

Evaluación de la resistencia a los antibióticos de cepas de *Escherichia coli* aisladas en carne de cerdo comercializada en los mercados municipales de la ciudad de Guatemala

Evaluation of antibiotics resistance of Escherichia coli strains isolated in pork sold in municipal markets of Guatemala City

Flor D. Porras *, Kevin Flores, Jacqueline Escobar Muñoz

Departamento de Microbiología, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia,
Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala

*Autor al que se dirige la correspondencia: florporrasvet@gmail.com

Recibido: 14 de abril 2021 / Revisión: 15 de junio 2022 / Aceptado: 25 de octubre 2022

Resumen

La resistencia a los antimicrobianos es un problema de salud pública a nivel mundial que va en aumento y se ve reflejada en la falta de eficacia de los tratamientos de infecciones bacterianas con antibióticos en humanos y en animales. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la resistencia a los antibióticos de cepas de *Escherichia coli* aisladas en carne de cerdo expendida en los mercados municipales de la ciudad de Guatemala. Se identificaron los antibióticos que presentaron mayor resistencia y mayor sensibilidad *in vitro* frente a las cepas de *E. coli* aisladas a partir de 76 muestras de carne de cerdo. Se realizó un muestreo aleatorio simple con afijación proporcional por mercado. Para la identificación de las cepas de *E. coli* se utilizó la prueba de IMViC y para evaluar la resistencia a los antimicrobianos se utilizó la prueba de Kirby Bauer empleando 9 antibióticos. Se aisló *E. coli* en el 55% (42/76) de las muestras. La resistencia en las 42 cepas aisladas fue: tetraciclina (83%) neomicina (50%) y sulfametoxasole + trimetoprim (50%). 83% de las cepas (35/42) fueron resistentes a 2 antibióticos y 50% (21/42) a 3 antibióticos o más. Se obtuvo mayor sensibilidad con ceftriaxona (91%), amikacina (83%), gentamicina (65%) y ácido nalidíxico (65%). Se concluye que existe resistencia a los antibióticos evaluados, lo que constituye un riesgo para la salud pública ya que se encuentra en cepas aisladas en un alimento para consumo humano.

Palabras clave: Salud pública, Antibiótico, Carne de cerdo, Kirby Bauer

Abstract

Antimicrobial resistance is a global public health threat that is increasing and is reflected in the lack of efficacy of bacterial infection treatments with antibiotics in humans and animals. The objective of this study was to evaluate the resistance to antibiotics of *Escherichia coli* strains isolated from pork in the municipal markets of Guatemala City. Antibiotics with the highest resistance and those with the highest sensitivity *in vitro* against the strains of *E. coli* were evaluated. A simple random sampling was carried out with proportional allocation by market, and 76 samples were collected. IMViC test was used to identify the *E. coli* strains, and antibiotics resistance was evaluated using the Kirby Bauer with nine different antibiotics. *E. coli* was isolated in 55% (42/76) of the samples. Resistance was evaluated in the 42 isolates. Antibiotic resistance was detected to tetracycline (83%), neomycin (50%), and sulfamethoxazole + trimethoprim (50%). All isolates presented resistance to at least one antibiotic; it was determined that 83% (35/42) showed resistance to two antibiotics and 50% (21/42) showed resistance to three antibiotics or more. The sensitivity obtained was higher for ceftriaxone (91%), amikacin (83%), gentamicin (65%), and nalidixic acid (65%). In conclusion, antibiotic resistance was detected, which constitutes a risk to public health since it is found in isolated strains in food for human consumption.

Keywords: Public health, Antibiotic, Pork, Kirby Bauer



Introducción

La resistencia a los antibióticos es importante a nivel mundial ya que es considerada una amenaza para la salud mundial (humana y animal) y la seguridad alimentaria. Se presenta cuando las bacterias se adaptan y crecen en presencia de antibióticos (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2016; Pormohammad et al., 2019). La adaptación es parte del proceso evolutivo de las bacterias patógenas y comensales; y puede ocasionar una pérdida de la eficacia de los antibióticos frente a infecciones bacterianas (Silbergeld et al., 2008). Las bacterias son resistentes a algunas familias de antibióticos y eso les permiten tener ventajas competitivas con respecto a otras cepas y pueden sobrevivir en caso de que se emplee ese antibiótico específico (Jawets et al., 2010).

