



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**“Uso de promotores del crecimiento en el cerdo.
El caso de los antibióticos.”**

TESINA

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

PRESENTA:

ANGEL CASTRO SALGADO

ASESORES:

Dr. BENJAMÍN VALLADARES CARRANZA

Dr. VALENTE VELAZQUEZ ORDOÑEZ

M en C. JOSE LUIS ZAMORA ESPINOSA



El Cerrillo Piedras Blancas Toluca, México, Marzo de 2025.

**“Uso de promotores del crecimiento en el
cerdo. El caso de los antibióticos.”**

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS.....	iv
RESUMEN.....	v
I. INTRODUCCIÓN.....	1
Antecedentes del uso de antibióticos en producción animal	7
II. JUSTIFICACIÓN.....	8
IV. OBJETIVOS	9
V. MATERIAL	10
VI. MÉTODO	11
VII. Capítulo 1. Situación actual y desarrollo de la porcicultura.....	12
VIII. Capítulo 2. Antibióticos más comúnmente usados como probióticos en la etapa de crecimiento de los cerdos.	16
1.1 Antibióticos como promotores de crecimiento	24
1.2 Antibióticos o inhibidores	24
1.3 Uso de antibióticos en la alimentación en cerdos	25
1.4 Antibióticos como promotores de crecimiento en cerdos.....	26
1.5 Modo de acción de los antimicrobianos en cerdos	27
IX. Capítulo 3. Contaminación de la carne de cerdo por antibióticos	29
X. LÍMITE DE ESPACIO	34
XI. LÍMITE DE TIEMPO	35
XII. CONCLUSIONES.....	36
XIII. LITERATURA CITADA.....	37

ÍNDICE DE TABLAS

No.	Título	Pág.
1	Efectos de los antibióticos promotores del crecimiento en nutrición animal.....	22
2	Antimicrobianos promotores de crecimiento en aves, cerdos y rumiantes.....	23

RESUMEN

Uso de promotores del crecimiento en el cerdo. El caso de los antibióticos.
Ángel Castro Salgado (bajo la asesoría del Dr. Benjamín Valladares Carranza, Dr. Valente Velázquez Ordoñez y el M en C. José Luis Zamora Espinosa).

El objetivo de este trabajo fue conjuntar información sobre los antimicrobianos que son usados para mejorar la eficiencia y el rendimiento productivo en cerdos. En el análisis de la información, se consideró: la situación actual y desarrollo de la porcicultura (capítulo 1); antibióticos más comúnmente usados como probióticos en la etapa de crecimiento de los cerdos (capítulo 2), y contaminación de la carne de cerdo por antibióticos (capítulo 3). A nivel mundial la porcicultura continua con un incremento significativo en donde se emplean de forma intensiva acciones para cubrir la demanda en la producción cárnica y abastecer la alimentación y provisión para la alimentación del hombre; de tal forma el sector porcino en la búsqueda de estrategias rentables ha usado sustancias las cuales con la intención de disminuir las mermas que ocasionan algunas enfermedades en los cerdos ha implementado el uso de sustancias, como los antibióticos. Existe una gama importante de antibióticos que han sido utilizados como probióticos durante la etapa de crecimiento de los cerdos; considerando su efecto como promotores de crecimiento se pueden clasificar, como: antibióticos y agentes quimioterapéuticos; sustancias ionóforas, y anabolizantes, compuestos de naturaleza hormonal. Sin embargo, la contaminación de la carne por el empleo de antibióticos debe considerarse por los efectos colaterales de resistencia bacteriana, considerando nuevas alternativas en la alimentación porcina y el promover un manejo responsable para el uso de antibióticos para mejorar la cadena alimentaria. Las futuras investigaciones deben centrarse en un uso racional de los antibióticos dentro de la porcicultura en general, no solo para evitar resistencia antimicrobiana y de evitar la contaminación ambiental e influir de forma directa para mejorar la cadena de producción animal.

Palabras clave: Antibióticos, promotores de crecimiento, cerdos, resistencia bacteriana, inocuidad y calidad.

I. INTRODUCCIÓN

La porcicultura a nivel mundial ha experimentado un aumento significativo, de tal forma que se han empleado producciones intensivas para satisfacer la demanda de cada país. El censo mundial de ganado porcino es de alrededor de 960 millones de cabezas, siendo aproximadamente de 60% en Asia, 20% en Europa y 16% en América. Este incremento ha llevado a la producción de carne de cerdo a alcanzar el 40% del consumo global. Entre los principales países productores como: China, E.U. y Alemania satisfacen esta demanda de carne; y en E.U. los sistemas de producción han evolucionado más rápidamente (FAO, 2010; FIRA, 2016).

Por otra parte, la porcicultura además de generar ingresos en los países en donde se desarrolla esta actividad, esta se encuentra estrechamente relacionada con la producción agrícola, al utilizar materias primas para su producción como el maíz amarillo, sorgo y harina de soya, desempeñando una función importante dentro de la cadena productiva de granos y leguminosas a nivel mundial (Iglesias *et al.* 2018). No obstante, debido a la alta demanda de carne de esta especie y al aumento en los precios de los alimentos del 20%, el sector porcino busca estrategias rentables que sigan mejorando el rendimiento económico de los productores. De igual manera, las consecuencias de dicha producción porcina al impacto medioambiental siguen siendo cada vez más inquietantes, especialmente en lo que respecta al uso de antibióticos, ya que la excreción de estos biológicos tanto en heces como en orina contamina el suelo y el agua (OECD, 2003).

Los antibióticos son metabolitos secundarios producidos por microorganismos como bacterias, hongos y plantas. Se dividen estructuralmente en varias clases, que incluyen: β -lactámicos, quinolonas, fluoroquinolonas, macrólidos, aminoglucósidos y tetraciclinas. Desde el descubrimiento de la penicilina, el uso de los antibióticos se ha extendido desde el tratamiento de enfermedades infecciosas causadas por patógenos, y como promotores del crecimiento en las industrias de cría de animales, agricultura, pesca y acuicultura (Roca *et al.*, 2015; Valladares *et al.*, 2015a).

