

De la granja a la mesa:

consecuencia del uso de antibióticos en la alimentación de animales para consumo humano

Por Dra. Verónica Roxana Flores Vega
Dra. Araceli Pérez López
Dr. Roberto Rosales-Reyes

En un mundo diminuto que escapa de nuestra vista, existen pequeños pero poderosos invasores como bacterias, virus, hongos y parásitos. Estos microorganismos se encuentran en todas partes y pueden entrar en nuestros cuerpos o en el de los animales sin que nos demos cuenta. Una vez dentro, pueden causar todo tipo de enfermedades, algunas leves y otras muy serias que pueden amenazar nuestras vidas. La batalla contra estos microorganismos es constante y ocurre todos los días, aunque no siempre podemos verla, sus efectos se perciben en la salud de todos los seres vivos.

Para combatir estas infecciones, tanto médicos como veterinarios recurren al uso de agentes antimicrobianos (AMs), medicamentos contra microorganismos dañinos (patógenos) (1). Sin embargo, en un giro inesperado muchos de estos patógenos han aprendido a defenderse, evolucionado y desarrollado resistencia a los mismos AMs que antes los aniquilaban, reduciendo su eficacia e incluso dejando de ser funcionales. Como consecuencia, ahora estos microorganismos resistentes tienen la capacidad de propagarse entre diferentes seres vivos y, además pueden transferir su resistencia a otros microorganismos que previamente eran vulnerables a los tratamientos.

Los microorganismos han encontrado formas de resistir al efecto de los AMs principalmente a través del uso de dos estrategias. La primera es mediante la adquisición de mutaciones en su propio genoma, lo que se llama “resistencia intrínseca”. La segunda forma es adquiriendo nuevos genes de resistencia que provienen de elementos genéticos móviles, como son plásmidos o transposones, conocida como “resistencia adquirida” (2). En cada uno de estos escenarios, el uso de AMs no solo es una

medida de defensa, sino que también puede acelerar la aparición y propagación de la resistencia, ya que estos agentes ejercen una presión selectiva que favorece la supervivencia de los microorganismos resistentes sobre los susceptibles. No obstante, este preocupante efecto no solo se limita a los entornos hospitalarios, sino que se extiende a lugares tan inesperados como las granjas, donde los antibióticos se utilizan en el alimento de animales destinados al consumo humano, llevando el problema directamente a nuestra mesa.

1. Uso de antibióticos en el alimento de animales de consumo humano.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que los microorganismos resistentes a los AMs son responsables de aproximadamente 700,000 muertes cada año en todo el mundo (3). Pero este es solo el comienzo: la OMS advierte que, si no se implementan medidas de control efectivas que contrarresten este problema, para el año 2050 esta cifra podría aumentar hasta 10 millones de muertes por año. Los AMs, son fundamentales para tratar infecciones tanto en humanos como en animales; sin embargo, cuando se utilizan con excesiva frecuencia y, sin una necesidad real, especialmente en el sector ganadero, no solo se pone en peligro la eficacia de estos medicamentos esenciales, sino que también se podría crear un futuro donde las enfermedades previamente tratables podrían volver a ser mortales.

Particularmente, en el ámbito ganadero, los AMs no solo se emplean para tratar infecciones en los animales, sino que también son utilizados como medida preventiva

contra infecciones causadas por bacterias (4), y como estimulantes del crecimiento animal (5), lo que favorece el desarrollo de bacterias resistentes. Por ello, es esencial que el uso de los AMs este regulado y supervisado estrictamente por profesionales veterinarios, asegurando que su prescripción sea siempre mediante una receta veterinaria, como lo exige la normativa vigente (6).

Esta práctica representa una fuente importante de resistencia a los AMs, ya que los microorganismos que sobreviven a la acción de estos medicamentos no solo se vuelven resistentes, si no que también pueden transferirse de los animales a los humanos, ya sea mediante contacto directo o a través de los alimentos que consumimos de manera cotidiana, como la leche, los huevos o la carne (Figura 1). Esta transferencia animal-humano de microorganismos resistentes representa sin duda un desafío para la salud pública, enfrentándonos a una amenaza que se extiende mucho más allá de las granjas, introduciendo este importante riesgo a nuestros hogares.

