



Nacameh Vol. 14, No. 2, pp. 78-98, 2020

Prácticas actuales que amenazan la inocuidad de la carne de bovino en México

Current practices that threaten beef safety in Mexico

Jesús Alberto Guzmán Romeroⁱ, María Salud Rubio Lozanoⁱⁱ✉

Centro de Enseñanza Práctica, Investigación y Producción en Salud Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, Cruz Blanca 486, San Miguel Topilejo, Tlalpan 14500, México. ✉ *Autor de correspondencia: msalud65@gmail.com.*

Resumen

Esta revisión presenta un análisis sobre algunas prácticas riesgosas de la producción de carne de res en México, con el fin de concientizar de la responsabilidad que tienen los diferentes eslabones de la cadena. La producción primaria es responsable del uso de antibióticos, implantes hormonales y β -agonistas; por otro lado, la industria amenaza a la inocuidad de la carne, al emplear métodos no regulado, como es el marinado de la carne y la forma usual de obtener carne molida, entre otros. También se discute el papel del gobierno, la heterogeneidad del sistema sanitario y las principales normas nacionales aplicables, y el alcance de los sistemas nacionales de vigilancia epidemiológica. Por último, se pretende informar al consumidor final para que mantenga la inocuidad de los alimentos que recibe; se haga responsable de su propia salud y dejar en claro que la inocuidad de la carne de res nunca puede ser negociada, por ser de los alimentos más asociados con enfermedades transmitidas por alimentos.

Palabras claves: inocuidad, legislación, riesgo alimentario, ETA, cadena productiva carne

Abstract

This review analyzes some risk practices in the Mexico's beef production, to make conscience the responsibility of each one of the links in the meat productive chain. Primary production is responsible of the antibiotics, hormonal implants, and β -agonists use. On the other hand, industry treads meat innocuity employing non-regulated methods, as meat marination and the usual way to obtain ground meat, among others. Also, the role of government, the heterogeneity of the sanitary system, and the main applicable international rules, besides the national systems epidemiological surveillance scope, are discussed as well. By last, the intention is to inform final

i orcid.org/0000-0003-1182-1755

ii orcid.org/0000-0002-7975-4547

Recibido: 22/10/2020. Aceptado: 01/11/2020

consumers for keep the innocuity of the foods that they get, being responsible of their own heath, making clear that beef safety can never be negotiated, because is one of the foods more linked to foodborne diseases.

Keywords: beef safety, legislation, food risk, foodborne diseases, beef productive chain

INTRODUCCIÓN

La inocuidad en la mayoría de los países recibe poca intención política y únicamente es recordada ante brotes de Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA) o restricciones en el comercio (Jaffee y col., 2019). El impacto económico que tienen las ETA sobre la economía de un país se puede estimar al calcular los costos individuales, tanto los médicos como los de pérdida de la productividad; y los costos sociales como son aquellos derivados de la investigación del brote, implementación de medidas preventivas, legales y gubernamentales por gestión de regulación, y de las pérdidas del sector industrial (McLinden y col., 2014). Se estima que a EEUU le cuesta las ETA entre 10 y 83 mil millones de dólares al año, a Australia más de mil millones de dólares al año (McLinden y col., 2014), y a los países de ingresos bajos y medios (PIBM) alrededor de 110 mil millones de dólares al año. Esta última cifra se compone de los costos por los PIBM de 95 mil millones por pérdida de productividad y 15 mil millones por tratamientos médicos (Jaffee y col., 2019).

Los principales patógenos asociados con ETA se relacionan con los productos de origen animal (OMS, 2020a). EEUU estimó en 2013 que los casos de *Salmonella* le costaron más de 3.5 mil millones de dólares, los de *Escherichia coli* O157: H7 más de 250 millones de dólares y los de *Campilobacter* cerca de 2 mil millones de dólares (USDA, 2014). En el caso de México, en 2018, se presentaron 5,725,269 casos de enfermedades infecciosas intestinales, siendo entre el 70 y 80% de estos casos asociados con ETA (consumo de agua o alimentos contaminados) (SSA, 2015; SSA, 2018). La responsabilidad de la inocuidad alimentaria es compartida entre cuatro sectores. Las herramientas que cada sector tiene a su alcance y la implementación de las mismas serán tema de discusión en este escrito. El sector de producción primario tiene a su alcance las buenas prácticas de producción; el sector industrial implementa buenas prácticas de manufactura y aplica herramientas como HACCP durante la elaboración y comercialización de sus productos. Por otro lado, el sector gubernamental regula las normas que deben garantizar la inocuidad en todos los procesos. Por último, otro sector a considerar es el consumidor final, el cual debe mantener la inocuidad que recibe (OPS, 2015; SSA, 2015).

El Artículo 4o constitucional establece que: “Toda persona tiene el derecho a la alimentación nutritiva, suficiente y de calidad. El Estado lo garantizará”. Al ser la inocuidad una característica no negociable de los alimentos, y definirse como la garantía de que los alimentos no causarán daño al consumidor (DOF, 2020a; SENASICA, 2016), el gobierno debe implementar programas para su gestión y colaborar con el sector industrial, productor y

con el consumidor. Para gestionar a la inocuidad alimentaria, se deben conocer los peligros principales que ponen en riesgo la salud pública.

Este trabajo presenta un análisis sobre los principales elementos que involucra la generación de carne de bovino inocua en México, con el fin de aportar información para la gestión de la inocuidad de dichos productos, por ser de los alimentos más asociados con ETA (OPS, 2015).

EPIDEMIOLOGÍA DE LAS ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR ALIMENTOS EN MÉXICO

Enfermedades Transmitidas por Alimentos

Los alimentos que se asocian con el mayor número de casos de ETA en el mundo son los de origen animal, en especial la carne de diferentes especies animales (OPS, 2015). Las ETA se clasifican en 3 variantes, la primera son las infecciones, que se da cuando se ingiere un alimento que contiene microorganismos vivos capaces de enfermar al consumidor (OPS, 2015). Entre las principales infecciones se encuentra la salmonelosis, siendo la especie *Salmonella enterica*, la que presenta mayor número de casos que involucran alimentos, seguida por la campilobacteriosis y la listeriosis, esta última se relaciona más con productos procesados listos para su consumo, pero también se ha asociado con carne cruda (CDC, 2020; OMS, 2015a; FDA, 2017). La segunda variante es la intoxicación, la cual es resultado de consumir un alimento que contenga una sustancia química de origen natural o artificial, en cantidad suficiente para causar daño (OPS, 2015). Una de las principales intoxicaciones dadas por un alimento es la staphyloenterotoxiosis, causada por *Staphylococcus aureus* (CDC, 2020). Por último, está la categoría de toxi-infección, la cual es la unión de las dos anteriores variantes, el patógeno que destaca es *Escherichia coli* productora de toxina shiga, asociada con el serotipo O157: H7 (CDC, 2020; OMS, 2015a).

Sistemas de Vigilancia Epidemiológica de Zoonosis Transmitidas por Alimentos

En nuestro país existen dos mecanismos para gestionar la información de las enfermedades. Por un lado, está el Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica (SINAVE), el cual pertenece a la Secretaría de Salud y tiene su enfoque en la salud pública, actuando conforme a lo establecido en la NOM-017-SSA2-2012 (DOF, 2013). Por otro lado, el Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica (SIVE), administrado por el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) perteneciente a la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, el cual tiene un enfoque en la salud animal, rigiendo su actividad la NOM-046-ZOO-1995 (DOF, 2001). Existiendo un punto de convergencia que son las enfermedades zoonóticas.

En la Tabla 1, se muestran los casos de las principales zoonosis por transmisión alimentaria en humanos que fueron reportadas a su vez en el Informe Anual de Salud Animal de México, para la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE, 2019).