Los antibióticos, que se suelen añadir a los piensos como promotores del crecimiento, pueden tener un efecto residual en los productos animales y también desencadenar una resistencia a los antibióticos en las bacterias, lo que es motivo de gran preocupación entre los empresarios de la cría de cerdos (Roca *et al.*, 2015).

Desde hace algunas décadas se ha prohibido el uso de antibióticos como promotores del crecimiento, de hecho, en el año de 1999 con la prohibición de seis sustancias que habían sido utilizadas para tal fin aun cuatro de ellas se han continuado usando como aditivos alimentarios. Considerando el efecto que han inducido de resistencia bacteriana, en especial el caso de las bacterias potencialmente patógenas lo cual puede ocasionar además tanto problemas sanitarios en las diferentes unidades de producción animal, como en la calidad de los productos y subproductos alimenticios que se obtengan de las especies producidas en estos sitios (Roca *et al.*, 2015; Valladares *et al.*, 2015a).

Los antibióticos se han utilizado en exceso y de forma incorrecta con fines preventivos y terapéuticos. Se utilizan con frecuencia como promotores del crecimiento para mejorar la productividad y el rendimiento de los animales destinados a la producción de alimentos, como los cerdos, el ganado vacuno y las aves de corral. El uso cada vez mayor de antibióticos ha sido motivo de gran preocupación en todo el mundo debido a la aparición de bacterias resistentes a los antibióticos. Los animales destinados a la producción de alimentos se consideran reservorios de genes de resistencia a los antibióticos y antibióticos residuales que se transfieren de la granja a la mesa (Valladares *et al.*, 2015b; Kim y Ahn, 2022).

La acumulación de antibióticos residuales puede provocar una resistencia adicional a los antibióticos en las bacterias. Por lo que el objetivo del presente trabajo pretende conjuntar información relevante sobre los antibióticos más comúnmente usados en la práctica porcícola y el riesgo por los efectos de su uso en la cadena alimentaria.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

La primera gran victoria de la quimioterapia del siglo XX fue a través de los experimentos de Paul Ehrlich que condujeron al descubrimiento de la arsfenamina (conocida entonces con el nombre de Salvarsan); la era de la medicina antimicrobiana moderna comenzó en 1934 cuando Gerhard Domagk describió los efectos de las sulfonamidas. Sin embargo, la llamada Edad de Oro de los antibióticos comenzó con la producción masiva de la penicilina en 1941, seguida del desarrollo de nuevos antibióticos como la estreptomicina (1944), el cloranfenicol (1947) y la aureomicina (1948) (Gatica y Rojas, 2018).

En la década de 1950 aparecieron la eritromicina y la vancomicina. En la década de 1960 aparecieron la gentamicina, la ampicilina, la cefalotina y la amikacina. Y aun de manera continua los hallazgos (de nuevos) y de sus usos continúa, en donde se ha documentado la aparición de quinolonas de amplio espectro a partir del año 2000 (Gatica y Rojas, 2018).

Después de recibir el premio nobel de medicina en 1945, Alexander Fleming advirtió sobre la resistencia y refirió: “Llegará el momento en que la gente podrá comprar más que penicilina en cualquier negocio”. “Existe el riesgo de que una persona pueda administrar la dosis más baja de antibióticos y exponer los microorganismos a las dosis del medicamento, por lo que se vuelven resistentes a los antibióticos” (Gatica y Rojas, 2018).

Desafortunadamente, la gente hizo caso omiso a esta advertencia y pronto aparecieron los primeros aislados como parte de la evolución natural de las bacterias adaptándose a su entorno. Esta situación se ha acelerado con el tiempo debido al uso inadecuado de antibióticos en diversos ecosistemas y a la falta de regulación y seguimiento de su uso. Estos incluyen procesamiento inadecuado, ventas sin receta o por internet, comercialización de agentes antibacterianos falsos o de baja calidad y falta de control de los desechos antibacterianos en las plantas de producción. En la década de 1950 se descubrió la eficacia de los antibióticos en el crecimiento de animales con fines

económicos (bovinos y aves), lo que marcó el inicio de la historia del uso de antibióticos como promotores de crecimiento (Gatica y Rojas, 2018).

Los antibióticos utilizados durante más de 50 años, se trata de sustancias que han llegado a revolucionar la práctica humana y en la producción animal en todo el mundo. La magnitud de los daños causados por las infecciones bacterianas fue cosa del pasado hasta finales de la década de 1950. Ya que se utilizaron antibióticos para combatir infecciones que se presentaban hasta entonces, aunque la situación en Medicina veterinaria no se vislumbrara aún que fuera tan grave como en Medicina humana, actualmente resulta ser una preocupación creciente en relación con el uso de los antibióticos de forma inadecuada en las diferentes especies animales por la presentación de resistencia e incluso en los humanos (Valladares *et al.*, 2015b; Gatica y Rojas, 2018).

En diferentes medios agropecuarios, la adaptabilidad natural de las bacterias les ha permitido una gran capacidad de desarrollar mecanismos que les ha permitido sobrevivir a la influencia de diferentes sustancias con efecto antimicrobiano (Gatica y Rojas, 2018).

En la producción animal el uso de antimicrobianos está asociado con el riesgo de desarrollar bacterias resistentes, que posteriormente pueden propagarse a la población, a otros animales o al medio ambiente. En una población bacteriana, comensal o patógena, la aplicación de antimicrobianos produce la inhibición o eliminación de todas ellas cuya concentración mínima inhibitoria puede ser en algunos casos inferior a la concentración “recomendada” del antimicrobiano. Aunque los antimicrobianos pueden seleccionar bacterias resistentes, su uso excesivo puede contribuir al desarrollo y proliferación de la resistencia (Gatica y Rojas, 2018).