2. ¿Cuáles son los antibióticos utilizados en el alimento para animales de consumo humano?

Las infecciones bacterias han causado la muerte de entre el 15% y el 20% de los animales destinados al consumo humano a nivel mundial, provocando no solo una crisis en la salud animal sino también pérdidas económicas significativas. Para hacer frente a estos desafíos, el alimento para pollos y cerdos ha sido suplementado con sulfasuccidina, estreptomina, y estreptotricina en grandes cantidades desde la década de 1950 (7). Esta

práctica recibió el sello de aprobación de la FDA (*Food and Drug Administration*) de los Estados Unidos en 1951, marcando el inicio de una era donde los AMs se convirtieron en una herramienta común en las granjas.

Hoy en día, las dosis de AMs en animales destinados al consumo humano siguen normativas estrictas: 45 mg de AM por kg de peso para ganado vacuno, 172 mg/kg en cerdos y 148 mg/kg en pollos (8). Sin embargo, a pesar de estas regulaciones, su uso excesivo e inadecuado ha provocado un rápido aumento de resistencia a los AMs, lo que culmina en la formación de reservorios de antibióticos que pueden transferirse a los humanos. En el panorama actual, se han detectado residuos de varios antibióticos en los tejidos animales: fleroxacin y norfloxacin en pollos; ciprofloxacina, enrofloxacin, nitrofuranos y sulfonamidas en cerdos, ganado y pollos, así como oxitetraciclina y clortetraciclina en cerdos y ganado; y, tetraciclinas y macrólidos en cerdos (8) (Figura 1). Esto confirma la posibilidad real de transmisión de microorganismos resistentes de animales a humanos. Un ejemplo claro es el caso de *Salmonella enterica* serovar Heidelberg, resistente a ceftiofur, una cefalosporina de tercera generación detectada tanto en huevos como en pollos en una granja canadiense. Este hallazgo, reportado por el programa de vigilancia epidemiológica sobre la resistencia a los antimicrobianos (AMs) de Canadá, se asoció con un aumento significativo de infecciones en humanos causadas por esta cepa (9). Además, curiosamente se observó que los niveles de esta bacteria en humanos disminuyeron cuando se suspendió el uso de ceftiofur, pero aumentaron nuevamente al reintroducir el uso del antibiótico (9), ilustrando así un ciclo peligroso de resistencia y recaída. Este tipo de estudios muestran claramente que existe

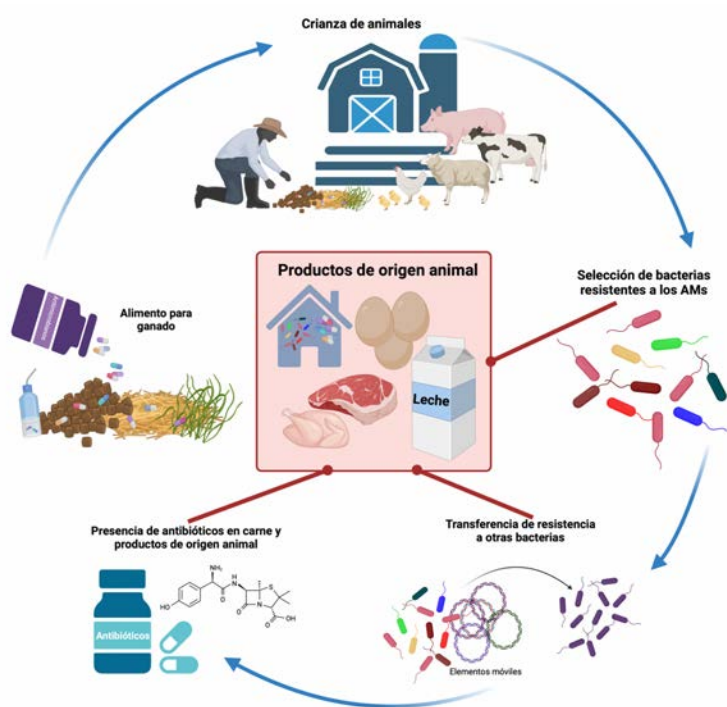
transmisión de bacterias resistentes a los AMs de los animales a los trabajadores de las granjas. Por otra parte, los consumidores también pueden ser susceptibles a las infecciones causadas por estas bacterias resistentes a los AMs. Sin embargo, estos hallazgos son solo la punta del iceberg, ya que estudios adicionales han confirmado la transmisión de bacterias resistentes o genes de resistencia presentes en alimentos de origen animal a los seres humanos (8,10,11) (Figura 1). Por ejemplo, se ha demostrado que *Escherichia coli* proveniente de pollos puede transmitir resistencia a la tetraciclina o el ciprofloxacino a aislados bacterianos obtenidos de humanos (12,13), así como *Escherichia coli* y *Klebsiella pneumoniae* productoras de carbapenemasas de cerdos y aves de corral pueden ser transmitidas a humanos y ganado (14). Así, los numerosos reportes que hemos mencionado son solo una muestra de cómo la resistencia bacteriana se transmite desde alimentos de origen animal hacia los humanos. Estos informes sirven como un recordatorio