Tabla 1. Número de casos en humanos de las principales zoonosis reportadas del 2014 al 2018 en México.

Enfermedad	No. Casos en humanos por año en México				
	2014	2015	2016	2017	2018
Brucelosis	2,562	2,638	2,437	1,855	1,542
Salmonelosis	70,743	76,708	76,429	90,477	79,659

En el caso de brucelosis desde el 2015 hasta el 2018 (Tabla 1), se puede ver una tendencia a la baja en el número total de casos reportados, lo que nos indica que, a pesar del incremento en la población, las acciones implementadas para el control de dicha enfermedad están siendo efectivas. La brucelosis se encuentra en el Grupo 2 del “Acuerdo mediante el cual se dan a conocer en los Estados Unidos Mexicanos las enfermedades y plagas exóticas y endémicas de notificación obligatoria de los animales terrestres y acuáticos”, con lo cual se considera endémica y de notificación inmediata obligatoria (DOF, 2018a), existen dos normas que funcionan como elementos legales para el control de dicha enfermedad, siendo la NOM-022-SSA2-2012, Para la prevención y control de la brucelosis en el ser humano y la NOM-041-ZOO-1995, Campaña Nacional contra la Brucelosis de los Animales (DOF, 2012a; DOF, 2004).

La salmonelosis es la otra zoonosis que destacamos, por ser una de las principales enfermedades de transmisión alimentaria (WHO, 2020), y al observar el número de personas en México que se ven afectados por este patógeno, uno de los pasos recomendados a seguir, sería la generación de una norma enfocada exclusivamente para el control de dicha enfermedad.

PRÁCTICAS DE RIESGO EN LA PRODUCCIÓN DE ANIMALES QUE INFLUYEN SOBRE LA INOCUIDAD DE LA CARNE EN MÉXICO

Uso y resistencia a los antibióticos

El uso de antimicrobianos en animales, no se ha limitado únicamente al tratamiento de enfermedades, también se usa, en dosis bajas por periodos largos, como medida preventiva contra el desarrollo de enfermedades; lo que ha demostrado tener una acción como promotor de crecimiento (Maron y col., 2013). Por varios años, se desconocieron las consecuencias de usar dosis bajas de antibióticos en los animales para mejorar su desarrollo, hasta que se descubrió que los animales desarrollaron resistencia a antimicrobianos (RAM), al mismo tiempo, las personas que trabajan con ellos, al igual, se encontró que los alimentos de origen animal podían transmitir bacterias resistentes a los antimicrobianos (Marshall y Levy, 2011). La situación de la RAM en la carne de bovino y sus derivados, en México, se ha reportado por diversos grupos de investigadores, por ejemplo:

Pérez-Montaña y col. (2012) aislaron *Salmonella spp.* multirresistente a antibióticos, en canales de bovinos, faenados en el estado de Jalisco, en el 33% de aislamientos de este estudio, se presentó la multirresistencia. Años después, en el 2016, Nayarit-Ballesteros y colaboradores, evaluaron la RAM de cepas de *Salmonella spp.* aislada de carne de res molida, que se comercializaba en la Ciudad de México y encontraron en casi el 74% de los aislamientos cepas multirresistentes. En un estudio reciente, Delgado-Suárez y colaboradores (2019), determinaron multirresistencia en cerca del 70% de sus aislamientos de *Salmonella spp.*, empero, utilizaron canales, heces, pieles y carne de molida, todos de bovinos, como matriz para los aislamientos. Con estas investigaciones podemos ver una tendencia del incremento de la RAM asociada a la producción primaria, siendo basada de igual forma con la concordancia de los antibióticos autorizados para el uso en animales y los que presentan resistencia, como son: tetraciclinas, anfenicoles, betalactamasas y aminoglucósidos (Delgado-Suárez y col., 2019).

La problemática del incremento de la RAM ya fue abordada por la OMS, generando el Plan de Acción Mundial sobre RAM, que fue establecido en la Asamblea Mundial de la Salud en mayo del 2015 (OMS, 2015b). México por su parte, publicó en el Diario Oficial de la Federación en el 2018, el *“Acuerdo por el que se declara la obligatoriedad de la Estrategia Nacional de Acción contra la Resistencia a los Antimicrobianos*. Entre sus objetivos podemos destacar el segundo: *“reforzar los conocimientos y la evidencia de la RAM a través de la vigilancia y la investigación, tanto en la salud humana como en la salud animal (incluyendo vigilancia epidemiológica, sanitaria y del uso de antimicrobianos)”* (DOF, 2018b). En este propósito se ha generado para salud animal el *“Programa de Vigilancia Activa y Oficial de la RAM”* (SENASICA, 2020), y existen instituciones y científicos que como citamos anteriormente, están preocupados por la situación y generar información de manera independiente que puede ser integrada para cumplir este punto, de bien común. El otro objetivo que podemos destacar es el tercero que versa sobre *“reducir la incidencia de las infecciones, a través de las medidas preventivas, de higiene y sanitarias efectivas, tanto en la salud humana como en la salud animal”* (DOF, 2018b). Al hablar de las medidas preventivas de bovinos para abasto, existe el Manual de buenas prácticas pecuarias en la producción de carne de ganado bovino en confinamiento, que propone la SADER a través del SENASICA, donde se establecen los lineamientos a seguir tales como: prescribir antimicrobianos exclusivamente por un MVZ, cumplir con los periodos de retiro, usar únicamente productos regulados y autorizados por la SADER, llevar el registro e identificación de los animales tratados, entre otros. Como elemento de sinergia existe la NOM-064-ZOO-2000: *“Lineamientos para la clasificación y prescripción de productos farmacéuticos veterinarios por el nivel de riesgo de sus ingredientes activos”*, donde clasifican a los antimicrobianos en el Grupo II, es decir que son productos farmacéuticos veterinarios, que por las implicaciones de uso que requieren (toxicidad, tiempos de retiro, reacciones de hipersensibilidad, entre otros), para su adquisición se necesita una receta médica simple expedida por un médico veterinario con cédula profesional (DOF, 2003).

La problemática de la RAM no es únicamente responsabilidad del área pecuaria. El mal uso de los antibióticos también se ha dado sobre tratamientos en personas, como es su administración en enfermedades víricas (OMS, 2020b), inclusive, los antibióticos se usan para enfermedades bacterianas en la agricultura, principalmente en frutas de alto valor o plantas ornamentales, su aplicación suele hacerse como profilaxis y ya se han reportado genes de resistencia (McManus y col., 2002; Stockwell y Buffy, 2012). Recientemente se han descubierto nuevos elementos que expanden la problemática de RAM, como es la aportación de los bacteriófagos en la transmisión y preservación de genes de RAM (Calero-Cáceres, 2019), generando que las futuras normas de especificaciones sanitarias para productos de origen animal integren criterios específicos de detección de bacteriófagos o genes de RAM, incrementando el costo de los programas de inocuidad y la comercialización de dichos productos. Por lo tanto, se debe actuar de manera inmediata, drástica y comprometidamente en contra de la RAM, para salvaguardar la salud pública, las relaciones comerciales, la salud de los animales (de consumo y compañía) y preservar el ambiente.

Uso de implantes hormonales

Los implantes que se usan en la producción de animales (usualmente subcutáneamente en la oreja), tienen compuestos con efectos similares a las hormonas, lo cual resulta en un aumento de la tasa de crecimiento (Selk y col., 2006). Cuando se usan en sistemas de pastoreo pueden mejorar la ganancia diaria de peso en un 10 a 15 % y al usarse en la etapa de finalización en intensivo se consigue un aumento del 18%, incluso se ha observado un incremento en 4% del área del Ribeye; asimismo, emplear más de un implante o combinaciones de compuestos, ha conseguido mejorar estos resultados (Selk y col., 2006; Duckett y Pratt, 2014). El uso de implantes ha reducido el marmoleo y aumentado la fuerza de corte, pero, no modifica el sabor de la carne (Selk y col., 2006; Duckett y Pratt, 2014). Barham y col. (2003) observaron que la fuerza de corte no aumentaba al usar implantes en animales encastados con *Bos indicus* (3/8), esto pudo ser por el menor depósito de marmoleo y la carne con mayor fuerza de corte que caracteriza a la mayoría de los *Bos indicus*, por lo tanto, esta práctica podría limitarse a los bovinos encastados.

