido el Cáncer gástrico, por lo que la erradicación de HP es una prioridad en pacientes con esta bacteria. La resistencia a la claritromicina de *H. pylori* se demostró que se debe a la mutación de los genes rRNA 23s.⁽²²⁾

Por otro lado, en países de Europa la resistencia a levofloxacina en *H. pylori* se encuentra asociada con intercambios de aminoácidos en el codón 87 y 91 en el gen *gyrA*. Algunos investigadores informan que las mutaciones puntuales en las distintas regiones también pueden estar involucradas en la resistencia a las quinolonas. Así mismo, las diferentes mutaciones y variaciones de aminoácidos que se observan en las distintas regiones podría deberse a diferentes clones o simplemente a que las bacterias están sometidas a diferentes estreses ambientales que favorecen una u otra mutación,⁽²³⁾ sustentado que las variaciones y mutaciones de aminoácidos confieren resistencia a los antibióticos dependiendo de los orígenes geográficos.⁽²⁴⁾

Se sabe que Sudamérica es uno de los promotores de crecimiento antimicrobianos en la crianza de pollos se asocia comúnmente con altos niveles de resistencia a los antimicrobianos en humanos.⁽²⁵⁾ En donde la transmisión espacial de bacterias resistentes ha sido poco estudiada en comparación con los patógenos. Actualmente no existe un estándar internacional de bioseguridad para la cría de pollos de engorde a pequeña escala. Existen varios estudios en donde se detectó una asociación positiva de *Staphylococcus aureus* resistente a la meticilina (MRSA), en terneros con gatos y ovejas criados en libertad.⁽²⁶⁾

En particular el aumento de la AMR complica el tratamiento con antibióticos y da como resultado aumentos en los costos de atención médica, la mortalidad y la morbilidad. Aunque *E. coli* solo proporciona una pequeña parte del microbiota intestinal total de los mamíferos, sigue siendo una especie indicadora para el monitoreo de la resistencia bacteriana en ambientes naturales.⁽²⁶⁾ Además *E. coli* fecal es un microorganismo modelo para monitorear los determinantes de RAM en el ecosistema debido a su capacidad para preservar, adquirir y transmitir genes resistentes a los antibióticos en el microbiota intestinal de animales y humanos.⁽²⁷⁾

El sector ganadero constituye uno de los principales focos de evolución y diseminación de bacterias resistentes a los antibióticos. En Ecuador y América del sur, se han realizado estudios que han revelado que *Salmonella* está presente en una proporción considerable de la producción avícola, incluidos pollos de engorde y ponedoras.⁽²⁸⁾ Estas investigaciones consisten en una evolución de la resistencia antibiótica de los serovares zoonóticos *S. Typhimurium*, *S. Infantis* y tres cepas no tipificadas de *S. entérica*, todas aisladas de diferentes países y ciudades. Curiosamente, los patrones de resistencia de *S. Infantis* que se originan en los alimentos exhiben una similitud considerable con los de origen ambiental. Estos hallazgos sugirieron que puede existir contaminación cruzada entre la cama y el alimento de las aves, ocasionando una ruta de infección para que las bacterias patógenas entren en la cadena alimentaria.⁽¹⁹⁾

Las cepas de *S. Typhimurium* de hisopos ambientales y cloacales mostraron patrones bajos de resistencia a los antibióticos y la *S. enterica* no tipificada, aislada de los hisopos cloacales, mostró una resistencia antibiótica fenotípica bastante similar a la de *S. Infantis* aislada de la misma matriz. A nivel regional, estos resultados difieren de los reportados en Colombia, donde *S. Typhimurium* aislado de canales de pollo fueron fenotipos MDR.⁽²⁹⁾