Los mecanismos a través de los cuales las bacterias adquieren resistencia contra los fármacos, son los siguientes: (1) Los microorganismos producen enzimas que destruyen al fármaco activo, como en el caso de las bacterias Gram negativas que son resistentes a los aminoglucósidos, esto es debido a que poseen un plásmido, que producen enzimas que destruyen al fármaco; (2) cambian su permeabilidad al fármaco; (3) forman un sitio de acción estructural modificado para el fármaco; (4) forman una vía metabólica modificada que desvía la reacción que es inhibida por el fármaco (Jawets et al., 2010).

Derivado de la resistencia a los antibacterianos, se observa falta de efectividad de los tratamientos en clínicas y hospitales; tanto en humanos como en animales.

Para este estudio se realizó aislamientos de *E. coli* debido a que se ha utilizado extensamente como indicadora de resistencia y se ha evidenciado que va en aumento principalmente a sulfametoxazol, tetraciclinas y betalactámicos de amplio espectro (Zhang et al., 2016). Además, se ha aislado en diferentes tipos de carnes (bovino, pollo y cerdo) en mercados.

Alarcón y colaboradores (2020) aislaron *E. coli* a partir de 200 muestras de carne molida de bovinos; 46.5% (93/200) presentaban la bacteria. Pissetti y colaboradores (2017) aislaron 319 cepas de *E. coli* en canales de cerdo; el 86.2% (275/319) de cepas eran resistentes al menos a un antimicrobiano y el 71.5% (228/319) presentaba multiresistencia. En otro estudio realizado por Ruiz-Roldán y colaboradores (2018) se recolectaron 138 muestras de carne: 64 de pollo, 44 de res, y 30 de cerdo; y se evidenció resistencia a

trimetoprim-sulfametoxazol, ampicilina, tetraciclina, ácido nalidíxico, ciprofloxacina y cloranfenicol, observándose mayor resistencia en la carne de pollo y cerdo. En Lima, Perú se realizó un estudio similar por Monterroso y colaboradores (2019) donde aislaron 36 cepas de *E. coli* procedentes de porcinos de granjas tecnificadas encontrando resistencia a ácido nalidíxico (89%), a cloxacilina (83%) y a amoxicilina-ácido clavulánico (69%).

Como se puede observar, en los estudios mencionados, la *E. coli* aislada en carne de cerdo presenta resistencia a diferentes antibióticos; lo que constituye un riesgo para la salud pública. Cabe mencionar que no existen estudios en Guatemala en los que se evalúe la resistencia antibacteriana en carne de cerdo a pesar de ser un alimento de venta libre para consumo humano y de haberse consumido 88 toneladas en el país en el 2019 (Ministerio de Economía, 2019).

Para finalizar, el objetivo del presente estudio fue evaluar por primera vez en Guatemala la resistencia a diferentes antibióticos en cepas de *E. coli* aisladas en carne de cerdo.

Materiales y Métodos

Tipo de estudio y obtención de muestras

El estudio fue de carácter descriptivo de corte transversal. Se recolectaron muestras de carne de cerdo en los mercados municipales de la Ciudad de Guatemala en el periodo de septiembre-octubre del 2020, el procesamiento de las muestras se llevó a cabo en el Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Recolección de datos

Se realizó un muestreo aleatorio simple con afijación proporcional por cada mercado. La prevalencia de *E. coli* se calculó tomando en cuenta un valor de prevalencia esperada del 55% (Yandug et al., 2016), nivel de confianza del 95%, el tamaño de la población (342 expendios de carne de cerdo distribuidos en 22 mercados municipales), con una precisión del 8%. Se visitaron 76 expendios de carne de cerdo para la recolección de las muestras; cada muestra contenía 4 onzas de carne cruda de cerdo. Se empacaron en

bolsas estériles individuales, rotuladas y transportadas, para su análisis, en una hielera a temperatura de 2-6 °C al Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Procesamiento de muestras e identificación de *E. coli*

