



## Residuos de antimicrobianos encontrados en aves de corral comercializadas en tiendas minoristas de la zona Metropolitana de Guadalajara, Jalisco



Delia Guillermina González-Aguilar <sup>a</sup>

Maritza Alejandra Ramírez-López <sup>a</sup>

Iyari Ximena Uribe-Camberos <sup>a</sup>

Jeannette Barba-León <sup>a\*</sup>

<sup>a</sup> Universidad de Guadalajara. Departamento de Salud Pública. Camino Ramón Padilla Sánchez No. 2100 Nextipac, 45200, Zapopan, Jalisco. México.

\* Autor de correspondencia: [jeannette.barba@academicos.udg.mx](mailto:jeannette.barba@academicos.udg.mx)

### Resumen:

La mayor demanda de producción de grandes cantidades de carne y productos animales para el consumo humano ha promovido el uso indiscriminado de antimicrobianos. El aumento del uso de estas sustancias en la producción de aves de corral tiene consecuencias negativas en la Salud Pública debido a que la acumulación de residuos de antimicrobianos en los órganos y tejidos de las aves de corral podría llegar al consumidor. La presencia de residuos de antimicrobianos puede causar problemas de hipersensibilidad en los seres humanos, o la aparición de patógenos resistentes a los antimicrobianos. El propósito de este trabajo fue evaluar la presencia de residuos de antimicrobianos en riñón y tejido muscular de las aves de corral, comercializados en cuatro municipios de la Zona Metropolitana de Guadalajara, Jalisco. Los resultados muestran que las muestras de riñón tuvieron un mayor número de resultados positivos en comparación con el tejido muscular. Los inhibidores de la vía del folato (sulfametazina) fueron los antimicrobianos con mayor número de resultados positivos en las muestras de riñón. En contraste, en el tejido muscular, los  $\beta$ -Lactámicos (penicilina) fueron los antimicrobianos con mayor número de muestras positivas. En cuanto al análisis

de los resultados por municipios, se observó que uno de ellos mostró un mayor número de muestras positivas para todas las clases de antimicrobianos evaluados. Este trabajo muestra la presencia de residuos de antimicrobianos en los riñones y tejidos musculares de las aves de corral, comercializados en sitios minoristas. Por lo tanto, es necesario aumentar los esfuerzos para monitorear y controlar el uso de antimicrobianos en las granjas avícolas.

**Palabras clave:** Residuos de antibióticos, Carne de aves de corral, Jalisco, Venta al por menor.

Recibido: 16/02/2021

Aceptado: 15/06/2021

## Introducción

La industria avícola en México es una de las más productivas en términos de producción de carne<sup>(1)</sup>. El aumento de la demanda de carne de aves de corral ha incrementado el uso de antimicrobianos en su producción; ya sea para controlar enfermedades animales o como promotores del crecimiento<sup>(2)</sup>. En Europa, se estima que aproximadamente el 80 % de los pollos recibe al menos una vez un tratamiento antimicrobiano durante su crecimiento, con una media de 172 mg/kg desde la eclosión hasta el sacrificio<sup>(3)</sup>.

Uno de los riesgos para la salud humana, asociado con el uso de antimicrobianos durante la producción avícola intensiva, es la presencia de residuos de antimicrobianos en la carne consumida. La presencia de residuos de antimicrobianos en la carne puede promover riesgos para la salud de los consumidores, como toxicidad, enfermedades inmunopatológicas, reacciones alérgicas, efectos cancerígenos, entre otras enfermedades<sup>(4,5)</sup>. Además, la presencia e ingestión de residuos de antimicrobianos puede promover la aparición de patógenos resistentes a los medicamentos<sup>(6)</sup>. Según el Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC, por sus siglas en inglés), la aparición de patógenos resistentes a los antimicrobianos, como *Campylobacter* y *Salmonella*, es uno de los mayores desafíos de Salud Pública de este siglo<sup>(6,7)</sup>.

Se ha informado que el abuso de antimicrobianos y su uso inadecuado, en relación con la dosis aplicada y el período de aplicación de no antimicrobianos a los animales antes de su sacrificio (período de abstinencia), es la principal causa de acumulación de residuos de antimicrobianos en los órganos y tejidos de las aves de corral<sup>(4,5)</sup>. Al respecto, los residuos de antimicrobianos pueden localizarse con diferentes concentraciones en varios tejidos, situación que depende de la clase de antimicrobiano y de su vía de administración<sup>(8)</sup>. Además

del estudio de la presencia de residuos de antimicrobianos en tejidos destinados al consumo humano, varios estudios utilizan el riñón como matriz muestral, ya que es el órgano responsable de excretar la mayoría de los medicamentos<sup>(9)</sup>. Se ha informado que la mayoría de los antimicrobianos, como los  $\beta$ -lactámicos, las tetraciclinas, la estreptomicina, la sulfametazina y el cloranfenicol, se excretan en la orina como fármacos originales o como un metabolito derivado<sup>(10)</sup>. Por lo tanto, en este estudio se analizó la presencia de penicilina, sulfametazina y estreptomicina como indicador del uso de estos antimicrobianos durante la producción de las aves de corral analizadas.