Durante el ciclo de producción de los animales en las granjas, estos están expuestos a una amplia gama de bacterias asintomáticas y patógenas. Según la triada epizootiológica: el patógeno, el hospedero y los factores ambientales influyen en la

aparición de enfermedades infecciosas; en este contexto el uso adecuado y racional de los antimicrobianos son en el mejor de los casos una herramienta para el control eficaz en afecciones en los animales domésticos (Gatica y Rojas, 2018).

Hay múltiples factores que coexisten e influyen de manera significativa en la aparición de la resistencia a los antimicrobianos entre ellos su uso inadecuado, su aplicación prolongada, el tratamiento incompleto, la baja calidad de los antimicrobianos, la falta de indicaciones adecuadas por parte de quien prescribe el tratamiento, la aplicación de una dosis incorrecta y en especial la frecuencia de su aplicación. Esto puede conducir a la expresión de genes de resistencia además de las características inherentes a la propia bacteria (presencia de genes de resistencia y los beneficios que puede conferir) (Valladares *et al.*, 2015b; Gatica y Rojas, 2018).

El uso correcto de toda sustancia implementada para la aplicación y/o suministro a las diferentes especies animales requiere de atención y vigilancia de un experto, ya que el efecto colateral causado por los residuos existentes en los alimentos, sobre todo de origen animal pueden llegar a los consumidores a través de la cadena alimenticia provocando reacciones alérgicas, reacciones antibacterianas, y cambios en la flora intestinal creando problemas de comercialización debido al incumplimiento de las normas o acuerdos establecidos alrededor del mundo. Los estimulantes del crecimiento actúan modulando la flora intestinal, reduciendo la cantidad de patógenos; también actúan reduciendo la flora normal que compite con el mismo hospedero por los nutrientes, lo que aumenta la productividad animal y reduce la mortalidad (Acevedo *et al.*, 2015).

La industria avícola ocupa un lugar importante en la industria agropecuaria a nivel mundial, gracias a los avances tecnológicos logrados en diversos campos. En este sentido, y dados los problemas asociados a los sistemas de producción, los antibióticos suelen utilizarse con fines terapéuticos, profilácticos y/o como promotor del crecimiento (Acevedo *et al.*, 2015).

Los antibióticos promotores del crecimiento pueden mejorar el aumento de peso diario y la tasa de conversión alimenticia en pollos de engorde en aproximadamente un 3 a 5 %. Además de los beneficios económicos, los principales beneficios para los productores son un crecimiento más uniforme, la estabilización de la flora intestinal en los animales y el mantenimiento de la salud en caso de estrés ambiental, hasta el punto de que los antibacterianos además de estimular el crecimiento actúa reduciendo la morbilidad (Acevedo *et al.*, 2015).

Independientemente del uso de los antibióticos tanto en Medicina humana y veterinaria a dosis sobre todo inapropiadas ha ido generando múltiples complicaciones en el hombre y, a su vez ha creado la necesidad cada vez mayor de producción y el uso de nuevos medicamentos (Acevedo *et al.*, 2015).

En estudios realizados con base a la disponibilidad de los antibióticos en pollos, como el realizado por Guzmán *et al.* (2012), han investigado la presencia de lincomicina usada como promotor del crecimiento en la carne de pollo vendida en los supermercados de Cartagena, Colombia. Mientras que Molero (2006), analizó residuos de enrofloxacin en el hígado y tejido muscular de pollos recolectados en la comunidad de San Francisco en el estado de Zulia, Venezuela; en este estudio cuantitativo para determinar la presencia de enrofloxacin (familia de las quinolonas) a través de cromatografía líquida de alta resolución los resultados excedieron el límite de residuos permitidos (3810 mg/kg en músculo de la pechuga).

Asimismo, Izquierdo (2010), utilizando un método similar, determino la presencia de oxitetraciclina de la carne de pollo. A pesar de lo anterior, por el uso de diferentes antibióticos en la salud o bien como promotores funcionales de la salud de las aves, es aún preocupante la calidad microbiológica de la carne de ave en la industria alimentaria. Y adicionalmente se ha hecho imperante y necesario el determinar cuantitativamente las concentraciones de sulfametoxazol, norfloxacin, ciprofloxacina y lincomicina en carne de pollo comercializada en el mercado de Bazurto y tiendas de supermercados locales de la ciudad de Cartagena, Colombia, considerando la problemática de

Antecedentes del uso de antibióticos en producción animal

La utilización de antibióticos en Medicina veterinaria inicio de forma simultánea al uso de los fármacos en Medicina humana y su uso ya se había difundido poco después de la segunda guerra mundial, con un gran avance en el tratamiento de enfermedades que hasta ese momento habían mermado la producción de las unidades de producción animal (Prescott, 2006).

Los antibióticos son utilizados de diversas formas en Medicina veterinaria su utilización en forma terapéutica para el tratamiento de determinadas enfermedades infecciosas ocurre de la misma manera que en Medicina humana (Errecalde, 2004). De esta manera se controlan enfermedades que pueden constituir un 80% de los problemas en las unidades de producción. Además de estas aplicaciones, existen otros propósitos de la aplicación o uso de dichas sustancias en la actividad pecuaria (Lawson, 1999; Valladares *et al.*, 2015b). La metafilaxis es un mecanismo que refiere la aplicación de un tratamiento a una población completa cuando solo un porcentaje de esta padece alguna enfermedad (Anadón, 2007). Donde el objetivo de dicha práctica es controlar la transmisión de la enfermedad a animales en contacto directo y en riesgo, o que ya pudieran estar infectados de forma subclínica (DOUE, 2019).