Inicialmente, se realizó un enriquecimiento, se depositó 25 g de la muestra en 225 mL de agua peptonada en bolsas estériles Whirl-Pak (Nasco), se homogenizó por 3 min y se incubó durante 4 h a 37 °C. Posteriormente, se inoculó 0.5 mL del contenido en placas de agar Chromocult® (Lange et al., 2013) para coliformes (AOAC *Performance Tested*) y se incubó a 37 °C durante 24 h (Merck, 2005).

Se realizó el estudio macroscópico de las colonias y las que presentaron características cromogénicas de color azul oscuro o violeta fueron presuntamente identificadas como *E. coli*, luego se procedió a realizar un cultivo por agotamiento en el medio de cultivo Agar Tripticasa Soya (Merck, 2005) para su purificación, el cual se incubó durante 24 h a 37 °C. Se tomaron tres a cinco de las colonias aisladas para realizar las pruebas bioquímicas confirmatorias que permitieron identificar las características metabólicas de la bacteria. Las pruebas utilizadas fueron: Indol, Rojo de Metilo, Voges Proskauer y Citrato; a estas pruebas se les denominan IMViC (Koneman et al., 2004).

Evaluación de la resistencia y/o sensibilidad a antibióticos

Los aislamientos confirmados como *E. coli* se les expuso a los antibióticos contenidos en los sensibilizadores. Para este fin, se preparó un inóculo, con turbidez de 0.5 de MacFarland, a partir de las cepas aisladas. Se sembró cada inóculo en placas de agar Müller-Hinton (Mueller & Hinton, 1941) y se aplicaron los sensibilizadores. A continuación, se incubó las placas por 24 h a 37 °C. Al terminar el tiempo de incubación se realizó la lectura y evaluación de la resistencia/sensibilidad a los antibióticos (Stanchi et al., 2007).

Los antibióticos evaluados fueron: enrofloxacina, gentamicina, neomicina, tetraciclina, amikacina, ceftriaxona, ácido nalidixico, kanamicina y sulfametoxazol+trimetoprim.

Análisis de la información

Se utilizaron los Estándares Clínicos y de Laboratorio (CLSI, 2020) para clasificar los antibióticos como: Resistente (R), Resistencia intermedia (I) y Sensible (S) con base en el diámetro de los halos formados alrededor de cada uno de los sensibilizadores; como se muestra en la Tabla 1.

Los datos obtenidos fueron analizados mediante estadística descriptiva reportando las frecuencias de positividad a *E. coli* y de resistencia a los antibióticos evaluados.

Tabla 1

Estimación porcentual de los resultados obtenidos por el método de difusión de Kirby Bauer

Grupo de antibióticos	Antibiótico	Resistente (%)	Poco sensible (%)	Sensible (%)
Tetraciclina	Tetraciclina	85	0	15
Aminoglucósido	Neomicina	50	50	0
Sulfonamidas y trimetoprim	Sulfametoxasole + trimetoprim	50	7	43
Aminoglucósido	Gentamicina	30	5	65
Quinolona	Ácido Nalidixico	26	9	65
Aminoglucósido	Kanamicina	17	33	50
Fluoroquinolona	Enrofloxacina	12	26	62
Cefalosporina	Ceftriaxona	7	2	91
Aminoglucósido	Amikacina	2	15	83

Resultados

De las 76 muestras de carne de cerdo procesadas, 42 (55%) resultaron positivas a *Escherichia coli*, confirmadas con la prueba de IMViC. Obteniendo los resultados Indol positivo, Rojo de Metilo positivo, Voges Proskauer negativo y Citrato negativo. A los 42 aislados de *E. coli* obtenidos se les realizó la prueba de sensibilidad antibacteriana empleando el método de difusión de Kirby Bauer. Se realizó una estimación del grado de resistencia de *E. coli* frente a los diferentes antibióticos en prueba (Tabla 2).