La evidencia científica muestra que las clases de antimicrobianos comúnmente utilizados en la industria avícola en el mundo son aminoglucósidos (estreptomicina)<sup>(11)</sup>,  $\beta$ -lactámicos (penicilina)<sup>(12)</sup>, antagonistas de la vía del folato (sulfonamidas-sulfametazina), quinolonas (ciprofloxacina) y tetraciclinas<sup>(13)</sup>. La toxicidad de cada una de estas clases es diferente, por ejemplo, los aminoglucósidos son hepatotóxicos y ototóxicos, los inhibidores de la vía del Folato tienen efectos teratogénicos y pueden causar problemas en el tracto urinario. Por otro lado, el  $\beta$ -Lactámico provoca neurotoxicidad en los casos en que la función renal está alterada o existen lesiones cerebrales preexistentes. Además, las tres clases de antimicrobianos causan la interrupción de la flora intestinal<sup>(5)</sup>. En México, estas tres clases están catalogadas como medicamentos sujetos a monitoreo en aves de corral<sup>(14)</sup>. Por ello, este estudio probó la presencia de tres residuos de antimicrobianos en riñón y tejido muscular de aves de corral en cuatro municipios de la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG). Los residuos de antimicrobianos evaluados en este estudio son representativos de las tres clases de antimicrobianos monitoreados en México.

## Material y métodos

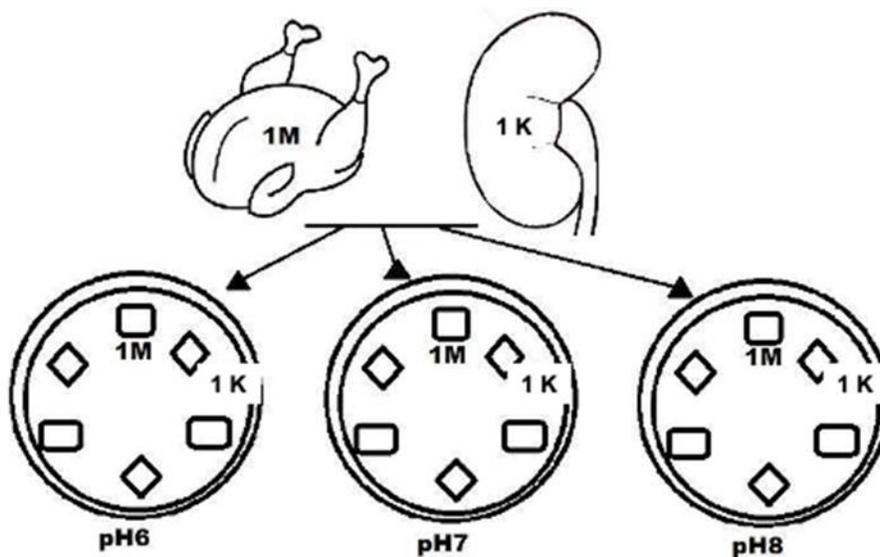
### Toma de muestras

Se adquirió un total de 177 riñones y 177 tejidos musculares, correspondientes a la parte baja de la espalda (rabadilla) de un número igual de canales de aves de corral, en tiendas minoristas de cuatro municipios de la ZMG. Las muestras se colectaron al azar, de febrero a junio de 2018. Los municipios analizados fueron Guadalajara (A) con 43 muestras evaluadas por cada tejido analizado (43 muestras de riñón y 43 muestras musculares), Tlaquepaque (B) con 40 muestras, Tonalá (C) con 44 muestras y Zapopan (D) con 50 muestras. El número de muestras por municipio se calculó con el software Win Episcopy v 2.0, considerando una confianza del 95 % y un error del 5 %. Las muestras de riñón y tejido muscular fueron transportadas en hieleras al Laboratorio de Inocuidad de Alimentos del Departamento de Salud Pública del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, para su análisis.