Los principales compuestos empleados en México son el 17 β estradiol, el acetado de trenbolona y el zeranol. El codex alimentarius no ha establecidos límites máximos de residuos para el 17 β estradiol, y establece que es improbable que sus residuos en la carne representen un peligro para la salud humana (FAO, 2018). La carne procedente de un animal implantado aporta 11 nanogramos de estrógeno en 100 g, en cambio en similar cantidad en la leche, hay hasta 65 nanogramos y en el huevo 17,500 nanogramos, siendo el huevo de gallina la principal fuente de estrógeno en dieta, e incluso el helado hace una aportación de 3000 nanogramos de estrógeno (aportación por 500 gr del alimento) (Selk y col., 2006; Rainer, 2010). Los productores que han dejado de usar implantes lo han hecho por la búsqueda de producir alimentos considerados más sanos (Selk y col., 2006), o por

restricciones del comercio, a pesar de que el riesgo a la salud humana es improbable y se reducen los costos de producción.

Uso de β - agonistas

Clorhidrato de clenbuterol

Debido a que el mercado mexicano prefiere carne de bovino con poca grasa de cobertura y sin marmoleo (Ngapo y col., 2017), los productores han encontrado vías prácticas para poder satisfacer dichas exigencias, y el clorhidrato de clenbuterol (CCL) se volvió una de esas vías. El CCL es un β agonista, que tiene una acción similar a la adrenalina fisiológicamente, y en el ganado se ha visto que logra una rápida ganancia de peso al igual que incrementa la actividad lipolítica (Valladares y col., 2015). Al usarse en el ganado y no respetar el tiempo de retiro del CCL, pueden quedar residuos que pueden provocar intoxicaciones al consumir carne con síntomas como: temblores en las extremidades, taquicardia, náuseas y dolores de cabeza (Barbosa y col., 2005), siendo así el uso inadecuado del CCL un riesgo para la salud pública y problema de inocuidad en el país.

En la actualidad el CCL, es una sustancia prohibida como promotor de crecimiento en México (DOF, 2002), controlada en los animales para abasto a través del Programa de Proveedor Confiable (libre de clenbuterol). Dicho programa emplea muestreos continuos para monitorear la ausencia de la sustancia en la orina o sangre de los animales, así como otorga un oficio de hatos libres o constancia de proveedor confiable. Sin embargo, hasta el momento el programa es de carácter voluntario, dejando ver una desarticulación entre la normatividad prohibitiva vigente con las medidas de supervisión y cumplimiento, incluso, un estudio realizado entre el 2012 y el 2013 en 582 canales mexicanas de bovino, se detectaron residuos de CCL en el 26.2 % de las canales (Valladares y col., 2014), con ello se exhibe la deficiencia en la implementación de dicha prohibición.

β -agonistas aprobados

La ractopamina y el clorhidrato de zilpaterol incrementa la hipertrofia muscular, disminuye la lipogénesis, por lo tanto, aumenta la magrez de la carne y se reduce la deposición de marmoleo, y causa un incremento en la ganancia de peso diario; su uso suele ser limitado a unas semanas previas a la matanza (el uso de zilpaterol brinda mejores resultados que los de la ractopamina en bovinos) (Arp y col., 2014; Centner y col., 2014). En productos como la barbacoa de ovino, no se ha visto una diferencia en su aceptación por los consumidores, de animales tratados con β -agonistas, en comparación con el grupo control (Domínguez-Vara y col., 2009).

La ractopamina puede considerarse un riesgo para la salud humana, como residuo en la carne, pudiendo causar principalmente: arritmias o infartos al miocardio en humanos, por otro lado, se ha descrito en reses, una asociación entre el uso de β -agonistas aprobados con un incremento en la mortalidad, aumento en la frecuencia cardíaca y lesiones en patas (Ko

y col., 2012; Loneragan y col., 2014). Con respecto al zilpaterol, no se han notificado intoxicaciones en humanos como consecuencia del consumo de carne de animales tratados con este β -agonista (Shelver y Smith, 2018).

El zilpaterol es un producto autorizado únicamente en cuatro países, a diferencia de la ractopamina que está autorizada en más de 20 países (en México ambas sustancias están autorizadas). Sin embargo, se ha restringido o prohibido el uso de la ractopamina en 160 países, entre ellos esta China, Rusia, Taiwán y la Unión Europea (Centner y col., 2014). La comisión del Codex Alimentarius tiene establecidos límites máximos de residuos para la ractopamina, pero no ha establecido límites para el zilpaterol, por falta de datos contundentes (Centner y col., 2014). Aun así, grandes importadores de carne han cerrado su mercado a los países que usan estas sustancias, orillando a países como: Canadá y EUA, a implementar programas de producción de animales sin ractopamina como una estrategia de adaptación o resignación (Centner y col., 2014). La tendencia que existe de restringir el uso de este tipo de sustancias hace que los establecimientos que la empleen reduzcan su competitividad y acceso a mercados internacional e incluso locales.

PRÁCTICAS DE RIESGO EN LA TRANSFORMACIÓN DE CARNE QUE INFLUYEN SOBRE LA INOCUIDAD ALIMENTARIA EN MÉXICO

Marinado de carne

Se considera que la ternera es el atributo de palatabilidad más importante para los consumidores, superando en trascendencia a los atributos de jugosidad y sabor para la satisfacción de las personas (Huffman y col., 1996; Monahan and Burke, 2003). La ternera de la carne está relacionada principalmente con el tejido conectivo y las miofibrillas (Monahan y Burke, 2003). La ternera es una propiedad que no se ha logrado estandarizar, siendo uno de los principales problemas a los que se enfrenta la industria cárnica (Hoffman, Muller y Vermaak, 2008). El empleo de las técnicas de marinado para la adición de soluciones de agua con sales de sodio y potasio, di y tri-fosfatos y ácidos (lactatos, acético y cítrico), para mejorar la ternera y jugosidad es una práctica común en la industria, (Hoffman, Muller y Vermaak, 2008; Monahan y Burke, 2003).

Todos los marinados (inmersión, inyección o por vacío) mejoran la ternera, porque causan un debilitamiento estructural por la hinchazón que provocan los componentes de las mezclas que se emplean, al igual que se incrementa la actividad proteolítica de las catepsinas al reducir el pH (Monahan y Burke, 2003; Berge y col., 2001). Sin embargo, los métodos de marinado pueden representar un riesgo para la salud pública por la internalización de patógenos superficiales hacia el interior de la carne por el empleo de estas técnicas (Bjorkroth, 2005). De hecho, se han reportado brotes de *E. coli* O157:H7 o *Salmonella spp.* asociados a carne de res marinada, por una incompleta cocción, la cual puede ser deseada (Mukherjee y col., 2008), debido a la trasposición de los patógenos al interior de la carne, que se traduce en un incremento de su supervivencia a temperaturas

de cocción de la carne para su consumo habitual (71°C) (Pokharel y col., 2016). Sin embargo, hay marinados adicionados con antimicrobianos (ácido láctico o aceite esencial de orégano) que pueden incrementar la vida útil de los productos (Rhoades y col., 2013).