Los aislados de *E. coli* fueron resistentes a tetraciclina 85% (36/42), neomicina 50% (21/42) y sulfametoxasole + trimetoprim 50% (21/42), gentamicina 30% (13/42), ácido nalidixico 26% (11/42), kanamicina 17% (7/42), enrofloxacina 12% (5/42), ceftriaxona 7% (3/42) y por último amikacina 2% (1/42).

Se detectó resistencia intermedia frente a neomicina 50% (21/42), kanamicina 33% (14/42), enrofloxacina 26% (11/42), amikacina 15% (6/42), ácido nalidixico 9% (4/42), Sulfametoxasole + trimetoprim 7% (3/42), gentamicina 5% (2/42) y ceftriaxona 2% (1/42).

Los aislados fueron sensibles a ceftriaxona 91% (38/42), amikacina 83% (35/42), gentamicina 65% (27/42), ácido nalidixico 65% (27/42), enrofloxacina 62% (26/42), y kanamicina 50% (21/42), Sulfameto-

xasole + trimetoprim 43% (18/42) y tetraciclina 15% (5/42).

Todas las cepas de *E. coli* (42/42) presentaron resistencia a por lo menos un antibiótico: 83% (35/42) fueron resistentes a dos antibióticos o más y 50% (21/42) fueron resistentes a tres o más antibióticos.

Discusión

Con los resultados obtenidos en este trabajo, se evidenció la presencia de *E. coli* en 55% (42/76) de las muestras de carne de cerdo colectadas en los mercados municipales de la ciudad de Guatemala. Este hallazgo coincide con los resultados de Yandug y colaboradores (2016) que reportaron *E. coli* en 55% de las muestras las de carne de cerdo recolectadas en los mercados de Cebú, Filipinas. Cabe mencionar, que los mercados de Filipinas expenden carne fresca expuestas al medio ambiente tal y como se encuentra la carne en los expendios de la ciudad de Guatemala.

Los factores intrínsecos que poseen los alimentos son muy importantes para mantener las características adecuadas, para consumo humano, por un tiempo determinado bajo ciertas condiciones de almacenamiento y en este caso de la carne cruda de cerdo posee una alta actividad del agua de 0.99 o un pH

Tabla 2

Estándares interpretativos de los diámetros de inhibición de los antimicrobianos utilizados en la prueba de sensibilidad antimicrobiana

Antibiótico	Resistente (Halo en mm)	Poco Sensible (Halo en mm)	Sensible (Halo en mm)
Tetraciclina	≤ 14	15 – 18	≥ 19
Neomicina	≤ 12	13 – 16	≥ 17
Gentamicina	≤ 12	13 – 14	≥ 15
Enrofloxacina	≤ 17	15 – 21	≥ 22
Kanamicina	≤ 13	14 – 17	≥ 18
Ac. Nalidixico	≤ 13	14 – 18	≥ 19
Ceftriaxona	≤ 19	20 – 22	≥ 23
Amikacina	≤ 14	15 – 16	≥ 17
Sulfametoxasole + trimetoprim	≤ 10	11 – 15	≥ 16

Nota. Adaptado de “M100 Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing” por Clinical and Laboratory Standards Institute, 2020, pp. 69-77.

entre 5.3 - 6.4, que favorecen el deterioro de la misma y la contaminación por diversas bacterias indicadoras de higiene y también bacterias patógenas productoras de Enfermedades transmitidas por los alimentos (ETAS), particularmente de bacterias Gram negativas como *E. coli* (Mosquito et al., 2011).