## Procesamiento de muestras

Todas las muestras de riñón y tejido muscular colectadas fueron diseccionadas por triplicado con un punzón estéril de 8 mm, en condiciones asépticas. La presencia de residuos de antibióticos se evaluó mediante el método de difusión de placas de agar de *Bacillus subtilis* ( $6 \log_{10}$  UFC)<sup>(15,16)</sup>, utilizando agar MacConkey. El agar se hizo con tres pH diferentes, donde cada pH permite probar una clase diferente de antimicrobiano. Se utilizó medio con pH 6 para evaluar la presencia de residuos  $\beta$ -Lactámicos y se añadió con penicilina (0.10 U.I.); el medio con pH 7 se utilizó para analizar los residuos de los inhibidores de la vía del folato, y se agregó con sulfadiazina (0.5  $\mu$ g); el medio con pH 8 se utilizó para detectar residuos de aminoglucósidos, y se agregó con estreptomycin (0.5  $\mu$ g). Cada una de las muestras obtenidas del riñón y tejido muscular se colocaron en placas, correspondientes a cada uno de los antimicrobianos evaluados, como se muestra en la Figura 1. Se utilizó un cuadrado de 6 mm de papel de filtro estéril (Whatman 4) como control negativo. Las placas se incubaron a  $37 \pm 1$  °C/24 h. La presencia de residuos de antimicrobianos se evaluó en función del diámetro de la zona de inhibición formada en la placa de crecimiento de *B. subtilis*. La medición se realizó con un vernier que iba desde el borde exterior de la muestra hasta el punto final de la zona de inhibición. Las zonas de inhibición iguales o superiores a 2 mm se consideraron positivas; las zonas de inhibición menores de 2 mm pero iguales o superiores a 1 mm se consideraron sospechosas y las zonas de inhibición menores de 1 mm se consideraron negativas<sup>(15)</sup>.

**Figura 1:** Esquema de la colocación de las muestras en las placas antimicrobianas. M: músculo, K: riñón



## Análisis estadístico

Los datos fueron analizados con el software GraphPad Prism 8.4.2. Se utilizó la prueba de Mann Whitney, la prueba de Kruskal-Wallis y la prueba de comparaciones múltiples post hoc de Dunn. Una  $P < 0.05$  se consideró una diferencia estadísticamente significativa.

## Resultados

Se evaluaron muestras de riñón y tejido muscular de 177 canales de pollo para detectar residuos de antimicrobianos de penicilina (pH 6), sulfametazina (pH 7) y estreptomina (pH 8) utilizando el ensayo de difusión de placas de agar de *B. subtilis*. El 33.3 % (59/177) de las muestras analizadas fueron positivas a la presencia de cualquiera de los residuos de antimicrobianos evaluados, donde el 22.6 % (40/177) de las muestras procedían de muestras de riñón y el 10.7 % (19/177) procedían de tejido muscular ( $P < 0.05$ ) (Cuadro 1). En cambio, el 44.1 % (78/177) de las muestras se clasificaron como sospechosas, mientras que el 37.3 % (66/177) correspondió a riñón y el 6.8 % (12/177) a tejido muscular ( $P < 0.05$ ). El 40.1 % (71/177) de las muestras de riñón y el 82.5 % (146/177) de las muestras de tejido muscular fueron negativas. El municipio B fue el de mayor porcentaje de muestras positivas reportadas (18.0 %), seguido del municipio D (7.4 %) y el municipio A (6.8 %). En cuanto a los resultados sospechosos, el municipio D mostró el mayor número de muestras en esta categoría (22.1 %), seguido por el municipio B (10.1 %) y el municipio A (7.9 %). El municipio C fue el que mostró el menor número de muestras positivas (1.2 %) y sospechosas (4.0 %).

**Cuadro 1:** Presencia de residuos de antimicrobianos en las aves de corral vendidas en las tiendas minoristas de la Zona Metropolitana de Guadalajara