La profilaxis se refiere al uso de antibióticos en niveles moderados a altos para la prevención de enfermedades en animales expuestos (NRC, 1998) ante una situación de estrés, como puede ser al momento del destete, la vacunación, y el transporte entre otras circunstancias; con el principal objetivo de evitar la infección de los animales a un problema clínico de todos los individuos presentes en la unidad de producción (Jurado, 2012).

II. JUSTIFICACIÓN

Debido ante una creciente inquietud de la población por el uso de antibióticos en la alimentación de animales para abasto, con la posible creación de resistencia bacteriana a estos y la repercusión que causaría en Medicina humana, es necesario encontrar otras alternativas que los replacen y proporcionen resultados productivos similares o mejores a los antibióticos; por lo que se plantea reunir información que evidencie el uso de los antibióticos más comúnmente utilizados en la producción de cerdos a nivel mundial, con la finalidad que esta sirva como referencia de las implicaciones que tiene y las perspectivas a futuro del uso inadecuado de los antibióticos como promotores del crecimiento en los cerdos en etapa de crecimiento; etapa en la que más comúnmente se ha utilizado este tipo de sustancias.

Esto, porque la porcicultura intensiva ha experimentado un auge muy peculiar, con la finalidad de satisfacer la creciente demanda de carne; sin embargo, el uso indiscriminado de antibióticos en estos animales se ha convertido en una práctica común, pero plantea una serie de desafíos y riesgos que necesitan una atención inmediata, por lo que es imperante considerar la “funcionalidad” del uso de los antibióticos en los cerdos sobre todo en la etapa de crecimiento, ya que el uso desmedido de estos en la producción porcícola ha contribuido al desarrollo de resistencia antimicrobiana lo cual continua siendo una amenaza directa para la salud pública.

IV. OBJETIVOS

General

Recopilar y conjuntar información sobre los antimicrobianos que son usados para mejorar la eficiencia y el rendimiento productivo en cerdos.

Específico

Describir las características de los principales antibióticos que son utilizados en la producción de cerdos

V. MATERIAL

Para la elaboración de este trabajo se realizó una revisión bibliográfica sistemática de información obtenida de:

- Artículos de revistas científicas e información de internet y base de datos, como: PubMed, Science Direct, BlackWell Synergy, Springer Link, BMC, SciELO e ISI Web of Knowledge.
- Libros.
- Memorias de congresos y reuniones de investigación.

Se utilizó equipo de cómputo: computadora e impresora; USB, hojas, lápices y bolígrafos.

VI. MÉTODO

El trabajo consistió en una recopilación y selección de información sobre uso antibióticos, cerdo, uso en, contaminación por antibióticos, disponible en español e inglés en las bases de datos de Science Direct, Springer Link, MDPI y Scielo, considerando artículos publicados principalmente entre los años 2012 al 2024, con excepción de algunas publicaciones anteriores que son relevantes en el tema del presente trabajo. Asimismo, se consultaron libros y publicaciones de internet relacionadas al tema.

Los principales descriptores de interés como estrategia de búsqueda fueron: contaminación de carne (cerdo y ave) por antibióticos; con los operadores booleanos utilizados and y or.

En la utilización de la información consultada se dio pauta a aquellos artículos, libros, memorias de congresos relacionados con contaminación de los alimentos por antibióticos, otorgando la importancia a las publicaciones más recientes disponibles en red, así como de libros digitales.

Una vez seleccionada, se realizó un análisis de la información para organizarla en capítulos que integrarán el trabajo, los cuales son:

Capítulo 1. Situación actual y desarrollo de la porcicultura.

Capítulo 2. Antibióticos más comúnmente usados como probióticos en la etapa de crecimiento de los cerdos.

Capítulo 3. Contaminación de la carne de cerdo por antibióticos.

VII. Capítulo 1. Situación actual y desarrollo de la porcicultura.

Los primeros cerdos llegaron a América (Haití) con la llegada de los conquistadores, traídos por Cristóbal Colón en su segundo viaje en 1493. Se reprodujeron rápidamente en México y Brasil, debido a que la manteca se convirtió en un nutriente de alta demanda se debía producir un cerdo con gran cantidad de grasa, pero dichos animales eran criados en instalaciones rústicas y andaban libremente por potreros y se alimentan con desperdicios de cocina y subproductos de cosechas, con dietas no balanceadas; tardando hasta más de 12 meses para lograr los 100 kg de peso, de esta forma se obtenía como resultados un 50% de grasa y un 50% de carne; conforme fueron evolucionando las técnicas de manejo productivo en las granjas y el uso de aceites vegetales, la situación cambió totalmente, lo cual oriento a la producción de cerdos a la obtención de carne, donde se demandaba que los cerdos tuvieran un 20% o menos de grasa y un 78% de carne. Es por ello por lo que, en la actualidad los porcuicultores se preocupan por mejorar las condiciones en que viven los cerdos al contar con una mayor disponibilidad de razas que reúnan las características más benéficas (precocidad, peso, resistencia a enfermedades y producción de carne, entre otras), utilizando dietas balanceadas y prácticas de manejo pecuarias para la obtención de cerdos más pesados en el menor tiempo posible. Con los avances en la genética porcina hoy en día casi no se habla de razas, sino de líneas genéticas, lo que indica un grado mayor de distinción en la industria porcina (Germán *et al.*, 2005; Arbeláez y Cardona, 2009; FAO, 2010; Salas, 2012; Guerrero y Mario, 2015; Hoyos, 2015).

En la actualidad a nivel mundial la porcicultura ha tenido un incremento significativo en donde se emplean producciones intensivas para cubrir la demanda de cada país. El censo mundial de ganado porcino es de aproximadamente 960 millones de animales, distribuyéndose alrededor de 60% en Asia, 20% en Europa y 16% en América. De esta manera este aumento ha llevado a la carne de cerdo a representar el 40% del consumo mundial; donde países como China, Estados Unidos y Alemania son los principales productores que satisfacen esta demanda de carne; sin embargo, cabe resaltar que en Estados Unidos los sistemas de producción han revolucionado más rápidamente (FAO,

2010; FIRA, 2016 y 2017).