Con estas prácticas de marinado, no reportadas en las etiquetas de los productos cárnicos (se vende como frescos) los consumidores adquirimos el riesgo inherente, no solo del sodio y fosfato añadido, sino y mucho más importante, los patógenos que pueden haberse interiorizado, inclusive, Raccach y Herrickson (en 1979) ya habían descrito esta problemática y enfatizado que puede acortar la vida útil del producto, y en la actualidad sigue siendo un problema no atendido en México.

Otros métodos de ablandamiento puramente mecánicos también representan un riesgo, se ha visto que estos últimos logran la translocación del 3-4 % de la contaminación superficial al interior de la carne (Ray y col., 2010).

Uso de linfonodos en carne molida

Se han realizado diversas investigaciones sobre la prevalencia de la *Salmonella* en la carne molida, por ejemplo, Nayarit-Ballesteros y col. (2016) en un muestreo de carne molida en la Ciudad de México, obtuvieron un 6% de prevalencia de *Salmonella spp.* en las muestras de supermercados y un 32% de la carne molida del sector informal. Cabrera-Díaz y col. (2013), muestreando carne molida de venta al público en el Estado de Jalisco, estimaron una prevalencia del 56.7% de *Salmonella spp.* y al comparar esta prevalencia con la obtenida en canales de bovinos de 15.4%, consideraron que dicho incremento observado en la carne molida puede deberse a diversos factores como las malas prácticas de higiene, el rompimiento de la cadena de frío, las acciones que promueven la contaminación cruzada o la acción de la molienda que permite homogenizar la distribución del patógeno. Sin embargo, la carne molida se obtiene de mezclar carne con tejido graso, este último suele tener linfonodos (Koohmaraie y col., 2012). Por lo tanto, se investigó la prevalencia de *Salmonella spp.* en linfonodos, buscando fortalecer la teoría de que los linfonodos resultan ser un vehículo de transmisión de *Salmonella* a la carne molida (Koohmaraie y col., 2012; Gragg y col., 2013). Nickelson y col. (2019), estimaron un 54 % de prevalencia de *Salmonella spp.* en linfonodos de ganado de origen mexicano y un 50 % de prevalencia en el ganado de origen estadounidense. Gragg y col. (2013), calcularon una prevalencia de 11.8% de salmonella en linfonodos de ganado de engorda. Las variaciones en las prevalencias pueden estar dadas por la estación del año, la región y el tipo de ganado (Gragg y col., 2013).

Otra fuente de contaminación de salmonella que se detectó fue la piel, pero por las medidas establecidas para su adecuada remoción han minimizado su actuación, en cambio la extracción de los linfonodos del canal resulta ser muy complejo e impráctico, ya que algunos son de difícil acceso (Koohmaraie y col., 2012; Nayarit-Ballesteros y col., 2016). Otro elemento que complica proponer una medida de mitigación es el hecho de la invasión de linfonodos con salmonella que existe en ganado aparentemente sano (Gragg y col., 2013).

Siendo una alternativa la detección temprana del agente para ejecutar un procedimiento de eliminación de salmonella en las canales positivas (Koochmaraie y col., 2012). Al observar la complejidad que requiere el control de este patógeno, se reafirma la propuesta de creación de normatividad dirigida de forma precisa y exclusiva para disminuir su presencia en los alimentos.

Establecimientos de matanza y procesamiento en México

En el artículo 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, se determina que el servicio de rastro es una función de los municipios (DOF, 2020a). Pero por medio de variaciones en la administración de un rastro, se pueden dar colaboraciones o concesiones, siendo esta última la que se genera para un servicio privado. Existen dos principales tipos de establecimientos de matanza (rastros), los Rastros Tipo Inspección Federal (TIF) que son regulados por el SENASICA y los Tipo Inspección de la Secretaría de Salud (TSS), estos últimos también conocidos como rastros municipales (INAFED, 2018), dejando a un lado otra problemática que es la matanza clandestina o de traspatio, donde los animales son matados sin bienestar animal y faenados en condiciones sanitarias deplorables, esta es una actividad completamente ilegal.

El sistema TIF es una certificación voluntaria sanitaria, que involucra de manera estrecha las buenas prácticas pecuarias, las buenas prácticas de manufactura, los procedimientos operativos estandarizados de saneamiento, programas de control de fauna nociva, programas de calidad e inocuidad, entre otros, además de instalaciones con especificaciones técnicas para producir alimentos inocuos y la inspección continua. La inspección sanitaria es llevada a cabo por la SADER, a través del SENASICA, implementando una inspección *ante-mortem*, *post-mortem* por un Médico Veterinario Responsable Autorizado y un sistema de trazabilidad a lo largo de toda la producción, con la finalidad de detectar enfermedades de los animales y verificar el sistema de control de inocuidad alimentaria. Para generar dicho ambiente, se apegan a la norma NOM-008-ZOO-1994, NOM-009-ZOO-1994, NOM-033-SAG/ZOO-2014, la LFSA y su respectivo reglamento. La efectividad de este sistema sanitario mexicano es evidenciada, al ser el único aceptado para exportar carne y sus derivados.

Por otro lado, los rastros municipales no cuentan con un sistema sanitario homólogo al sistema TIF, y esto fue manifestado en la evaluación de riesgos de los rastros y mataderos municipales, hecha en el 2006 por la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS), donde se pudo observar numerosas deficiencias en rastros municipales, como la falta de agua potable, cámaras de refrigeración, esterilización de utensilios, carencia o inadecuada inspección *ante-mortem* y *post-mortem*, malos hábitos sanitarios de los trabajadores, entre otros. Otra evidencia de la heterogeneidad de los tipos de rastros, es la posibilidad de producir ETA como consecuencia de un faenado deficiente en buenas prácticas, falta de control a lo largo del proceso y la carencia de un sistema

preventivo como el HACCP (Loretz, Stephan y Zweifel, 2011; Hernández y col., 2007) ya que el objetivo principal de inspeccionar los rastros es la protección de la salud humana y animal (COFEPRIS, 2006), lo cual es comprobable en todos los establecimientos TIF, pero no es una garantía que brinden todos los municipales. La actividad de los rastros municipales está regulada por la NOM-194-SSA1-2004, que versa sobre las especificaciones sanitarias en los establecimientos dedicados al sacrificio y faenado de animales para abasto, al igual que por la NOM-251-SSA1-2009, que establece las prácticas de higiene para el procesado de alimentos (DOF, 2012b; DOF, 2010), pero la falta del cumplimiento de dichas normas y la carencia de vigilancia por la secretaría responsable, han dejado obsoleto el sistema sanitario de los establecimientos municipales.

La efectividad de las regulaciones que establece cada tipo de rastro se ha demostrado. Calle Madrid y col. (2016), detectaron que la carne comercializada en supermercados proveniente de rastros TIF, tenía una prevalencia de 1.3 % de *Salmonella spp* a diferencia de la carne comercializada en mercados con una prevalencia del 22.3 %. Nayarit-Ballesteros y colaboradores (2016), aislaron *Salmonella spp*. en el 32 % de sus muestras de carne molida procedente del comercio informal, a diferencia de un 6 % de aislamiento en la carne molida de supermercado, existiendo una diferencia significativa en la presencia del patógeno según el origen. Sin embargo, con estos datos también podemos ver áreas de oportunidad para el sistema TIF, que hasta ahora no es infalible pero su destino es cercano.

En el 2012 se publica el *Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Ley Federal de Sanidad Animal y de la Ley General de Salud*, como resultado se le otorga a la SADER la facultad de intervención sobre cualquier establecimiento dedicado al sacrificio de animales y procesamiento de bienes de origen animal. Sin embargo, su competencia se limita a las buenas prácticas pecuarias, la sanidad y bienestar animal, mientras el establecimiento no sea TIF (DOF, 2018c). La iniciativa del proyecto del decreto era transferir a la SADER, la responsabilidad de regular e inspeccionar todo el proceso en los rastros, de manera integral, en coordinación con la SSA, y al mismo tiempo, hacer obligatoria la certificación TIF en dichos establecimientos. Hasta la actualidad la certificación TIF sigue siendo a petición de parte, no obstante, el decreto logra establecer en el artículo 154 de la LFSA, que las autoridades municipales y estatales sean quienes promuevan que los establecimientos adquieran la certificación; anteriormente esa responsabilidad era de la SSA (DOF, 2018c).