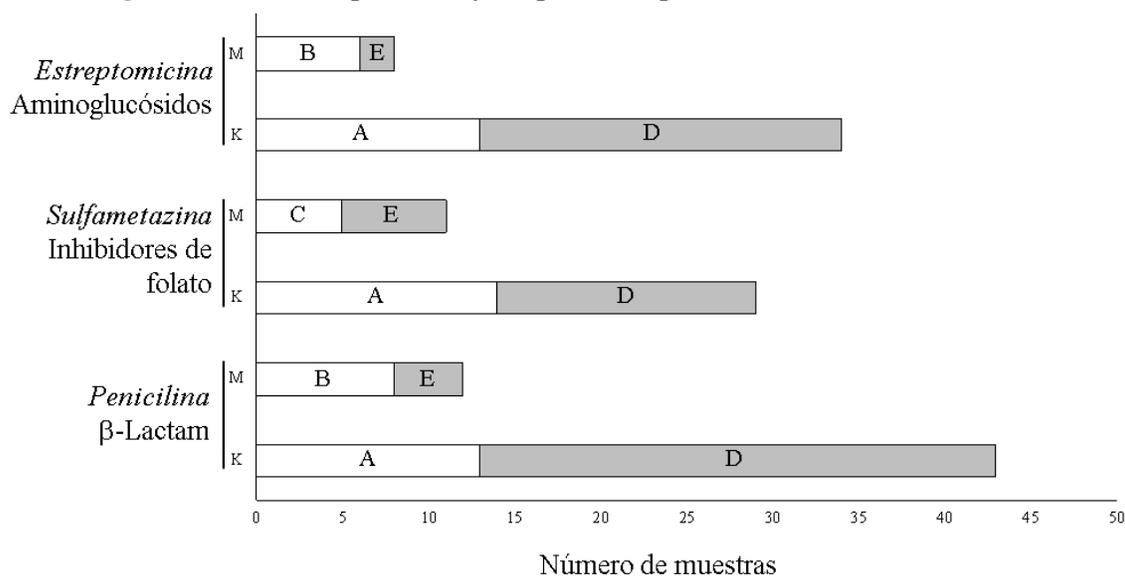
Municipio	Muestras (n)	Muestras resistentes (%)*		Muestras sospechosas (%)		Muestras negativas (%)	
		M	R	M	R	M	R
A	43	2.3	4.5	1.7	6.2	20.3	13.6
B	40	5.6	12.4	1.1	9.0	15.8	1.1
C	44	0.6	0.6	0.0	4.0	24.3	20.3
D	50	2.3	5.1	4.0	18.1	22.0	5.1
Total	177						

\*El porcentaje mostrado se calculó en base al total de muestras de tejido muscular (M) y riñón (R) analizadas.

El análisis de las muestras positivas por el tipo de residuos analizados mostró un número similar de muestras positivas en riñones ( $P > 0.05$ ) (Figura 2). En cambio, la penicilina fue el residuo que mostró el mayor número de muestras positivas en músculo (8/177), seguido de la estreptomina (6/177) y la sulfametazina (5/177) ( $P > 0.05$ ). En cuanto al número de

muestras sospechosas, se observó que el riñón volvió a ser el órgano con mayor número de muestras sospechosas, siendo la penicilina el residuo con mayor número de resultados positivos (30/177), seguido de la estreptomycin (21/177) y la sulfametazina (15/177). Curiosamente, las muestras musculares reportaron menos resultados sospechosos de sulfametazina (6/177), penicilina (4/177) y estreptomycin (2/177). El análisis estadístico de muestras sospechosas mostró diferencias estadísticamente significativas entre el tipo de muestras (K vs M) ( $P < 0.05$ ). Por el contrario, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas por clase de residuo de antimicrobiano ( $P > 0.05$ ).