Es importante tomar en cuenta que el haber encontrado un 55% de muestras positivas a *E. coli* es indicativo de contaminación. La contaminación de la carne se puede producir por cualquier de los siguientes factores: malas prácticas de faenado, mala higiene de los mataderos y manipulación de los animales. En los mataderos la contaminación ocurre durante la eliminación de la piel de los animales, por derrame de contenido intestinal y condiciones generales de los mataderos. También se puede producir por contaminación ambiental y mal manejo de la carne en la cadena de distribución incluyendo el matadero, procesamiento, puntos de venta e instalaciones de restaurantes (Honish et al., 2014).

También se debe tomar en cuenta las buenas prácticas en la producción primaria, si cumplieron con inspección ante-mortem, inspección post-mortem, higiene y manejo de la canal, higiene del personal, condiciones del establecimiento y equipo; y el suministro de agua (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2007).

La carne fresca es un producto altamente perecedero debido a su composición biológica la carne debe someterse inmediatamente a condiciones adecuadas de almacenamiento para mantener su tiempo de vida útil, sin dejar por un lado la importancia de las condiciones de transporte (FAO, 2007). Todas estas medidas preventivas se pierden si la carne que se expende es clandestina, es decir que el faenado se lleva a cabo en mataderos sin los registros sanitarios correspondientes o en domicilios y es vendida en las carnicerías, lo que aumenta el riesgo de contaminación por *E. coli* resistente a diferentes antibióticos.

La importancia de encontrar *E. coli* en las muestras de carne de cerdo cruda, en este estudio implica no solo la contaminación de la carne en sí, sino el riesgo al que se somete al consumidor debido a la probabilidad de que grupos de personas susceptibles como: ancianos, niños, personas inmunocomprometidas y otras personas vulnerables puedan consumir este tipo de carne mal cocinada y causarles algún tipo de sintomatología como diarreas, dolores abdominales, vómitos, fiebre y si es más grave hasta diarrea con sangre, provocando visitas a los médicos y hospitales, incurriendo

en tratamientos con antibióticos. A partir de aquí, se observa otro problema relacionado con la resistencia de las cepas de *E. coli* a los antibióticos y es que al recibir el tratamiento, este no funciona debido a la resistencia que las bacterias presentan, la que va en aumento.

En este sentido, en este estudio se encontró hasta un 85% de resistencia frente a tetraciclina que es uno de los antibióticos más utilizados por su bajo costo y facilidad de adquisición tanto en medicina veterinaria como en medicina humana. Se utiliza frecuentemente en diferentes partes del mundo, tal es el caso de la Unión Europea, donde su venta representan el 37% de las ventas de antimicrobianos y como consecuencia muchas de las bacterias como *E. coli*, desarrollan resistencia (Poirel et al., 2018).

En este estudio se encontró 50% de resistencia frente a sulfametoxasole para el cual la bacteria mediante los genes *sul1*, *sul2* y *sul3* codifican la enzima dihidropteorato sintetasa que impide ser inhibida por el antibiótico + trimetoprim que en este caso los genes *dfr* también generan resistencia, por lo tanto, la combinación de este antibiótico se hace ineficiente (Mosquito et al., 2011).

Por otra parte, *E. coli* es productora de enzimas betalactamasas de espectro que inactivan antibióticos como la enrofloxacin para el cual, en este estudio, se encontró una resistencia del 12%. *E. coli* también posee plásmidos que portan genes de resistencia contra antibióticos aminoglucosidos como la neomicina al cual presentó un 50% de resistencia. Otro mecanismo de resistencia es por medio de las bombas de eflujo codificadas por genes *tetA*, *tetB*, *tetC*, *tetD*, *tetE* y *tetY* frente a las tetraciclinas (Miranda García, 2013), para las que se evidenció resistencia en el 85% de los aislados.

Se utilizan aminoglicósidos tanto en humanos como en animales para tratar infecciones complicadas. En medicina veterinaria, los más utilizados son la neomicina, derivados de la estreptomycin, gentamicina y amikacina (Poirel et al., 2018). Por este motivo es importante monitorear la resistencia a la neomicina que se evidenció en el estudio.