Además, cabe señalar que todos los productores de BLEE son resistentes a antibióticos clínicamente importantes como la ceftriaxona (cefalosporina de espectro extendido -ESC-), la ampicilina (β -lactámico) y la cefepima (cefalosporina de cuarta generación). Estos resultados sugirieron que los ambientes avícolas en el Ecuador y América latina pueden constituir un reservorio de cepas de MDR de *Salmonella*, destacando la necesidad de reforzar las prácticas de bioseguridad para reducir la probabilidad de transmisión vertical.⁽³⁰⁾

Para finalizar, se destaca las enterobacterias productoras de carbapenemasas (CPE) son una de las amenazas en todo el mundo y la incidencia creciente actual se correlaciona con un aumento en la tasa de mortalidad debido a las escasas opciones terapéuticas disponibles. Mediante estudios en Estados Unidos se identifica *Klebsiella pneumoniae*.⁽³¹⁾ La rápida propagación a nivel mundial se correlaciona con la expansión de los complejos clonales predominantes y el desarrollo de nuevas variantes genéticas, así como con la aparición de otras carbapenemasas como la metalbetalactamasa de Nueva Delhi (NDM).⁽³²⁾

Aunque los antibióticos aprobados recientemente, como ceftazidima/avibactam, constituyen la primera línea de tratamiento contra la CPE, algunos países tienen una disponibilidad limitada. Además, los regímenes terapéuticos combinados que incluyen colistina se usan ampliamente.⁽³³⁾ Mediante varias investigaciones, se evaluó que solo una pequeña concentración de colistina (3 µg/ml) para determinar la resistencia podría ser una buena alternativa para implementar en el flujo de trabajo en laboratorios de microbiología con recursos limitados para la vigilancia de la resistencia a los antibióticos.⁽³⁴⁾

Es importante destacar que este estudio sobre la resistencia bacteriana se lleva a cabo en un contexto preocupante en Ecuador, donde aproximadamente la cuarta parte de los niños sufren de desnutrición crónica, con tasas más altas en ciertas provincias, especialmente en la región de la sierra. Esto significa que alrededor de 1 de cada 4 niños menores de 5 años se ve afectado por esta condición. Sin embargo, la situación es aún más alarmante entre los niños indígenas, donde la desnutrición crónica afecta a 1 de cada 2 niños.⁽³⁵⁾

A pesar de los esfuerzos recientes para reducir esta fragmentación y permitir que los pacientes utilicen la red de servicios tanto del Seguro Social Ecuatoriano como

de la atención pública sin importar su afiliación, este proceso aún no se ha completado. Esto provoca desigualdades en el acceso y la atención médica.⁽³⁶⁾

Se sugiere que futuros estudios aborden los conocimientos ancestrales en Ecuador, que ya cuentan con valiosos estudios recientes⁽³⁷⁾ y analicen la resistencia bacteriana en estas comunidades indígenas.

Conclusión

La escalada de resistencia bacteriana en Ecuador en la última década demanda acción decisiva. La educación sobre el uso prudente de antibióticos, la regulación rigurosa y la implementación de prácticas de control de infecciones son esenciales para combatir esta amenaza.

La colaboración entre profesionales de la salud, autoridades y la comunidad es clave para revertir esta tendencia. Abordar la resistencia bacteriana no solo es crucial para la salud individual, sino también para la salud pública y la calidad de vida de la población ecuatoriana en su conjunto.

Referencias bibliográficas

1. Dhingra S, Rahman NAA, Peile E, Rahman M, Sartelli M, Hassali MA, et al. Microbial Resistance Movements: An Overview of Global Public Health Threats Posed by Antimicrobial Resistance, and How Best to Counter. *Front Public Health* [Internet]. 2020 Nov 4 [cited 2023 Aug 20];8:535668. Available from: <https://pmc/articles/PMC7672122/>
2. Ikhimiukor OO, Odih EE, Donado-Godoy P, Okeke IN. A bottom-up view of antimicrobial resistance transmission in developing countries. *Nature*