**Figura 2:** Muestras positivas y sospechosas por antimicrobiano evaluado



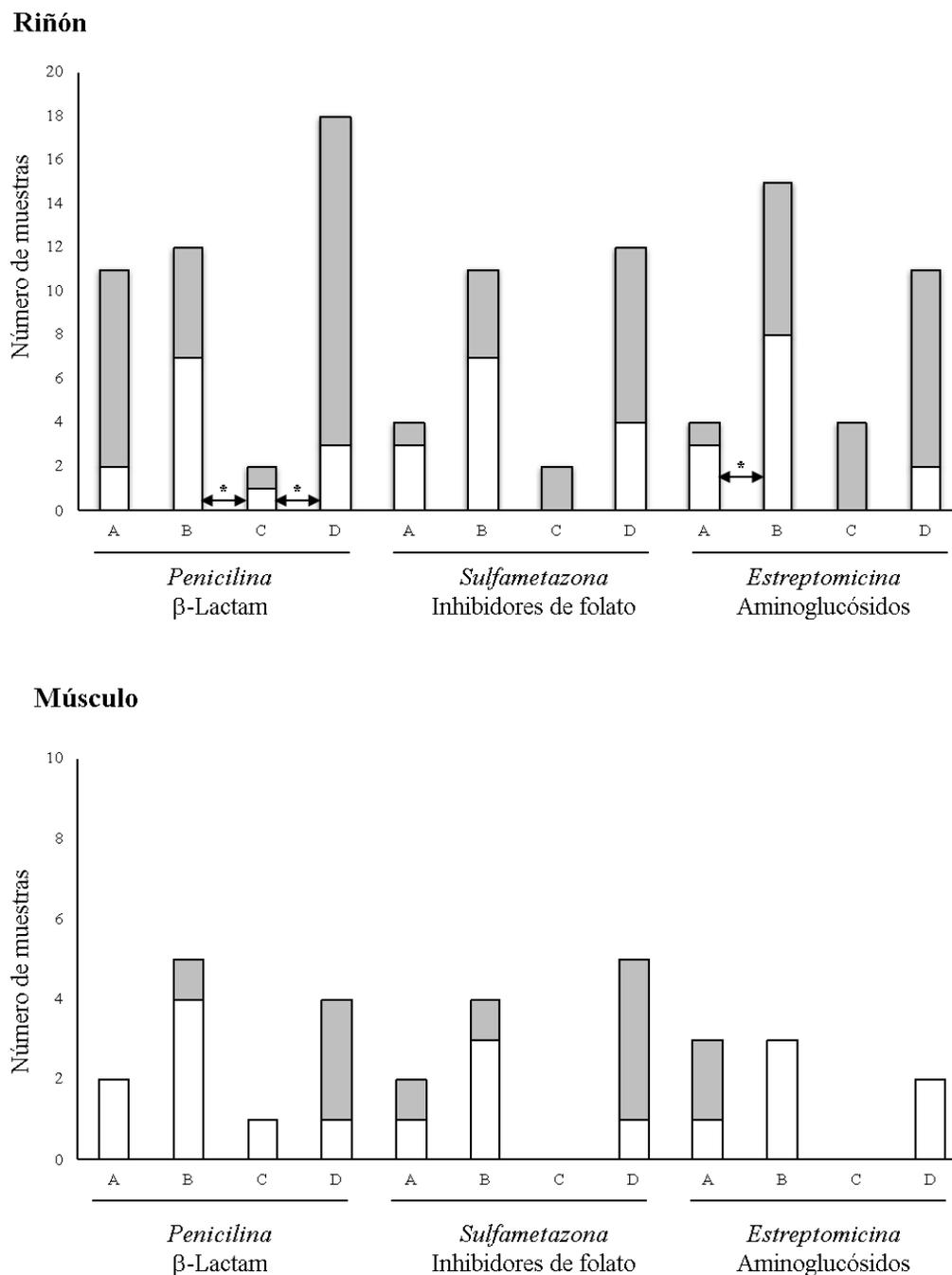
El gráfico muestra en blanco el número de muestras positivas para cada uno de los antimicrobianos analizados. El número de muestras sospechosas por antimicrobiano analizado se muestra en gris.

ABCDE Letras mayúsculas diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ).

El análisis de los resultados de los residuos de antimicrobianos por localidad mostró que el municipio B es el que tiene el mayor número de muestras positivas para los tres residuos evaluados en ambos tipos de muestras evaluadas (K y M). El análisis estadístico mostró diferencias estadísticamente significativas para el número de muestras positivas a residuos de ampicilina en tejido renal entre los municipios B, C y D ( $P < 0.05$ ). Para sulfametazina, se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los municipios B y C ( $P < 0.05$ ). Finalmente, para residuos de estreptomycin, las diferencias se observaron en los municipios A, B y C ( $P < 0.05$ ) (Figura 3a). En cuanto al número de muestras sospechosas en riñón, se encontró que el municipio D fue el que tuvo el mayor número de muestras reportadas para los tres residuos evaluados en comparación con el resto de los municipios ( $P < 0.05$ ). Se observó un patrón similar para el tejido muscular, donde el municipio B fue el que tuvo el mayor número de muestras que reportaron los tres residuos evaluados ( $P > 0.05$ ) y el municipio D fue el que tuvo el mayor número de muestras sospechosas de residuos de

sulfametazina y estreptomicina ( $P>0.05$ ) (Figura 3b). Curiosamente, en los tejidos musculares, el municipio C no reportó muestras positivas o sospechosas de residuos de sulfametazina y estreptomicina y solo reportó una muestra positiva a residuos de ampicilina.

**Figura 3:** Muestras positivas y sospechosas evaluadas por antimicrobiano y municipio



El gráfico muestra en blanco el número de muestras positivas para cada uno de los antimicrobianos analizados. El número de muestras sospechosas por antimicrobiano analizado se muestra en gris.  
\* indican diferencias estadísticamente significativas ( $P<0.05$ ), entre las barras indicadas por las puntas de flecha.

## Discusión

Varias investigaciones han reportado las implicaciones de la presencia de residuos de antimicrobianos en tejidos de animales destinados al consumo humano, tanto en la salud humana como en el desarrollo de resistencia a medicamentos en patógenos zoonóticos. Actualmente, la Organización Mundial de la Salud indica que, para prevenir y controlar la propagación de la resistencia a los antimicrobianos, el sector agrícola debe administrar antibióticos a los animales solo bajo supervisión veterinaria, evitando el uso de antibióticos como promotores del crecimiento o para prevenir enfermedades en animales sanos. Se recomienda el uso de vacunas en animales destinados al consumo, con el fin de reducir la necesidad del uso de antibióticos. Asimismo, se recomienda mejorar la higiene en los puntos de control a lo largo de la cadena de producción<sup>(17)</sup>. Se ha informado que la aparición de patógenos zoonóticos resistentes a múltiples clases de antimicrobianos puede propagarse del animal a los alimentos, causando enfermedades transmitidas por los alimentos difíciles de tratar en los seres humanos, lo que resulta en un impacto sanitario, médico y socioeconómico significativo<sup>(18)</sup>.