En el 2019, de las 8245 miles de cabezas de bovino enviadas a rastro, el 47% fueron bajo el sistema TIF y el otro 53 % se realizó en rastros municipales y privados (COMECARNE, 2020), es decir que la mitad de la carne comercializada en nuestro país procede de rastros sin sistemas certificados ni garantizados, siendo el consumo de carne un riesgo de salud para un sector de la población y viéndose comprometido el cumplimiento del artículo 4to de nuestra Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

REGULACIÓN Y GARANTÍAS EN LA INOCUIDAD MEXICANA

Alcances del consumidor

Es el derecho de los consumidores adquirir productos inocuos. La Ley Federal de Protección al Consumidor, en su artículo 1, establece que un principio básico de la relación de consumo es: *“la protección de la vida, salud y seguridad del consumidor contra los riesgos provocados por productos, prácticas en el abastecimiento de productos”* (DOF, 2019), por lo tanto, no es responsabilidad del consumidor preocuparse por la inocuidad de los alimentos que consume u obtiene, por ser una característica no negociable; el Artículo 128 de la misma Ley considera como *“caso grave”* que los productos alimenticios atenten contra la salud y la vida de los consumidores (DOF, 2019). Otro principio básico de la relación de consumo que establece la LFPC en su artículo 1 es que la industria debe proporcionar a los consumidores la información de composición, calidad y los riesgos que puede representar un producto (DOF, 2019), siendo un ejemplo de su violación, la comercialización de carne marinada que no declara dicho proceso en su etiquetado.

La relación simbiótica entre la industria y el consumidor se da cuando el sector productor invierte recursos para generar un alimento y el consumidor al adquirirlo, retorna los gastos de la producción y como resultado se promueve el comercio. De tal manera el sector productor debe brindar garantías y el consumidor siempre afrontar y exigir a la industria.

Legislación en inocuidad alimentaria

En el Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024, en su tercera directriz *“Economía”*, se inserta el *Acuerdo de las reglas de operación del programa de sanidad e inocuidad agroalimentaria de la SADER 2019*, que tiene a la inocuidad como uno de sus pilares, buscando implementar medidas para minimizar y prevenir peligros (físicos, químicos y biológicos), en las unidades de producción y en los establecimientos de procesamiento primario de productos agrícolas, pecuarios, acuícolas y pesqueros (DOF, 2020b). Los mecanismos que utiliza para lograr estos objetivos son: la impartición de incentivos (subsidios con cargo a recursos federales), para capacitación, asistencia técnica, muestreos, vigilancia de contaminantes o infraestructura. Las reglas de operación del programa de sanidad e inocuidad agroalimentaria de la SADER para el 2020, siguen manteniendo el mismo enfoque, al buscar aplicar sistemas de reducción de riesgos de contaminación en unidades de producción y procesamiento primario (DOF, 2020b). El proceso de generar carne inocua, comienza con la aplicación de las BPP, y existe un vínculo legal que enlaza las BPP y los establecimientos TIF, establecido en el artículo 25 del Reglamento de la Ley Federal de Sanidad Animal, donde: *“para garantizar la trazabilidad de los bienes de origen animal, los establecimientos TIF dedicados al sacrificio de especies para consumo humano sólo podrán recibir animales que provenga de unidades de producción primaria que se encuentren certificadas o con reconocimiento de buenas prácticas pecuarias por la Secretaría”* (DOF, 2012c). Por lo tanto, el seguir trabajando inicialmente con las BPP, resulta un camino natural para el desarrollo de la

inocuidad alimentaria en México.

Otra base legal en el país son la Ley Federal de Sanidad Animal (reformada en el 2018) y la Ley General de salud (reformada en el 2020). La primera, regula las buenas prácticas pecuarias en la producción primaria y en establecimientos de matanza y las buenas prácticas de manufactura en procesadoras de bienes de origen animal. Dicha Ley también, tiene el objetivo de reducir los contaminantes, además de promover el sistema de trazabilidad y la implementación del HACCP (DOF, 2018c). En el caso de la Ley General de Salud en su Artículo segundo establece el derecho a la protección de la salud y en el Artículo 156, establece que: “*Se considera peligroso para la salubridad general de la República la tenencia, uso o aprovechamiento de animales de cualquier tipo, cuando sean: I. Fuente de infección, en el caso zoonosis; II. Huésped intermediario de vehículos que puedan contribuir a la diseminación de enfermedades transmisibles al hombre, y III. Vehículo de enfermedades transmisibles al hombre, a través de sus productos*” (DOF, 2020c). Un punto de interacción entre estas leyes se establece en el artículo 10 de la LFSA, donde la SADER tendrá que coordinarse con la Secretaría de Salud, para el establecimiento y ejecución de medidas sanitarias, cuando los bienes de origen animal puedan afectar la salud pública.

Existen normas oficiales cuyo propósito es cuidar la inocuidad de los alimentos como es la NOM-251-SSA1-2009, *Prácticas de higiene para el procesado de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios*, donde se establecen los requisitos mínimos obligatorios de higiene para todos los establecimientos que procesen alimentos para consumo humano en el país. Dicha norma tiene como objetivo evitar la contaminación de los alimentos a través de una adecuada limpieza y desinfección, control de plagas, manejo de residuos, salud, capacitación e higiene del personal y el adecuado almacenamiento y transporte de los productos. También es requisito imprescindible que se cuente con un procedimiento de retiro de producto en el mercado e invita a la implementación de un sistema HACCP (DOF, 2010). Por otro lado existen las normas oficiales mexicanas que componen el sistema TIF, anteriormente descrito, siendo la NOM-009-ZOO-1994, *Proceso sanitario de la carne*, que enfatiza medidas para evitar la contaminación de la carne en establecimientos de matanza, frigoríficos, empacadoras o procesadoras para la obtención de productos de óptima calidad higiénico sanitaria (DOF, 2007) y la NOM-008-ZOO-1994, *Especificaciones zoosanitarias para la construcción y equipamiento de establecimientos para el sacrificio de animales y los dedicados a la industrialización de productos cárnicos*, precisa las características de infraestructura para dichos establecimientos con el fin de garantizar la inocuidad en el procesado, facilitando el lavado de manos, estableciendo el uso de esterilizadores para utensilios, un adecuado control de temperaturas y la implementación de antecámaras de saneamiento (DOF, 1999). Al ser cumplidas estas normas por el sector cárnico, se avanza en el proceso de garantizar la inocuidad de los alimentos.

La diversidad de derechos, leyes, normas, acuerdos, etc., con los que cuenta el país nos hace esclarecer que el gobierno es consciente de los peligros que pueden encontrarse en los

alimentos, en especial los de origen animal. Sin embargo, la alta incidencia de casos de enfermos por peligros que debieron ser controlados durante el proceso de producción de los alimentos, permite inferir que existen áreas de oportunidad en el diseño y cumplimiento de la normatividad actual.

Certificaciones en inocuidad alimentaria

A nivel internacional existe la Iniciativa Mundial de Inocuidad Alimentaria (GFSI), que surgió para armonizar y garantizar la producción de alimentos inocuos (GFSI, 2020). Dicha iniciativa ha logrado la disminución de costos en los diferentes eslabones de la cadena, así como ha incrementado la confianza de los consumidores, sus programas tienen una aceptación internacional y se convirtió en la principal colaboración industrial en el ámbito de la inocuidad de los alimentos (GFSI, 2020).