- Microbiology 2022 7:6 [Internet]. 2022 May 30 [cited 2023 Aug 20];7(6):757–65. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41564-022-01124-w>
3. Vinuesa-Burgos C, Ortega-Paredes D, Narvaéz C, De Zutter L, Zurita J. Characterization of cefotaxime resistant Escherichia coli isolated from broiler farms in Ecuador. PLoS One [Internet]. 2019 Apr 1 [cited 2023 Aug 20];14(4). Available from: <https://pmc/articles/PMC6450624/>
4. Purssell E. Antimicrobials. Understanding Pharmacology in Nursing Practice [Internet]. 2020 Jan 1 [cited 2023 Aug 20];147. Available from: <https://pmc/articles/PMC7120529/>
5. Urban-Chmiel R, Marek A, Stępień-Pyśniak D, Wieczorek K, Dec M, Nowaczek A, et al. Antibiotic Resistance in Bacteria—A Review. Antibiotics [Internet]. 2022 Aug 1 [cited 2023 Aug 20];11(8). Available from: <https://pmc/articles/PMC9404765/>
6. Fabre V, Cosgrove SE, Secaira C, Torrez JCT, Lessa FC, Patel TS, et al. Antimicrobial stewardship in Latin America: Past, present, and future. Antimicrobial Stewardship & Healthcare Epidemiology: ASHE [Internet]. 2022 Apr 22 [cited 2023 Aug 20];2(1). Available from: <https://pmc/articles/PMC9726506/>
7. Latorre-Barragan MF, Zurita-Leal AC, Gomezjurado MEG. Resistance of β -lactam antibiotics in Latin American countries. Medwave. 2019;19(10).
8. Goyes-Baca MJ, Sacon-Espinoza MR, Poveda-Paredes FX. Manejo del sistema de salud de Ecuador frente a la resistencia antimicrobiana. Rev Inf Cient [Internet]. 2023 [citado 24 Feb 2024];102(0). Disponible en: <https://revinfcientifica.sld.cu/index.php/ric/article/view/4048>
9. Iñiguez D, Zurita J, Alcocer I, Ortega D, María Gómez A, Maldonado L, et al. Klebsiella pneumoniae productora de carbapenemasa tipo KPC-2: primer reporte

en el Ecuador. Revista de la Facultad de Ciencias Médicas (Quito) [Internet]. 2012 [cited 2023 Aug 20];37(1–2):40–3. Available from:

https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/CIENCIAS_MEDICAS/article/view/1087

10. Instituto Nacional de Investigación en Salud Pública. Reporte de datos de resistencia a los antimicrobianos. Disponible en: https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2019/08/gaceta_ram2018.pdf

11. Ducrot C, Hobeika A, Lienhardt C, Wieland B, Dehays C, Delabouglise A, et al. Antimicrobial Resistance in Africa—How to Relieve the Burden on Family Farmers. Emerg Infect Dis [Internet]. 2021 Oct 1 [cited 2023 Aug 20];27(10):2515. Available from: <https://pmc/articles/PMC8462342/>

12. Ferri M, Ranucci E, Romagnoli P, Giaccone V. Antimicrobial resistance: A global emerging threat to public health systems. Crit Rev Food Sci Nutr [Internet]. 2017 Sep 2 [cited 2023 Aug 20];57(13):2857–76. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26464037/>

13. Elmahi OK, Uakkas S, Olalekan BY, Damilola IA, Adedeji OJ, Ahmad S, et al. Antimicrobial Resistance and One Health in the Post COVID-19 Era: What should Health Students Learn? International Journal of Infectious Diseases. 2022 Mar 1;116:S17.