alarmante de que la resistencia bacteriana no conoce barreras y puede afectarnos a todos, desde los trabajadores de granjas hasta consumidores finales.

Conclusiones.

La resistencia a los antimicrobianos ha aumentado alarmantemente. De hecho, la OMS ha clasificado a las bacterias según su resistencia a los AMs en prioridad crítica, alta o mediana (3). El uso constante e indiscriminado de antimicrobianos en los alimentos de animales de granja, tanto para la producción de estos como para sus productos destinados al consumo humano, ha incrementado significativamente el riesgo de propagación de bacterias resistentes y elementos genéticos móviles que transfieren resistencia a otras bacterias capaces de causar infecciones en humanos. Esto representa un grave desafío para la salud pública a nivel mundial. En conclusión, la evidencia presentada en este trabajo subraya la necesidad urgente de establecer políticas más estrictas que minimicen los riesgos asociados con la diseminación de bacterias resistentes

Figura 1. Transferencia de antibióticos y su efecto en animales destinados al consumo humano. Diversos antibióticos se utilizan en la alimentación de animales, tanto para promover su crecimiento como para disminuir la incidencia de infecciones bacterianas. Los productos derivados de estos animales pueden contener antibióticos, o elementos genéticos que median la resistencia a los AMs. Así mismo, puede ocurrir una acumulación de antibióticos o de sus productos de degradación en los animales o sus derivados alimenticios y que al final podrían ser consumidos por los seres humanos. AMs, Antimicrobianos. Como ejemplo se utilizó la estructura de la ampicilina. Imagen creada en BioRender®.