El uso inadecuado y excesivo de antimicrobianos en las aves de corral, evidenciado por la presencia de residuos de antimicrobianos en órganos como el riñón y/o los tejidos, promueve que la microbiota de las aves de corral, o los patógenos zoonóticos presentes en los animales, obtengan y transmitan genes de resistencia a los antimicrobianos por presión selectiva. En los consumidores, la presencia de residuos de antimicrobianos en los alimentos puede afectar a su salud de dos formas principales: (1) promoviendo reacciones alérgicas y tóxicas, debido a la exposición prolongada a bajos niveles de residuos o (2) debido a una posible aparición y propagación de resistencia a los antimicrobianos en la microbiota del hospedero o en patógenos que causan una infección difícil de tratar<sup>(19)</sup>. Al respecto, en Vietnam se encontró una relación entre los residuos de antimicrobianos presentes en la carne de aves de corral procedente de mercados y supermercados, y cepas de *Salmonella* no tifoidea (SNT) obtenidas de las mismas muestras. El estudio consistió en el análisis de 119 muestras, donde se encontró la presencia de 10 residuos de antimicrobianos. Las clases de inhibidores de la vía del Folato, tetraciclinas y macrólidos fueron las que mostraron el mayor número de resistencia a SNT. La prevalencia de SNT fue del 71.8 %, siendo los serotipos más comunes Kentucky, Corvallis, Agona y ST2024. A partir de los aislados de *Salmonella* recuperados, se observó que la resistencia bacteriana y la presencia de residuos de antimicrobianos en la carne de aves de corral correspondían a las clases de tetraciclinas e inhibidores de la vía del Folato. Los resultados mostrados en el estudio de Vietnam enfatizan que existe una correlación entre la presencia de residuos de antimicrobianos en los tejidos de las aves de corral y el aislamiento de bacterias patógenas resistentes<sup>(20)</sup>.

Este estudio muestra la presencia de residuos en riñones y tejidos musculares de tres clases diferentes de antimicrobianos,  $\beta$ -Lactámico (penicilina), inhibidores de la vía del Folato (sulfametazina) y Aminoglucósidos (estreptomina), procedentes de aves de corral comercializadas en cuatro municipios de la ZMG (Cuadro 1). El porcentaje de muestras positivas (33.3 %) encontradas en este estudio es mayor al encontrado en la carne de res cruda en Erbil, Irak (10,8 %)<sup>(21)</sup> y en aves de corral en Shanghai, China (22.2 %)<sup>(19)</sup> y es inferior al reportado en alimentos avícolas (47.3 %) en Fujian, China<sup>(22)</sup>. Los resultados obtenidos en este estudio comparados con los obtenidos en Irak y China muestran que, a pesar de la existencia de regulaciones y programas de control de residuos de antimicrobianos, su vigilancia y control no es eficiente. Ya sea por falta de infraestructura y pruebas diagnósticas para identificar residuos de antimicrobianos en los órganos y tejidos de las aves de corral o por falta de experiencia para detectar estos residuos.

Los resultados obtenidos mostraron que los inhibidores de la vía del Folato fueron los que tuvieron el mayor número de muestras positivas reportadas en riñón, seguidos por los residuos de  $\beta$ -Lactámicos y Aminoglucósidos. En contraste, en las muestras musculares, el residuo que reportó el mayor número de muestras positivas fue el  $\beta$ -Lactámico, seguido de Aminoglucósidos e inhibidores de la vía del Folato. Los resultados observados contrastan con los resultados reportados en China, donde la Tetraciclina es el residuo de antimicrobiano con mayor incidencia en aves de corral<sup>(22)</sup>. Asimismo, los resultados de este estudio están de acuerdo con los reportados en Pakistán y Nigeria, donde los residuos de inhibidores de la vía del Folato (sulfonamidas) fueron la clase de antibióticos con mayor incidencia en aves de corral<sup>(23,24)</sup>. Parece que la presencia de residuos de antimicrobianos pertenecientes a las clases de inhibidores de la vía del Folato y Tetraciclinas depende del antimicrobiano utilizado con frecuencia en cada país. La presencia de residuos de antimicrobianos en México, China y África muestra la falta de recursos económicos que permitan la adquisición de insumos y capacitación técnica para llevar a cabo un programa adecuado de control de residuos de antimicrobianos. En México, aunque existen regulaciones gubernamentales para los programas de control de residuos de antimicrobianos, estos sólo se llevan a cabo en plantas de sacrificio cuyo producto se destina a productos de exportación, descuidando el consumo local. Por otro lado, estudios han reportado que las muestras de riñón positivas a residuos de antimicrobianos son mayores a las encontradas en músculo, debido a que el período de abstinencia en la aplicación del antimicrobiano se refleja más rápidamente en el músculo que en el riñón<sup>(25)</sup>. Por esta razón, un resultado positivo en el riñón no debe considerarse un indicador de la calidad del tejido muscular<sup>(25)</sup>. Al respecto, se ha reportado que los residuos de aminoglucósidos permanecen en el riñón durante períodos más prolongados de tiempo, incluso meses, debido a su afinidad con la corteza renal<sup>(26)</sup>.