Además de que la porcicultura crea ingresos en los diferentes países, está directamente relacionada con la producción agrícola al utilizarse materias primas como el maíz amarillo, sorgo y harina de soya; de esta forma desempeña una función importante dentro de la cadena productiva de granos y leguminosas a nivel mundial (Iglesias *et al.*, 2018).

Debido a la alta demanda del consumo de carne de esta especie y al incremento en los precios de los alimentos de un 20%, el sector porcino busca estrategias rentables para mejorar el desempeño económico de los productores; así mismo, las consecuencias de dicha producción porcina al impacto medioambiental continúan preocupando cada vez más, principalmente por el uso de antibióticos, ya que la excreción de estos biológicos tanto en heces y orina contamina el suelo y el agua (OECD, 2003).

Los tres principales países productores de carne de cerdo son China, la Unión Europea y Estados Unidos, aportando así el 78.9% de la producción mundial. En cuanto a China se esperaría que el resultado para 2023 sea similar a lo reportado en 2022, a medida que el sector continúa recuperándose de los impactos de la Peste Porcina Africana (PPA); más sin embargo en la Unión Europea (UE), se estima un ligero decremento en la producción del 0.4%. Debido a que los costos de energía y alimentación han aumentado para el ganado y las restricciones ambientales, han frenado la producción de carne. También el Reino Unido disminuirá su producción debido a los altos costos de alimentación y una menor demanda interna de carne de cerdo, mientras que, los Estados Unidos que es el tercer productor a nivel mundial, se estima que ocurre una variación del 1.8% (FIRA, 2017).

Se tiene la expectativa que la producción de carne de cerdo en México siga aumentando debido a la fuerte demanda interna y al continuo crecimiento de las exportaciones. La carne de cerdo es la segunda más consumida, representando el

sector porcino cerca del 22 % de la industria cárnica mexicana en volumen de producción; sin embargo, no es suficiente para cubrir la demanda nacional (FIRA, 2017).

Durante la primera mitad del año 2024, la producción porcina en México creció un 2.5%, mientras que las exportaciones disminuyeron y las importaciones aumentaron. Y en este ámbito, la producción porcina en nuestro país continúa siendo un pilar fundamental para su economía y comercio exterior, a pesar de todas las dificultades actuales. Según la Opormex, durante el periodo de enero a junio del presente año se observa una variación notable tanto en las exportaciones como en las importaciones de productos porcinos (porciNews.com, 2024).

Para el primer semestre del 2024, México exportó un total de 91,205 toneladas de productos del cerdo, lo que represento una disminución del 4.5% en comparación con el mismo periodo en 2023; donde los destinos principales de estas exportaciones fueron: Japón 67,850 toneladas (74.4%), Estados Unidos 13,730 (15.1%), Angola 950 toneladas (1.0%), y Singapur 598 toneladas (0.7%) (porciNews.com, 2024).

Por otra parte, las importaciones totales de productos porcinos en México alcanzaron las 646,738 toneladas, con un aumento del 5.6% respecto al mismo periodo del año anterior; donde los principales países de origen de estas fueron: Estados Unidos 557,726 toneladas (86.2%), Canadá 78,029 toneladas (12.1%), Brasil 9,488 toneladas (1.5%), Chile 822 toneladas (0.1%), y España 573 toneladas (0.1%) (porciNews.com, 2024).

En lo que respecta a la producción nacional, México produjo un total de 873.2 miles de toneladas de carne porcina en el acumulado de enero a junio de 2024, lo que supone un incremento del 2.5% en comparación con el mismo periodo del año 2023. Donde los estados con mayor contribución a la producción nacional son: Jalisco 205.5 miles de toneladas (23.5%), Sonora 155.7 miles de toneladas (17.8%), Puebla 91.1 miles de toneladas (10.4%), Yucatán 82.4 miles de toneladas (9.4%), Veracruz 77.2 miles de

toneladas (8.8%), y Guanajuato 71.5 miles de toneladas (8.2%) (porciNews.com, 2024).

Además de que la carne de cerdo es la más consumida en el mundo, su producción duplica la de la carne de res y más del doble de la de pollo a nivel mundial. En México, la porcicultura ocupa el tercer lugar en importancia por su aportación a la producción total de cárnicos; por lo que al ser de gran importancia a nivel global es un área de estudio con muchas oportunidades para desarrollarse en base a la actual demanda del mercado (porciNews.com, 2024).

VIII. Capítulo 2. Antibióticos más comúnmente usados como probióticos en la etapa de crecimiento de los cerdos.

A través del tratamiento, prevención, detección y eliminación de portadores se puede limitar la entrada y propagación de las enfermedades en la piara. Se conoce que algunas enfermedades que son de importancia e impacto en los cerdos se transmiten de animal a animal, transferencia humana o de equipo e incluso a través de vectores. Cuando se llega a detectar una infección se puede determinar en algunos casos la eliminación de los animales en la granja, la despoblación de granjas, la detección y eliminación de animales infectados, o esperar a que se desarrolle inmunidad del ganado. Sin embargo, en algunas áreas y unidades de producción algunas enfermedades son difíciles de manejar y controlar, por lo que los productores enfrentan pérdidas económicas importantes por la afección de estas enfermedades. Los métodos de prevención y control razonables y estandarizados reducen el costo de las enfermedades y los brotes y propagación de enfermedades, así como el número de cerdos muertos y/o sacrificados debido a la infección (Wang *et al.*, 2018).