14. Mao X, Aue DL, Buchalla W, Hiller KA, Maisch T, Hellwig E, et al. Cetylpyridinium Chloride: Mechanism of Action, Antimicrobial Efficacy in Biofilms, and Potential Risks of Resistance. Antimicrob Agents Chemother [Internet]. 2020 Aug 1 [cited 2023 Aug 20];64(8). Available from: <https://pmc/articles/PMC7526810/>

15. Hirabayashi A, Kajihara T, Yahara K, Shibayama K, Sugai M. Impact of the COVID-19 pandemic on the surveillance of antimicrobial resistance. *J Hosp Infect* [Internet]. 2021 Nov 1 [cited 2023 Aug 20];117:147–56. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34562548/>
16. McEwen SA, Collignon PJ. Antimicrobial Resistance: a One Health Perspective. *Microbiol Spectr* [Internet]. 2018 Apr 6 [cited 2023 Aug 20];6(2). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29600770/>
17. Christaki E, Marcou M, Tofarides A. Antimicrobial Resistance in Bacteria: Mechanisms, Evolution, and Persistence. *J Mol Evol* [Internet]. 2020 Jan 1 [cited 2023 Aug 20];88(1):26–40. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31659373/>
18. Vinueza-Burgos C, Wautier M, Martiny D, Cisneros M, Van Damme I, De Zutter L. Prevalence, antimicrobial resistance and genetic diversity of *Campylobacter coli* and *Campylobacter jejuni* in Ecuadorian broilers at slaughter age. *Poult Sci* [Internet]. 2017 Jul 1 [cited 2023 Aug 20];96(7):2366–74. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28339716/>
19. Mejía L, Medina JL, Bayas R, Salazar CS, Villavicencio F, Zapata S, et al. Genomic Epidemiology of *Salmonella Infantis* in Ecuador: From Poultry Farms to Human Infections. *Front Vet Sci*. 2020 Sep 29; 7:547891.
20. Thakur S, Gray GC. The mandate for a global “one health” approach to antimicrobial resistance surveillance. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* [Internet]. 2019 [cited 2023 Aug 20];100(2):227–8. Available from: <https://researchexperts.utmb.edu/en/publications/the-mandate-for-a-global-one-health-approach-to-antimicrobial-res>

21. Ortega-Paredes D, Haro M, Leoro-Garzón P, Barba P, Loaiza K, Mora F, et al. Multidrug-resistant *Escherichia coli* isolated from canine faeces in a public park in Quito, Ecuador. *J Glob Antimicrob Resist* [Internet]. 2019 Sep 1 [cited 2023 Aug 20];18:263–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30980959/>
22. Montero L, Irazabal J, Cardenas P, Graham JP, Trueba G. Extended-Spectrum Beta-Lactamase Producing-*Escherichia coli* Isolated From Irrigation Waters and Produce in Ecuador. *Front Microbiol*. 2021 Oct 4;12:709418.
23. Hedman HD, Eisenberg JNS, Trueba G, Rivera DLV, Herrera RAZ, Barrazueta JV, et al. Impacts of small-scale chicken farming activity on antimicrobial-resistant *Escherichia coli* carriage in backyard chickens and children in rural Ecuador. *One Health* [Internet]. 2019 Dec 1 [cited 2023 Aug 20];8. Available from: <https://pmc/articles/PMC6879989/>
24. Garrido D, Garrido S, Gutiérrez M, Calvopiña L, Harrison AS, Fuseau M, et al. Clinical characterization and antimicrobial resistance of *Escherichia coli* in pediatric patients with urinary tract infection at a third level hospital of Quito, Ecuador. *Bol Med Hosp Infant Mex* [Internet]. 2017 Jul 1 [cited 2023 Aug 20];74(4):265–71. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29382515/>
25. Valenzuela G, Castro LE, Valencia-Zamora J, Vera-Arias CA, Rohrbach P, Sáenz FE. Genotypes and phenotypes of resistance in Ecuadorian *Plasmodium falciparum*. *Malar J* [Internet]. 2019 Dec 10 [cited 2023 Aug 20];18(1):1–13. Available from: <https://malariajournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12936-019-3044-z>
26. Zurita J, Espinel N, Barba P, Ortega-Paredes D, Zurita-Salinas C, Rojas Y, et al. Genetic diversity and drug resistance of *Mycobacterium tuberculosis* in Ecuador.