En cuanto a los resultados del número de muestras positivas a múltiples clases de antibióticos, como las observadas en los municipios A, B y D, los resultados obtenidos son similares a los reportados en China y Holanda<sup>(22,27)</sup>. En China, se reportó que el 28.8 % de las muestras

positivas fueron positivas a dos o más residuos de antibióticos, donde el residuo de tetraciclina fue encontrado con mayor frecuencia, seguido de los residuos de inhibidores de la vía del Folato<sup>(22)</sup>. Adicionalmente, las diferencias observadas en este estudio respecto a los hallazgos obtenidos para los municipios A, B y D se deben posiblemente al origen de los pollos de engorda que procesa cada planta de sacrificio. Los resultados obtenidos sugieren que los animales sacrificados en las plantas de los municipios A y D proceden de granjas que realizan algún programa de control operativo. Por el contrario, los resultados observados en el municipio B sugieren que los pollos de engorda provienen de granjas donde no existe un control adecuado en la administración y suspensión de tratamientos antimicrobianos previos al sacrificio.

## Conclusiones e implicaciones

Los resultados obtenidos muestran que las aves de corral analizadas llegan a las plantas de sacrificio con presencia de residuos antimicrobianos en riñón y músculo. La presencia de antimicrobianos analizados en pollos de engorda sugiere abuso en su administración. Dado que no se dispone de estudios de trazabilidad de los animales recibidos en cada matadero analizado en este estudio, es necesario realizar estudios que monitoreen las diferentes clases de antimicrobianos y dosis administradas a las aves de corral. Sin embargo, los resultados de este estudio solo reflejan un problema local en Jalisco, México y los datos de este estudio no reflejan necesariamente la situación en el país. Asimismo, la falta de estudios de evaluación de riesgo humano dentro de las poblaciones mexicanas dificulta el análisis del riesgo de exposición a antimicrobianos, debido a la gestión de carne de ave, tanto a nivel local como nacional.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a Kevin Brian Magallon Carrizales y Sergio Arturo Córdova Ramírez por su apoyo técnico.

## Declaración de interés en competencia

Todos los autores declaran que no hay conflictos de intereses.

## Literatur citada:

1. CEDRSSA. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria. La importancia de la industria avícola en México. 2019. [http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/47Industria\\_Avicola\\_M%C3%A9xico.pdf](http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/47Industria_Avicola_M%C3%A9xico.pdf). Consultado Mayo 19, 2021.