El costo de prevención de las enfermedades es significativamente menor que el costo económico y de la mortalidad originados por los brotes de enfermedad, y calculado a diez años es de aproximadamente el 2% del costo del tratamiento de enfermedades (Dobson *et al.*, 2020). En el manejo sanitario que debe realizarse en las granjas porcinas, además de la aplicación de vacunas, la atención que los granjeros aplican es la higiene y ventilación adecuada previendo a los cerdos de un ambiente cómodo y seguro con el fin de maximizar la estimulación del potencial de crecimiento; lo que a la vez puede mejorar la producción y la calidad de la carne de esta especie (Hocquette *et al.*, 2014).

Para satisfacer la creciente demanda de proteína animal, se han criado cerdos en granjas, utilizando antibióticos como promotores del crecimiento. Sin embargo, el uso inadecuado de antibióticos ha provocado graves riesgos ambientales y para la salud, en particular la resistencia a los antimicrobianos. El uso excesivo y el abuso de

antibióticos plantean un gran riesgo para la salud de las personas a través de los residuos de antibióticos transmitidos por los alimentos y la selección de la resistencia a los antibióticos (Valladares *et al.*, 2015b).

La resistencia a los antibióticos ha sido un gran desafío global, por lo que se necesita la colaboración internacional de todos los principales países productores de cerdo para abordar la resistencia a los antibióticos, y del apoyo para el desarrollo de nuevos antibióticos o alternativas como los extractos de plantas que garantice la salud y productividad en las granjas.

Los antibióticos han sido ampliamente adoptados para su uso en animales destinados al consumo, pero los datos confiables sobre la cantidad y los patrones de uso (dosis y frecuencia) solo para animales destinados al consumo no están fácilmente disponibles. Es muy difícil hacer un cálculo preciso del uso de antibióticos en animales destinados al consumo. Los estudios han adoptado diferentes clasificaciones para uso terapéutico, uso no terapéutico o una combinación de los dos. La mayoría de los datos disponibles carecen de una definición clara de usos terapéuticos frente a no terapéuticos, y esta ambigüedad claramente estropea la confiabilidad con base en modelos desarrollados a partir de datos estadounidenses (Mellon *et al.*, 2001).

El uso de los antibióticos como estimulantes del crecimiento inicio en los años cincuenta y en la actualidad la práctica esta generalizada. Debido a la importancia de los antimicrobianos para la producción animal (Aceijas, 2017). Los probióticos han sido considerados posibles reemplazos de los antibióticos, los cuales han sido definidos como microorganismos vivos que ejercen efecto benéfico para el tracto intestinal del hospedero, manteniendo y reforzando los mecanismos de defensa ante patógenos sin modificar las funciones biológicas y bioquímicas normales (Lázaro *et al.*, 2005).

Los probióticos son aditivos constituidos por microorganismos vivos específicos, adicionados con la finalidad de colonizar el tracto gastrointestinal con microorganismos benéficos, logrando con ello una mejora en la salud del animal y por tanto mayor

eficiencia en la absorción de los nutrientes de la dieta. Los microorganismos que se pueden considerar como probiótico son 34 fundamentalmente, bacterias productoras de ácido láctico, que pertenecen a los géneros: *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Streptococcus* y *Bifido Ibacterium*, aunque también se incluyen especies del género *Bacillus* y levaduras, de las que se distinguen principalmente las especies del género *Saccharomyces*. Los probióticos son opción, natural y sin efectos secundarios para mejorar de manera sensible el funcionamiento intestinal, y optimizar la salud en monogástricos, la cual se ve afectada por el estrés, los malos hábitos alimenticios y el uso excesivo de antibióticos, que son algunos de los factores que pueden afectar negativamente el necesario equilibrio de la flora intestinal (Angel, 2013; Valladares *et al.*, 2013).

Luzuriaga (2010) menciona que las características que debe cumplir un probiótico eficiente son: cepas seleccionadas; alta concentración; viabilidad; resistencia al ataque de los ácidos gástricos y biliares; alta capacidad de adhesión y colonización; producción de ácido láctico; y, la producción de antibióticos naturales.

En la nutrición de cerdos el uso de probióticos se ha usado como un aditivo natural, que ha permitido que el productor tenga a su alcance la biotecnología, con el fin de mejorar el equilibrio ecológico de la población microbiana existente en el tracto gastrointestinal. La utilización de probióticos en cerdos va enfocado a disminuir los factores de estrés actuando como promotor natural del crecimiento, mejorando los parámetros productivos y el estado usual del animal (Aceijas, 2017).

Los probióticos actualmente se utilizan en la producción porcícola donde los productores realizan destetes tempranos, y por lo tanto el estrés a que se ven sometidos los lechones y las inadecuadas condiciones sanitarias provocan una alteración de colonización de la flora benéfica, llevando a brotes de diarrea. Es en estos casos que el uso de probióticos favorece la sobrevivencia de los lechones, particularmente al momento del destete, donde la cantidad de *Lactobacillus* puede llegar a cero y el número de coliformes, por el contrario, aumenta de manera notoria, como es el caso de *E. coli* enterotoxigénica. Por ello la aplicación de probióticos

controla estos trastornos digestivos en el lechón, siendo de gran importancia usarlos a partir del primer día de vida del animal y hasta después del destete. Durante la fase de lactancia y precebo, se pueden controlar patologías como enteritis, colibacilosis, ileitis, úlceras, y trastornos producidos por el estrés; lo que permitiría mejorar notablemente los índices productivos (Angel, 2013).

En la etapa de crecimiento-engorde de los cerdos las dosis aplicables en estas fases son mínimas como corresponden a un promotor no antibiótico de crecimiento, que se aplica de una forma continuada a lo largo del crecimiento y finalización. Se pueden administrar en el agua o en el alimento; así mismo, con las cerdas reproductoras se pueden utilizar para el control de las muertes súbitas por *Clostridium* spp. especialmente en épocas de calor, cosecha de cereales, cambios de materias primas en la dieta y previo a la engorda, de esta manera no solo se disminuye el nivel de bajas en la engorda, sino también se reducen las heces sueltas, consiguiendo un mejor crecimiento e índice de conversión alimenticia (Aceijas, 2017).