Entre los programas principales de certificación, que son reconocidos por las GFSI, se encuentra el Food Safety System Certification 22000 y el Safe Quality Food (SQF), los cuales tienen la capacidad de certificar a la cadena alimentaria en diferentes eslabones, para asegurar que los productos fueron producidos, procesados, distribuidos y preparados bajo los estándares más altos de inocuidad (GFSI, 2020).

Con la finalidad de buscar una alineación de regulaciones entre el sector público y privado, en el 2018, México emitió una norma de carácter voluntario, la NMX-F-804-SCFI-2018- *Guía para la certificación de los programas reconocidos por la GFSI aplicable a todos los eslabones de la cadena (cría de animales, faenado, procesamiento y distribución)*. Dicha norma surgió como consecuencia de la toma de conciencia del consumidor en temas como la inocuidad y trazabilidad, además de que apoya al país en la adaptación de las exigencias del mercado de alimentos a nivel global. La norma solicita implementar un HACCP, PPR y desarrollar un SGIA, donde se identifiquen los procesos, la secuencia e interacción entre ellos, se asegure su adecuado funcionamiento, cuente con los recursos necesarios para ello, y pueda medir, monitorear y analizar estos procesos, de manera que logre gestionar los peligros relacionados con la verificación de la eficacia del SGIA (DOF, 2018d).

CONCLUSIÓN

La inocuidad alimentaria debe estar presente en cada alimento que exista en nuestro país, y la cultura de inocuidad alimentaria debe existir en cada eslabón de la cadena de producción, desde la producción primaria, pasando por la industria, los puntos de venta, la distribución, la legislación y las nuevas próximas consideraciones legales, asimismo, es responsabilidad de los MVZ concientizar al consumidor sobre la responsabilidad que tiene de mantener la inocuidad alimentaria de los productos que recibe y consume, al igual que su derecho a exigir garantías sobre los mismos.

BIBLIOGRAFÍA

- ARP, T. S., S. T. HOWARD, D. R. WOERNER, J. A. SCANGA, D. R. MCKENNA, W. H. KOLATH, P. L. CHAPMAN, J. D. TATUM, K. E. BELK. (2014). Effects of dietary ractopamine hydrochloride and zilpaterol hydrochloride supplementation on performance, carcass traits, and carcass cutability in beef steers. *Journal Animal Science* 92: 836-843
- BARBOSA J., CRUZ C., MARTINS J., SILVA J.M., NEVES C., ALVES C., RAMOS F., DA SILVEIRA MI. (2005). Food poisoning by clenbuterol in Portugal. *Food Additives and Contamination* 22: 563-566.
- BARHAM B.L., BROOKS J.C., BLANTON J.R., HERRING A.D., CARR M.A., KERTH C.R., MILLER F.M. (2003). Effects of growth implants on consumer perceptions of meat tenderness in beef steers. *Journal Animal Science* 81: 3052-3056
- BERGE P., ERTBJERG P., LANSEN L.M. ASTRUC T., VIGNON X., JMOLLER A. (2001). Tenderization of beef by lactic acid injected at different times post mortem. *Meat Science* 57: 347-357.
- BURKE R.M., MONAHAN F.J. (2003). The tenderisation of shin beef using a citrus juice marinade. *Meat Science* 63: 161-168.
- CABRERA-DIAZ E., BARBOSA-CARDENAS C.M., PEREZ-MONTAÑO J.A., GONZALEZ-AGUILAR D., PACHECO-GALLARDO C., BARBARA J. (2013). Occurrence, serotype diversity, and antimicrobial resistance Salmonella in ground beef at retail stores in Jalisco state, México. *Journal of Food Protection* 76: 2004–2010.
- CALERO-CÁCERES W., YE M., BALCÁZAR J.L. (2019). Bacteriophages as environmental reservoirs of antibiotic resistance. *Trends in Microbiology* 27: 570-577.
- CALLE MADRID M, POND A, ECHEVERRY A, BRASHEARS M, HUERTA N. (2016). Salmonella and E. coli O157:H7 prevalence and generic E. coli and coliform quantitative baseline in raw pork and beef in retail channels in Mexico. *Food Protection Trends* 3: 8-17.
- CDC (2020). Foodborne germs and illnesses. URL: <https://www.cdc.gov/foodsafety/foodborne-germs.html>. Fecha de actualización: 18/03/2020, fecha de acceso: 02/04/2020.
- CENTNER T. J., ALVEY J. C., STELZLENI A. M. (2014). Beta agonists in livestock feed: Status, health concerns, and international trade. *Journal Animal Science* 92: 4234-4240.
- COFEPRIS, (2006). Evaluación de riesgos de los rastros y mataderos municipales. URL: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/154388/Evaluacion de riesgos de los rastros y mataderos municipales.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/154388/Evaluacion_de_riesgos_de_los_rastros_y_mataderos_municipales.pdf). Fecha de actualización: 01/07/2006, fecha de acceso: 10/04/2020.
- COMECARNE, (2020). Compendio estadístico 2019. URL: [https://comecarne.org/wp-content/uploads/2020/05/Compendio Estadistico 2019.pdf](https://comecarne.org/wp-content/uploads/2020/05/Compendio_Estadistico_2019.pdf). Fecha de actualización: 01/05/2020, fecha de acceso: 04/04/2020.
- DELGADO-SUÁREZ E.J., ORTIZ-LÓPEZ R., GEBREYES W.A., ALLARD M.W., BARONA-GÓMEZ F., RUBIO-LOZANO M.S. (2019). Genomic surveillance links livestock production with

- the emergence and spread of multi-drug resistant non-typhoidal Salmonella in Mexico. *Journal of Microbiology* 57: 271-280.
- DOF [Diario Oficial de la Federación] (1999). Norma Oficial Mexicana -008-ZOO-1994, Especificaciones zoosanitarias para la construcción y equipamiento de establecimientos para el sacrificio de animales y los dedicados a la industrialización de productos cárnicos. México. Fecha de publicación original: 11/11/1994, fecha de la última reforma: 10/02/1999.
- DOF [Diario Oficial de la Federación] (2001). Norma Oficial Mexicana -046-ZOO-1995, Sistema Nacional De Vigilancia Epizootiológica. México. Fecha de publicación original: 19/02/1997, fecha de la última modificación: 29/01/2001.
- DOF [Diario Oficial de la Federación] (2002). ACUERDO por el que se activa el Dispositivo Nacional de Emergencia de Sanidad Animal. México, Publicado en el DOF: el 25 de marzo de 2002.
- DOF [Diario Oficial de la Federación] (2003). Norma Oficial Mexicana-064-ZOO-2000: *Lineamientos para la clasificación y prescripción de productos farmacéuticos veterinarios por el nivel de riesgo de sus ingredientes activos*. México. Fecha de publicación original: 27/01/2003, fecha de la última modificación: 27/01/2003.
- DOF [Diario Oficial de la Federación] (2004). Norma Oficial Mexicana-041-ZOO-1995, Campaña Nacional Contra la Brucelosis en los Animales. México. Fecha de publicación original: 20/08/1996, fecha de la última modificación: 06/02/2004.
- DOF [Diario Oficial de la Federación] (2007). Norma Oficial Mexicana -009-ZOO-1994, Proceso sanitario de la carne. México. Fecha de publicación original: 16/11/1994, fecha de la última modificación: 31/07/2007.
- DOF [Diario Oficial de la Federación] (2010). Norma Oficial Mexicana -251-SSA1-2009, *Prácticas de higiene para el procesado de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios*. México. Fecha de publicación original: 01/03/2010, fecha de la última modificación: 01/03/2010.
- DOF [Diario Oficial de la Federación] (2012a). Norma Oficial Mexicana-022-SSA2-2012, Para la Prevención y Control de la Brucelosis en el Ser Humano. México. Fecha de publicación original: 11/07/2012, fecha de la última modificación: 11/07/2012.
- DOF [Diario Oficial de la Federación] (2012b). Norma Oficial Mexicana-194-SSA1-2004. Productos y servicios. Especificaciones sanitarias en los establecimientos dedicados al sacrificio y faenado de animales para abasto, almacenamiento, transporte y expendio. Especificaciones sanitarias de productos. México. Fecha de publicación original: 18/09/2004, fecha de la última modificación: 26/12/2012.
- DOF [Diario Oficial de la Federación] (2012c). *Reglamento de la Ley Federal de Sanidad Animal*. México. Fecha de publicación original: 21/05/2012, fecha de la última modificación: 21/05/2012.