Respecto a la Ceftriaxona, cabe mencionar que fue el antimicrobiano que presentó mayor sensibilidad (91%). Este es uno de los mejores para combatir las bacterias multirresistentes (OMS, 2016). Sin embargo, esto nos muestra a su vez, que ceftriaxona ha perdido su eficacia frente a algunas cepas de *E. coli*.

En Guatemala, hasta el momento, no se habían realizado estudios de resistencia antimicrobiana en

carne de cerdo por lo que se desconocía la situación actual de esta problemática. La falta de regularización para la venta y el uso de antibióticos en Guatemala hace que la resistencia antimicrobiana aumente debido a su mal uso y en algunos casos a subdosificación, que de acuerdo a Reygaert (2018) aumenta la habilidad de la bacteria para incrementar su rango de mutación adquiriendo mayor resistencia ante los agentes antimicrobianos.

La carne de cerdo es susceptible a su contaminación en cualquier punto de la cadena de venta, por lo que basados en los resultados es necesaria la elaboración de un plan para mejorar la inocuidad de la carne dentro de los mercados municipales de la ciudad de Guatemala, buenas prácticas de higiene, manejo y transporte de la carne de cerdo; y el monitoreo de la resistencia en otros productos para consumo humano.

Agradecimientos

Esta investigación: “Evaluación de la resistencia a los antibióticos de cepas de *Escherichia coli* aisladas en los mercados municipales de la ciudad de Guatemala”, fue cofinanciada por el Fondo de Investigación de la Dirección General de Investigación Digi/Usac 2020, DES02-2020.

Agradecemos el apoyo de: el personal técnico y secretaria del Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, a las autoridades de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, al Dr. Wilson Valdés, Dr. Dennis Guerra y a la Dra. Hilda de Abril.

Contribución de los autores

Coordinación, elaboración y revisión del Documento: FDP, JEM

Diseño de la recolección de datos o del trabajo en campo: FDP

Recolección o contribución de datos o realización del trabajo de campo: todos los autores

Limpieza, sistematización, análisis o visualización de datos: todos los autores

Participación en análisis de datos, estructura y en la escritura del documento: todos los autores

Materiales suplementarios

Este artículo no tiene archivos complementarios.

Referencias

- Alarcón, M., Escobar, G., Palma, M., Chang, A., Guaminga, J., & Tuttilo, D. (2020). *Escherichia coli* O157:h7 en carne molida comercializada en los mercados de Guayaquil. *Journal of American Health*, 3(2), 159-168. <http://doi.org/10.37958/jah.v3i2.45>
- Clinical and Laboratory Standards Institute. (2020). *M100 Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing* (30th ed.).
- Honish, L., Punja, N., Nunn, S., Nelson, D., Hislop, N., Gosselin, G., Stashko, N., & Dittrich, D. (2014). *Escherichia coli* O157:H7 infections associated with contaminated pork products—Alberta, Canada, July–October 2014. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 65(52), 1477-1481. <http://doi.org/10.14745/ccdr.v43i01a04>
- Jawets, E., Melnick, J., & Adelberg, E. (2010). *Microbiología médica* (25 ed.). McGraw-Hill.
- Koneman, E., Allen, S., Janda, W., Schreckenberger, P., & Tenover, W. (2004). *Diagnóstico Microbiológico* (5 ed.). Panamericana.
- Lange, B., Strathmann, M., & Oßmer, R. (2013). Performance validation of chromogenic coliform agar for the enumeration of *Escherichia coli* and coliform bacteria. *Letters in Applied Microbiology*, 57(6) 547-553. <https://doi.org/10.1111/lam.12147>
- Merck. (2005). *Microbiology Manual* (12 ed.).
- Ministerio de Economía. (2019). *Industria de cárnicos*. Viceministerio de Integración y Comercio Exterior. https://www.mineco.gob.gt/sites/default/files/carnicos_en_guatemala_13_2.pdf
- Miranda García, M. C. (2013). *Escherichia coli* portador de betalactamasas de espectro extendido. Resistencia. *Revista Sanidad. Militar*, 69(4), 244-248. <https://dx.doi.org/10.4321/S188785712013000400003>
- Monterroso C., M., Salvatierra R., G., Sedano S., A., & Calle E., S. (2019). Detección fenotípica de mecanismos de resistencia antimicrobiana de *Escherichia coli* aisladas de infecciones entéricas de porcinos provenientes de granjas de producción tecnificada. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30(1), 455-464. <http://doi.org/10.15381/rivep.v30i1.15670>