Referencias

1. Bennani H, Mateus A, Mays N, Eastmure E, Stärk KDC, Häsler B. Overview of Evidence of Antimicrobial Use and Antimicrobial Resistance in the Food Chain. Antibiotics [Internet]. 2020 Jan 28;9(2):49. Available from: <https://www.mdpi.com/2079-6382/9/2/49>
2. Boerlin P, Reid-Smith RJ. Antimicrobial resistance: its emergence and transmission. Anim Heal Res Rev [Internet]. 2008/12/22. 2008 Dec 22;9(2):115–26. Available from: <https://www.cambridge.org/core/product/6093CA1029CE8715CA7BD5EB3A9E7FBC>
3. World Health Organization. Global Action Plan on Antimicrobial Resistance [Internet]. 2015 [cited 2024 Sep 15]. Available from: https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/193736/9789241509763_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y
4. Hosain MZ, Kabir SML, Kamal MM. Antimicrobial uses for livestock production in developing countries. Vet World [Internet]. 2021 Jan 25;14(1):210–21. Available from: <http://www.veterinaryworld.org/Vol.14/January-2021/27.html>
5. Castanon JIR. History of the Use of Antibiotic as Growth Promoters in European Poultry Feeds. Poult Sci [Internet]. 2007 Nov;86(11):2466–71. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0032579119390716>
6. SEGOB. NORMA Oficial Mexicana NOM-064-ZOO-2000, Lineamientos para la clasificación y prescripción de productos farmacéuticos veterinarios por el nivel de riesgo de sus ingredientes activos [Internet]. SEGOB, Secretaría de gobernación. 1996 [cited 2024 Sep 22]. Available from: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=709498&fecha=27/01/2003#gsc.tab=0
7. Moore PR, Evenson A, Luckey TD, McCoy E, Elvehjem CA, Hart EB. Use of sulfasuxidine, streptothricin, and streptomycin in nutritional studies with the chick. J Biol Chem [Internet]. 1946 Oct;165(2):437–41. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021925817411549>
8. Ma F, Xu S, Tang Z, Li Z, Zhang L. Use of antimicrobials in food animals and impact of transmission of antimicrobial resistance on humans. Biosaf Heal [Internet]. 2021 Feb;3(1):32–8. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590053620301099>
9. Dutil L, Irwin R, Finley R, Ng LK, Avery B, Boerlin P, et al. Ceftiofur Resistance in *Salmonella enterica* Serovar Heidelberg from Chicken Meat and Humans, Canada. Emerg Infect Dis [Internet]. 2010 Jan;16(1):48–54. Available from: http://wwwnc.cdc.gov/eid/article/16/1/09-0729_article.htm
10. Muloi D, Ward MJ, Pedersen AB, Fèvre EM, Woolhouse MEJ, van Bunnik BAD. Are Food Animals Responsible for Transfer of Antimicrobial-Resistant *Escherichia coli* or Their Resistance Determinants to Human Populations? A Systematic Review. Foodborne Pathog Dis [Internet]. 2018 Aug;15(8):467–74. Available from: <http://www.liebertpub.com/doi/10.1089/fpd.2017.2411>
11. Osman KM, Kappell AD, Elhadidy M, ElMougy F, El-Ghany WAA, Orabi A, et al. Poultry hatcheries as potential reservoirs for antimicrobial-resistant *Escherichia coli*: A risk to public health and food safety. Sci Rep [Internet]. 2018 Apr 11;8(1):5859. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41598-018-23962-7>
12. Levy SB, FitzGerald GB, Maccone AB. Changes in Intestinal Flora of Farm Personnel after Introduction of a Tetracycline-Supplemented Feed on a Farm. N Engl J Med [Internet]. 1976 Sep 9;295(11):583–8. Available from: <http://www.nejm.org/doi/abs/10.1056/NEJM197609092951103>
13. Johnson JR, Kuskowski MA, Menard M, Gajewski A, Xercavins M, Garau J. Similarity between Human and Chicken *Escherichia coli* Isolates in Relation to Ciprofloxacin Resistance Status. J Infect Dis [Internet]. 2006 Jul 1;194(1):71–8. Available from: <https://doi.org/10.1086/504921>
14. Atterby C, Osbjør K, Tepper V, Rajala E, Hernandez J, Seng S, et al. Carriage of carbapenemase and extended spectrum cephalosporinase producing *Escherichia coli* and *Klebsiella pneumoniae* in humans and livestock in rural Cambodia; gender and age differences and detection of bla OXA 48 in humans. Zoonoses Public Health [Internet]. 2019 Sep 2;66(6):603–17. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/zph.12612>

Semblanza.

Verónica Roxana Flores-Vega. Es egresada de la Universidad del Valle de México, Campus Coyoacán. Actualmente es estudiante del posgrado en Biomedicina Molecular en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN. Su interés en la investigación se centra en el estudio de los mecanismos de patogenia de *Pseudomonas aeruginosa* en pacientes con fibrosis quística. Contacto: v.roxana.flores.vega@gmail.com

Araceli Pérez-López. Es Profesora Asociada C de tiempo completo de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM y dirige el Laboratorio de Inmunología e Interacciones Hospedero-Microorganismo. Sus líneas de investigación se enfocan en el estudio de las interacciones entre hospedero-microorganismo durante procesos de inflamación aguda y crónica. Contacto: aperezlopez@iztacala.unam.mx; Tel: +52 (55) 5623 1333

Roberto Rosales-Reyes. Es académico titular C de tiempo completo definitivo, adscrito a la Unidad de Medicina Experimental, Facultad de Medicina, UNAM. Su línea de investigación se centra en el estudio de los mecanismos de patogenia de bacterias que causan colonización crónica en pacientes afectados con Fibrosis Quística. Contacto: rrosalesr@comunidad.unam.mx Tel. +52 (55) 56232675