- DOF [Diario Oficial de la Federación] (2013). Norma Oficial Mexicana -017-SSA2-2012, Para la Vigilancia Epidemiológica. México. Fecha de publicación original: 19/02/2013, fecha de la última modificación: 19/02/2013.
- DOF [Diario Oficial de la Federación] (2015). Norma Oficial Mexicana -033-SAG/ZOO-2014, Métodos para dar muerte a los animales domésticos y silvestres. México. Fecha de publicación original: 26/08/2015, fecha de la última modificación: 26/08/2015.
- DOF [Diario Oficial de la Federación] (2018a). ACUERDO mediante el cual se dan a conocer en los Estados Unidos Mexicanos las enfermedades y plagas exóticas y endémicas de notificación obligatoria de los animales terrestres y acuáticos. México, Publicado en el DOF: el 29 de noviembre de 2018.
- DOF [Diario Oficial de la Federación] (2018b). ACUERDO por el que se declara la obligatoriedad de la estrategia nacional de acción contra la resistencia a los antimicrobianos. México, Publicado en el DOF: el 05 de agosto de 2018.
- DOF [Diario Oficial de la Federación] (2018c). *Ley Federal de Sanidad Animal*. México. Fecha de publicación original: 25/07/2007, fecha de la última reforma: 16/02/2018.
- DOF [Diario Oficial de la Federación] (2018d). Norma Mexicana-F-804-SCFI-2018, *Guía para la certificación de los programas reconocidos por la GFSI aplicable a todos los eslabones de la cadena (cría de animales, faenado, procesamiento y distribución)*. México. Fecha de publicación original: 07/05/2018, fecha de la última modificación: 07/05/2018.
- DOF [Diario Oficial de la Federación] (2019). *Ley Federal de Protección al Consumidor*. México. Fecha de publicación original: 24/12/1992, fecha de la última reforma: 12/04/2019.
- DOF [Diario Oficial de la Federación] (2020a). *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*. México. Fecha de publicación original: 05/02/1917, fecha de la última reforma: 08/05/2020.
- DOF [Diario Oficial de la Federación] (2020b). ACUERDO por el que se dan a conocer las Reglas de Operación del Programa de Sanidad e Inocuidad Agroalimentaria de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, para el ejercicio 2020. México, Publicado en el DOF: el 16 de enero de 2020.
- DOF [Diario Oficial de la Federación] (2020c). *Ley General de Salud*. México. Fecha de publicación original: 07/02/1984, fecha de la última reforma: 24/01/2020.
- DOMÍNGUEZ-VARA I.A., MONDRAGÓN-ANCELMO J., GONZÁLEZ RONQUILLO M., SALAZAR-GARCÍA F., BÓRQUEZ-GASTELUM J.S., ARAGÓN-MARTÍNEZ A. (2009). Los β -agonistas adrenérgicos como modificadores metabólicos y su efecto en la producción, calidad e inocuidad de la carne de bovinos y ovinos: una revisión. *Ciencias Naturales y Agropecuarias* 1: 6-3.
- DUCKETT S.K., PRATT S.L. (2014). MEAT SCIENCE AND MUSCLE BIOLOGY SYMPOSIUM--anabolic implants and meat quality. *Journal Animal Science* 92: 3-9

- FAO (2018). Límites máximos de residuos. URL: [http://www.fao.org/fao-who-codex alimentarius/codex-texts/maximum-residue-limits/es/](http://www.fao.org/fao-who-codex-alimentarius/codex-texts/maximum-residue-limits/es/). Fecha de actualización: 01/12/2018, fecha de acceso: 02/09/2010.
- FAO, OMS (2002). Enfoques integrados para la gestión de inocuidad de los alimentos a lo largo de toda la cadena alimentaria. URL: <http://www.fao.org/3/a-y1956s.pdf>. Fecha de actualización: 30/01/2002, fecha de acceso: 02/11/2019.
- FDA (2017). Organismos que causan enfermedades transmitidas por alimentos en los EE.UU. URL: <https://www.fda.gov/food/what-you-need-know-about-foodborne-illnesses/organismos-que-causan-enfermedades-transmitidas-por-los-alimentos-en-los-eeuu>. Fecha de actualización: 30/10/2017, fecha de acceso: 11/10/2019.
- GFSI (2020). The global Food safety initiative. URL: <https://mygfsi.com>. Fecha de actualización: 01/02/2020, fecha de acceso: 10/02/2020.
- GRAGG S.E., LONERAGAN G. H., BRASHEARS M.M., ARTHUR T.M., BOSILEVAC J.M., KALCHAYANAND N., WANG R., SCHMIDT J.W, BROOKS J.C., SHACKELFORD S.D., WHEELER T.L, BROWN T.R, EDRINGTON T.S., BRICHTA-HARHAY D.M. (2013). Cross-sectional study examining *Salmonella enterica* carriage in subiliac lymph nodes of cull and feedlot cattle at harvest. *Foodborne Pathogens and Disease* 10: 368-374.
- HERNÁNDEZ S.J., S., ZÚÑIGA ESTRADA, A., SÁNCHEZ ORTEGA, I., CASTRO ROSAS, J., ROMÁN GUTIÉRREZ, A.D., SANTOS LÓPEZ, E.M. (2007). Condiciones microbiológicas en el proceso de sacrificio en un rastro municipal del estado de Hidalgo, *Revista Veterinaria México* 38: 187-195.
- HOFFMAN L.C., MULLER M., VERMAAK A. (2008). Sensory and preference testing of selected beef muscles infused with a phosphate and lactate blend. *Meat Science* 80: 1055-1560.
- HUFFMAN, K. L., MILLER M. F., HOOVER L. C. WU C. K., BRITTIN H. C., RAMSEY C. B. (1996). Effect of beef tenderness on consumer satisfaction with steaks consumed in the home and restaurant. *Journal Animal Science* 74: 91-97.
- INAFED, (2018). Guía técnica 15, La administración de los rastros municipales. URL: http://www.inafed.gob.mx/work/models/inafed/Resource/335/1/images/guia15_a_administracion_de_rastros_municipales.pdf. Fecha de actualización: 30/12/2018, fecha de acceso: 14/04/2020.
- JAFFEE S., HENSON S., UNNEVEHR L., GRACE D., CASSOU E. (2019). The safe food imperative accelerating progress in low and middle-income countries. Washington DC: BANCO MUNDIAL GROUP.
- KO K.A., KUROIKI K., DAVIDSON G., LIU M.Y., SAKAKIBARA Y., SUIKO M., LIU M.C. (2012). Sulfation of ractopamine and salbutamol by the human cytosolic sulfotransferases. *Journal of Biochemistry* 152: 275-283.
- KOOHMARAIE M, SCANGA JA, DE LA ZERDA MJ, KOOHMARAIE B., TAPAY L., BESKHLBNAYA V, MAI T, GREESON K, SAMADPOUR M. (2012). Tracking the sources