Int J Tuberc Lung Dis [Internet]. 2019 [cited 2023 Aug 20];23(2):166–73. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30808448/>

27. Awad A, Gwida M, Khalifa E, Sadat A. Phenotypes, antibacterial-resistant profile, and virulence-associated genes of Salmonella serovars isolated from retail chicken meat in Egypt. Vet World [Internet]. 2020 Mar 1 [cited 2023 Aug 20];13(3):440. Available from: <https://pmc/articles/PMC7183463/>

28. Calero-Cáceres W, Tubón J, Barragán-Fonseca G, Lalaleo L. Data on antibiograms and resistance genes of Enterobacterales isolated from ready-to-eat street food of Ambato, Ecuador. F1000Res [Internet]. 2022 [cited 2023 Aug 20];11. Available from: <https://pmc/articles/PMC9257263/>

29. Saha S, Sajib MSI, Garrett D, Qamar FN. Antimicrobial Resistance in Typhoidal Salmonella: Around the World in 3 Days. Clin Infect Dis [Internet]. 2020 Aug 8 [cited 2023 Aug 20];71(Suppl 2):S91. Available from: <https://pmc/articles/PMC7388716/>

30. Flores-Treviño S, Mendoza-Olazarán S, Bocanegra-Ibarias P, Maldonado-Garza HJ, Garza-González E. Helicobacter pylori drug resistance: therapy changes and challenges. Expert Rev Gastroenterol Hepatol [Internet]. 2018 Aug 3 [cited 2023 Aug 20];12(8):819–27. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29976092/>

31. Florez-Cuadrado D, Moreno MA, Ugarte-Ruíz M, Domínguez L. Antimicrobial Resistance in the Food Chain in the European Union. Adv Food Nutr Res. 2018 Jan 1;86:115–36.

32. Talaat M, Zayed B, Tolba S, Abdou E, Gomaa M, Itani D, et al. Increasing Antimicrobial Resistance in World Health Organization Eastern Mediterranean

Region, 2017–2019. *Emerg Infect Dis* [Internet]. 2022 Apr 1 [cited 2023 Aug 20];28(4):717. Available from: <https://pmc/articles/PMC8962877/>

33. Boparai JK, Sharma PK. Mini Review on Antimicrobial Peptides, Sources, Mechanism and Recent Applications. *Protein Pept Lett* [Internet]. 2020 Aug 23 [cited 2023 Aug 20];27(1):4–16. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31438824/>

34. Venter H. Reversing resistance to counter antimicrobial resistance in the World Health Organisation’s critical priority of most dangerous pathogens. *Biosci Rep* [Internet]. 2019 Apr 12 [cited 2023 Aug 20];39(4). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30910848/>

35. Ramos Argilagos M, Valencia Herrera Á, Vayas Valdiviezo W. Evaluación de estrategias de educación nutricional en escuelas del Ecuador utilizando TOPSIS neutrosófico. *Rev Int Cienc Neutrosóficas*. 2022;18(3):208-217.

36. Jaramillo MN, Chuga ZN, Hernández CP, Lits RT. Análisis multicriterio en el ámbito sanitario: selección del sistema de triaje más adecuado para las unidades de atención de urgencias en Ecuador. *Rev Investig Oper*. 2022;43(3):316-324.

37. Prado Quilambaqui J, Reyes Salgado L, Valencia Herrera A, Rodríguez Reyes E. Estudio del cuidado materno y conocimientos ancestrales en el Ecuador con ayuda de mapas cognitivos neutrosóficos. *Revista Investigación Operacional*. 2022;43(3):340-348. Disponible en: <https://rev-inv-ope.pantheonsorbonne.fr/sites/default/files/inline-files/43322-06.pdf>