2. Hedman HD, Vasco KA, Zhang L. A review of antimicrobial resistance in poultry farming within low-resource settings. *Animals* 2020;10(8).
3. De Briyne N, Atkinson J, Pokludova L, Borriello SP. Antibiotics used most commonly to treat animals in Europe. *Vet Rec* 2014;175(13).
4. Muaz K, Riaz M, Akhtar S, Park S, Ismail A. Antibiotic residues in chicken meat: global prevalence, threats, and decontamination strategies: A review. *J Food Prot* 2018;81(4):619-627.
5. Vishnuraj M, Kandeepan G, Rao K, Chand S, Kumbhar V. Occurrence, public health hazards and detection methods of antibiotic residues in foods of animal origin: A comprehensive review. *Cogent Food & Agriculture* 2016;2(1235458):1-8.
6. Golden CE, Mishra A. Prevalence of *Salmonella* and *Campylobacter* spp. in alternative and conventionally produced chicken in the United States: A systematic review and Meta-Analysis. *J Food Prot* 2020;83(7):1181-1197.
7. CDC. Centers for Disease Control and Prevention. CDC. Antibiotic resistance threats in the United States, 2019. <https://www.cdc.gov/drugresistance/pdf/threats-report/2019-ar-threats-report-508.pdf>. Accessed May 19, 2021.
8. Van Boeckel TP, Brower C, Gilbert M, Grenfell BT, Levin SA, Robinson TP, *et al.* Global trends in antimicrobial use in food animals. *Proc Natl Acad Sci USA* 2015;112(18):5649-5654.
9. Ezenduka EV. Screening of antimicrobial residues in poultry meat in Enugu metropolis, Enugu State, South East Nigeria. *Vet Ital* 2019;55(2):143-148.
10. Wu Q, Zhu Q, Shabbir MA, Sattar A, Peng DP, Tao YF, *et al.* The search for a microbiological inhibition method for the rapid, broad-spectrum and high-throughput screening of six kinds of antibiotic residues in swine urine. *Food Chem* 2021;339.
11. Pikkemaat MG, Rapallini M, Zuidema T, Elferink JWA, Oostra-van Dijk S, Driessen-van Lankveld WDM. Screening methods for the detection of antibiotic residues in slaughter animals: comparison of the European Union Four-Plate Test, the Nouws Antibiotic Test and the Premi (R) Test (applied to muscle and kidney). *Food Additives & Contaminants* 2011;28(1):26-34.
12. Hakem A, Titouche Y, Houali K, Yabrir B, Malki O, Chenouf N, *et al.* Screening of antibiotics residues in poultry meat by microbiological methods. *University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine* 2013;70(1).
13. Karmi M. Detection and presumptive identification of antibiotic residues in poultry meat by using FPT. *Global J Pharmacol* 2014;8(2):160-165.

14. SENASICA. Servicio Nacional de Sanidad IyCA. Tabla de Límites Máximos de Residuos, 2020. <https://www.gob.mx/senasica/documentos/limites-maximos-de-residuos-toxicos-y-contaminantes?state=published>. Consultado Mayo 19, 2021.
15. Bogaerts RWF. A standardized method for the detection of residues of antibacterial substances in fresh meat. *Fleischwirtschaft* 1980;60:672-674.
16. Gondová Z, Kožárová I, Poláková Z, Mad'arová M. Comparison of four microbiological inhibition tests for the screening of antimicrobial residues in the tissues of food-producing animals. *Ital J Anim Sci* 2014;13(4):729-735.
17. World Health Organization. Antimicrobial resistance. 2020. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/antimicrobial-resistance>. Accessed May 19, 2021.
18. Madoroba E, Kapeta D, Gelaw AK. Salmonella contamination, serovars and antimicrobial resistance profiles of cattle slaughtered in South Africa. *Onderstepoort J Vet Res* 2016;83(1).
19. Wang HX, Ren LS, Yu X, Hu J, Chen Y, He GS, *et al.* Antibiotic residues in meat, milk and aquatic products in Shanghai and human exposure assessment. *Food Control* 2017;80:217-225.
20. Nhung NT, Van NTB, Cuong NV, Duong TTQ, Nhat TT, Hang TTT, *et al.* Antimicrobial residues and resistance against critically important antimicrobials in non-typhoidal *Salmonella* from meat sold at wet markets and supermarkets in Vietnam. *Int J Food Microbiol* 2018;266:301-309.
21. Al-Mashhadany DA. Detection of antibiotic residues among raw beef in Erbil City (Iraq) and impact of temperature on antibiotic remains. *IJFS* 2019;8(1):6-10.
22. Yang Y, Qiu WQ, Li YX, Liu LJ. Antibiotic residues in poultry food in Fujian Province of China. *Food Addit Contam Part B-Surveill* 2020;13(3):177-184.
23. Oyedeji AO, Msagati TAM, Williams AB, Benson NU. Determination of antibiotic residues in frozen poultry by a solid-phase dispersion method using liquid chromatography-triple quadrupole mass spectrometry. *Toxicol Rep* 2019;6:951-956.
24. Rabia A, Sidrah S. Identification and quantification of antimicrobial activity in commercially available chicken meat in a large urban centre in Pakistan. *CRFS* 2020;3:173-177.
25. Rahimi Z, Shahbazi Y, Ahmadi F. Comparative screening of chloramphenicol residue in chicken tissues using four plate test and premi (R) test methods. *J Pharm Sci* 2018;24(2):157-162.

26. Tajik H, Malekinejad H, Razavi-Rouhani SM, Pajouhi MR, Mahmoudi R, Haghazari A. Chloramphenicol residues in chicken liver, kidney and muscle: A comparison among the antibacterial residues monitoring methods of four plate test, ELISA and HPLC. *Food Chem Toxicol* 2010;48(8-9):2464-2468.
27. Pikkemaat MG, Rapallini M, Oostra-van DS, Elferink JWA. Comparison of three microbial screening methods for antibiotics using routine monitoring samples. *Anal Chim Acta* 2009;637(1-2):298-304.