- of salmonella in ground beef produced from nonfeed cattle. *Journal Food Protection* 75: 1464-1468.
- LONERAGAN G.H., THOMSON D.U., SCOTT H.M. (2014). Increased mortality in groups of cattle administered the b-adrenergic agonists ractopamine hydrochloride and zilpaterol hydrochloride. *PLoS ONE* 9(3).
- LORETZ M., STEPHAN R., ZWEIFEL C. (2011). Antibacterial activity of decontamination treatments for cattle hides and beef. *Food Control* 22: 347-359.
- MARON D.F, SMITH T. J. S., NACHMAN K.E. (2013). Restrictions on antimicrobial use in food animal production: an international regulatory and economic survey. *Global Health* 9: 48.
- MARSHALL B.M., LEVY S.B. (2011). Food animals and antimicrobials: impacts on human health. *Clinical Microbiology Review* 24: 718-33.
- MCLINDEN T., SARGEANT J.M., THOMAS M.K., PAPADOPOULOS A., FAZIL A. (2014). Component cost of foodborne illness: a scoping review. *BMC Public Health* 14: 509.
- MCMANUS P.S., STOCKWELL V.O., SUNDIN G.W., JONES L.A. (2002). Antibiotic use in plant agriculture. *Annual Reviews Phytopathology* 40: 443-65.
- NAYARIT-BALLESTEROS N., RUBIO-LOZANO M.S., DELGADO-SUÁREZ E., MÉNDEZ-MEDINA D., BRAÑA-VARELA D., RODAS-SUÁREZ O. (2016). Perfil de resistencia a antibióticos de serotipos de *Salmonella spp.* aislados de carne de res molida en la Ciudad de México. *Revista Salud Publica de México* 58: 371-377.
- NGAPO T.M., BRAÑA-VARELA D., RUBIO-LOZANO M.S. (2017). Mexican consumers at the point of meat purchase. *Beef choice. Meat Science* 134: 34-43.
- NICKELSON K. J., TAYLOR T. M., GRIFFIN D. B., SAVELL J. W., GEHRING K. B., ARNOLD A. N. (2019). Assessment of Salmonella prevalence in lymph nodes of U.S. and Mexican cattle presented for slaughter in Texas. *Journal Food Protection* 82: 310-315.
- OIE (2020). Informe anual para la notificación de la presencia de enfermedades de la lista de la OIE. URL: https://www.oie.int/wahis_2/public/wahid.php/Countryinformation/reporting/repoorthistory. Fecha de actualización: 30/12/2013, fecha de acceso: 02/04/2020.
- OMS (2015a). Estimaciones de la OMS sobre la carga mundial de enfermedades de transmisión alimentaria. URL: https://www.who.int/foodsafety/publications/foodborne_disease/fergreport/en/. Fecha de actualización: 03/12/2015, fecha de acceso: 02/04/2020.
- OMS (2015b). Plan de acción mundial sobre la resistencia a los antimicrobianos, URL: <https://www.who.int/antimicrobial-resistance/publications/global-action-plan/es/>. Fecha de actualización: 30/12/2016, fecha de acceso: 09/12/2019.
- OMS (2020a). Inocuidad de los alimentos. URL: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>. Fecha de actualización: 30/04/2020, fecha de acceso: 04/05/2020.

- OMS (2020b). Resistencia a los antimicrobianos. URL: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/resistencia-a-los-antimicrobianos>. Fecha de actualización: 13/05/2020, fecha de acceso: 26/05/2020.
- OPS (2015). Enfermedades Transmitidas por Alimentos (eta). URL: https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=10836:2015-enfermedades-transmitidas-por-alimentos-eta&Itemid=41432&lang=es. Fecha de actualización: 30/12/2015, fecha de acceso: 09/02/2020.
- OPS (2019). La inocuidad de los alimentos es responsabilidad de todos. URL: https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=15241:food-safety-is-everyone-s-business&Itemid=1926&lang=es. Fecha de actualización: 30/12/2019, fecha de acceso: 09/02/2020.
- PEREZ-MONTAÑO J.A., GONZALEZ-AGUILAR D., BARBA J., PACHECO-GALLARDO C., CAMPOS-BRAVO C.A., GARCIA S., HEREDIA N.L., CABRERA-DIAZ E. (2012). Frequency and antimicrobial resistance of *salmonella* serotypes on beef carcasses at small abattoirs in Jalisco State, Mexico. *Journal Food Protection* 75: 867-873.
- POKHAREL S., BROOKS J.C., MARTIN J.N., ECHEVERRY A., PARKS A.R., CORLISS B., BRASHEARS M.M. (2016). Internalization and thermal susceptibility of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* (STEC) in marinated beef products. *Meat Science* 116: 213-220
- RAINER W. S. (2010). Hormonal growth promoting agents in food producing animals. *Handbook of Experimental Pharmacology* 195: 355-367.
- RAY A.N., DIKEMAN, M.E. CROW, B.A., PHEBUS R.K., GROBBEL, J.P., HOLLIS L.C. (2010). Microbial translocation of needle-free versus traditional needle injection-enhanced beef strip loins. *Meat Science* 84: 208-211.
- SELK G.E., REUTER R.R., KUHL G.L. (2006). Using growth-promoting implants in stocker cattle. *Veterinary Clinics of North America Food Animal Practice* 22: 435-449.
- SENASICA, (2014). Manual de buenas prácticas pecuarias en la producción de carne de ganado bovino en confinamiento. URL: <http://publico.senasica.gob.mx/?doc=21454>. Fecha de actualización: 12/12/2014, fecha de acceso: 09/04/2020.
- SENASICA, (2016). Una definición clara de inocuidad. URL: <https://www.gob.mx/senasica/articulos/una-definicion-clara-de-inocuidad-70674?idiom=es>. Fecha de actualización: 05/10/2016, fecha de acceso: 10/10/2019.
- SENASICA,(2020). Estrategia Nacional contra la resistencia a los antimicrobianos. URL: <https://www.gob.mx/senasica/acciones-y-programas/resistencia-a-los-antimicrobianos-ram>. Fecha de actualización: 03/03/2020, fecha de acceso: 09/04/2020.
- SHELVER L.W., SMITH J.D. (2018). Development of an immunochromatographic assay for the β -adrenergic agonist feed additive zilpaterol. *Food Additives & Contaminants: Part A* 35: 1519-1529.

- SSA (2015). El impacto de la inocuidad alimentaria en la salud. URL: https://www.gob.mx/uploads/attachment/file/17055/2015_sem14.pdf. Fecha de actualización: 11/04/2015, fecha de acceso: 11/10/2019.
- SSA (2018). Boletín epidemiológico semana 52. URL: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/425972/sem52.pdf>. Fecha de actualización: 29/12/2018, fecha de acceso: 10/10/2019.
- STOCKWELL V.O., DUFFY B. (2012). Use of antibiotics in plant agriculture. *Revue scientifique et technique (International Office of Epizootics)* 31: 199-210.
- USDA (2017). Cost Estimates of Foodborne Illnesses. URL: <https://www.ers.usda.gov/data-products/cost-estimates-of-foodborne-illnesses/cost-estimates-of-foodborne-illnesses/#Pathogen>. Fecha de actualización: 10/07/2014, fecha de acceso: 09 /01/2020.
- VALLADARES C.B., BAÑUELOS V.R., PEÑA B.S.D., VELÁZQUEZ O.V., VELÁZQUEZ A.Y., NAVA O.A. (2014). Illegal use of clenbuterol in cattle production in México. *Health*. 6: 673-76.
- VALLADARES C.B., VELÁZQUEZ O.V., POSADAS M.E., PEÑA B.S.D., ZAMORA E.J.L., ORTEGA S.C., ALONSO F.U. (2013). Determinación de clorhidrato de clenbuterol en suero sanguíneo de bovinos para abasto del estado de Guerrero, México. En: Nava Moreno B, editora. *Seguridad alimentaria y producción ganadera en unidades campesinas*. México: Universidad Autónoma de Chapingo.