Una mejoría en la ganancia de peso y conversión alimenticia son de los efectos más notorios con el uso de probióticos en cerdos, ya que hay un incremento en la disponibilidad de aminoácidos y una mayor digestibilidad de la fibra por vías fermentativas en el intestino grueso. Al incorporar probióticos en la producción animal, se pueden esperar mejores resultados, tales como: prevenir enfermedades controlando distintos patógenos (*Salmonella*, *E. coli*, bacterias, hongos y protozoos) colaborando a la seguridad sanitaria; mejorando la calidad de los productos de origen animal; aumentar la producción y disminuir los costos de la misma; acelerar los tiempos de producción sin la aplicación de hormonas ni transgénicos, disminuir olores y moscas, disminuir pestes, canibalismo, disminuir el uso de vacunas y antibióticos, fortalecer el sistema inmune, así como una mejor asimilación y conversión alimenticia; y, reducir el uso de vacunas y antibióticos (Angel, 2013; Padilla, 2024).

En la porcicultura los antibióticos que se emplean como aditivos alimenticios actúan de diferentes maneras como puede ser: De forma metabólica los antibióticos tienen un

efecto directo sobre procesos metabólicos del animal, se ha demostrado que el empleo de clortetraciclina ocasiona cambios en el mecanismo de excreción del nitrógeno y del agua, y aquellos en los que se observó que la adición de tetraciclinas en el alimento causa una inhibición en la síntesis de proteínas. A pesar de ello, en base a la cantidad de antibióticos que se agrega a los alimentos es moderada y las bajas cantidades que se encuentran en los tejidos, donde el efecto metabólico atribuido a los antibióticos podría tener un efecto de un mejor crecimiento de los animales (Coen *et al.*, 2012).

Recalcando como se distribuyen, el destino final y los tiempos de retiro más benéficos, la importancia de los residuos y la posibilidad de una resistencia de tipo bacteriano. Coen *et al.*, (2012), realizaron un experimento donde incluyeron 1405 cerdos destinados para abasto y se estudiaron algunos agentes antimicrobianos administrados como aditivos alimenticios solos o en combinación. Todos resultaron buenos como estimulantes eficientes de crecimiento, aunque los cerdos con un peso mayor no resultaron beneficiados tras la administración de los fármacos. Los fármacos como neomicina-oxitetraciclina, tilosina-sulfametazina-penicilina, neomicina- oxitetraciclina, oxitetraciclina- furazolidona-ácido arsanílico demostraron respuestas benéficas. De esta manera podemos identificar que desde la década de los 50's hubo un auge importante en utilización desmedida de estos antibióticos en cerdos. Para la década de los 70's, en la Gran Bretaña surge un informe del comité Swan donde se avecina el peligro que representa para la salud humana el uso de antibióticos en la medicina veterinaria, puntualizando en la producción animal. Ello ha permitido a la FDA en los E.U.A. integrar un comité de científicos con alta especialidad en enfermedades infecciosas y proceder al análisis de estos hechos. Por lo que se concluye que el empleo de antibióticos y sulfonamidas en dosis de estimulación de crecimiento y subterapéuticas favorece el desarrollo de bacterias resistentes portadores del factor R (Coen *et al.*, 2012).

En 1951 la FDA (United States Food and Drug Administration) aprobó el uso de antibioticos en alimentos para animales sin necesidad de prescripción veterinaria (Jones y Ricke, 2003), desde aquel tiempo se han usado como promotores del

crecimiento animal, aunque también se denominan “modificadores digestivos” (Brizuela *et al.*, 2009) (Tabla 1).

Los grupos de antibióticos que usualmente se utilizaban para este fin eran las penicilinas y tetraciclinas (donde a mayores dosis tenían actividad terapéutica) (Errecalde, 2004).

La eficacia de estas sustancias es aumentar la velocidad de crecimiento y el índice de conversión alimenticia en pollos de engorde o broilers de 3-5%, en terneros de 4-5%, más de un 10% en bovinos de carne (Armstrong, 1984) y casi 5% en cerdos de crecimiento (desde el destete hasta los 60 kg) (English *et al.*, 1992).

Tabla 1. Efectos de los antibióticos promotores del crecimiento en nutrición animal.

Efectos	Fisiológicos	Nutricionales	Metabólicos
Aumentan	Absorción de nutrientes. Consumo de alimento.	Retención de energía y nitrógeno. Absorción de glucosa, ácidos grasos, calcio, vitaminas, microelementos. Nutrientes en plasma.	Síntesis hepática de proteínas. Fosfata alcalina en intestino.
Disminuyen	Tiempo de tránsito intestinal. Peso, longitud y diámetro de la pared intestinal. Multiplicación células mucosa. Humedad en heces.	Perdida de energía en intestino. Síntesis de vitaminas.	Producción de amoniaco y aminos tóxicos. Fenoles aromáticos. Producción degradación biliar. Oxidación ácidos grasos. Excreción grasa en heces. Ureasas microbiana intestinal.

Fuente: Anderson *et al.*, (1999).

Así como los antimicrobianos usados específicamente como promotores de crecimiento en aves, cerdos y rumiantes (Tabla 2), están:

Tabla 2. Antimicrobianos promotores de crecimiento en aves, cerdos y rumiantes.

Péptidos	Avoparcina, Bacitracina, Virginiamicina, Colimicina o Polimixina E.
Aminoglucósidos	Bambermicina (flavofosfolipol).
Macrólidos	Espiramicina, Tilosina.
Poliésteres-ionóforos	Lasalícida, Monensina, Salinomicina.
Nitrofuranos	Nitrovina, Nitrofurazona, Furazolidona.
Quinoxalínicos	Carbadox, Olaquinox.
Otros	Nosiheptida o Multiomicina, Avilamicina.