- Mosquito, S., Ruiz, J., Bauer J. L., & Ochoa, T. J. (2011). Mecanismos moleculares de Resistencia antibiótica en *Escherichia coli* asociadas a diarrea. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 28(4), 648-56. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2011.284.430>
- Mueller, J. H., & Hinton, J. (1941). A protein-free medium for primary isolation of the Gonococcus and Meningococcus. *Proceedings of the society for Experimental Biology and Medicine*, 48(1), 330-333. <https://doi.org/10.3181/00379727-48-133>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2007). *Buenas prácticas para la industria de la carne*.
- Organización Mundial de la Salud. (2016). *Plan de acción mundial sobre la resistencia a los antimicrobianos*.
- Pissetti, C., Werlang, G., Kich, J., & Cardoso, M. (2017). Genotyping and antimicrobial resistance in *Escherichia coli* from pig carcasses. *Pesquisa Veterinaria Brasileira*, 37(11), 1253-1260. <http://doi.org/10.1590/s0100-736x2017001100010>
- Poirel, L., Madec, J.-Y., Lupo, A., Schink, A.-K., Kieffer, N., Nordmann, P., & Schwarz, S. (2018). Antimicrobial Resistance in *Escherichia coli*. *Microbiology Spectrum*, 6(4), 289-316. <http://doi.org/10.1128/microbiolspec.ARBA-0026-2017>
- Pormohammad, A., Nasiri, M. J., & Azimiti, T. (2019). Prevalence of antibiotic resistance in *Escherichia coli* strains simultaneously isolated from humans, animals, food, and the environment: A systematic review and meta-analysis. *Infection and drug resistance*, 12, 1181-1197. <http://doi.org/10.2147/IDR.S201324>
- Reygaert, W. (2018). An overview of the antimicrobial resistance mechanisms of bacteria. *AIMS Microbiology*, 4(3), 482-501. <http://doi.org/10.3934/microbiol.2018.3.482>
- Ruiz-Roldán, L., Martínez-Puchol, S., Gomes C., Palma, N., Riveros, M., Ocampo, K., Durand, Ochoa, T., Ruiz, J., & Pons, M. J. (2018). Presencia de Enterobacteriaceae y *Escherichia coli* multirresistente a antimicrobianos en carne adquirida en mercados tradicionales en Lima. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35(3), 425-432. <http://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.353.3737>
- Silbergeld, E. K., Graham, J., & Price, L. B. (2008). Industrial food animal production, antimicrobial resistance, and human health. *Annual Review of Public Health*, 29, 151-169. <http://doi.org/0.1146/annurev.publhealth.29.020907.090904>
- Stanchi, N., Martino, P., Gentilini, E., Reinoso, E., Echeverría, M., Leardini, N., & Copes, J. (2007). *Microbiología Veterinaria* (1ra. ed.). Inter-médica.
- Yandug, R. S., Ventuna, D. C., Ybañez, R. H. D., & Ybañez, A. P. (2016). Microbial plate count and detection of *Escherichia coli* in pork meat samples from stalls in a public wet market in Cebu, Philippines. *International Research Journal of Interdisciplinary & Multidisciplinary Studies*, 2(2), 65-72.
- Zhang, A., He, X., Meng, Y., Guo, L., Long, M., Yu, H., Li, B., Fan, L., Liu, S., Wang, H., & Zou, L. (2016). Antibiotic and Disinfectant Resistance of *Escherichia coli* Isolated from Retail Meats in Sichuan, China. *Microbial Drug Resistance*, 22(1), 80-87. <http://doi.org/10.1089/mdr.2015.0061>