Fuente: Sumano y Ocampo (2006).

Sin embargo, el SENASICA ha reportado un listado en donde las sustancias nitrovina, nitrofurazona, furazolidona, carbadox y olaquinox quedan prohibidas para uso o consumo en animales destinados al abasto, con la finalidad de proteger la salud humana, el bienestar de los animales y la inocuidad de los cárnicos que llegan a la mesa de los mexicanos (SAGARPA, 2018).

Krishnasamy *et al.* (2015), estimaron que 38,5 millones de kg de antimicrobianos se consumieron en la producción de carne de cerdo y aves de corral de China durante el 2012. Entre todos los antibióticos, las tetraciclinas fueron las más consumidas en la producción porcina a diferencia de lo encontrado por Zhang *et al.* (2015), al realizar una encuesta de mercado sobre el uso de los 36 antibióticos principales en China, incluidas sulfonamidas, tetraciclinas, fluoroquinolonas, macrólidos, β -lactámicos (penicilinas y cefalosporinas), cloranfenicoles, lincomicina y otros. Encontraron que la cantidad total de antibióticos utilizados para la cría porcina de China fue de 48,4 millones de kg en 2013. De todos los antibióticos consumidos en la cría porcina al menos en China, las fluoroquinolonas y las β -lactámicos contribuyeron con más de la mitad.

1.1 Antibióticos como promotores de crecimiento

Ante la situación de vulnerabilidad y más aun de carencia de alimentos de origen animal en que se encontraba Europa después de la segunda guerra mundial, la oportunidad de mercado que percibieron los países americanos propició de modo extremo el uso de muchas sustancias y productos que implicaran obtener mayor cantidad de alimentos en el menor tiempo posible, con el objetivo de abastecer y alimentar a toda una población, además de hacer a Europa autosuficiente (Estévez, 2016).

De tal manera, que en poco tiempo se usaron sustancias promotoras en los alimentos para animales, y se consideraron como las mejores alternativas dada su eficacia; se fomentó la investigación en este ámbito y se autorizaron todo tipo de moléculas para suministro al ganado. Como sucedió con los antibióticos, descubiertos en 1946 por investigadores estadounidenses, que al añadirlos en mínimas cantidades en la dieta por determinados periodos lograban acelerar el crecimiento animal asociados a diferentes etapas (Anadón, 2007; Valladares *et al.*, 2013).

Principalmente los grupos de antibióticos que se utilizaban para este fin era penicilinas y tetraciclinas (donde a mayores dosis tenían actividades terapéuticas) (Errecalde, 2004). Sin embargo, en poco tiempo se dieron críticas a esta práctica, debido a la utilización de estas sustancias en Medicina humana por los efectos “adversos” que empezaron a suscitarse en el humano (Ranilla y Carro, 2000).

1.2 Antibióticos o inhibidores

Los antibióticos son compuestos químicos complejos, sintetizados por diversos organismos vivos y que poseen claros efectos antimicrobianos amplios o selectivos (Zakeri y Lu, 2013). Su estructura molecular y características químicas les permiten inhibir, a bajas concentraciones el metabolismo de ciertos microorganismos, produciendo su muerte o inhibiendo su crecimiento, desarrollo y multiplicación (Euskadi, 1996).

Pueden tener un origen natural o biológico el cual se obtiene de cultivos de microorganismos que pueden ser hongos o bacterias. De origen semisintético, a partir de un núcleo básico de un agente obtenido de forma natural, modificando algunas de sus características químicas, para mejorar sus propiedades, por ejemplo, aumentar su actividad, ampliar su espectro de acción, facilitar su administración o disminuir efectos indeseables (Paredes y Roca, 2004).

1.3 Uso de antibióticos en la alimentación en cerdos

Fue hasta 1951, que la FDA (United States Food and Drug Administration) aprobó el uso de antibióticos en los alimentos para animales sin necesidad de prescripción veterinaria, desde entonces se han utilizado como promotores de crecimiento animal (Brizuela *et al.*, 2009). Las penicilinas y tetraciclinas los grupos de antibióticos que normalmente se utilizaban, donde a mayores dosis tenían actividades terapéuticas (Errecalde, 2004).

Los promotores de crecimiento animal normalmente se adicionan en una ración a bajas concentraciones, en un rango entre 2.5 y 125 mg/kg de alimento, dependiendo del agente y de las especies tratadas. La “función” de estas sustancias es incrementar la velocidad de crecimiento y el índice de conversión alimenticia; en pollos de engorde de 3 a 5 %, en terneros de 4 a 5 %, más de un 10% en vacuno de carne (Armstrong, 1984) y alrededor del 5 % en cerdos en crecimiento desde el destete hasta los 60 kg (English *et al.*, 1992).

Estos compuestos antimicrobianos se han utilizado con el objetivo de promover el crecimiento, mejorar la calidad alimentaria y prevenir enfermedades en los animales; sin embargo, este enfoque ha generado inquietudes en términos de resistencia antimicrobiana, impacto antrópico y seguridad alimentaria. Los antibióticos se han incorporan a las dietas porcinas para promover el crecimiento acelerado, también se ha observado que estas sustancias tienen efectos positivos en la ganancia de peso y la eficiencia alimenticia (Miling, 2023).

El uso de antibióticos de manera preventiva en la alimentación porcina también se ha implementado para disminuir el riesgo de enfermedades en condiciones de alta densidad poblacional y estrés ambiental, donde los cerdos son una especie más propensos a infecciones, y los antibióticos se utilizan para mitigar dicho riesgo; sin embargo se ha continuado observando que ante una exposición frecuente a dosis subterapéuticas se sigue representando riesgos en general por la presencia de resistencia bacteriana (Ayala *et al.*, 2022).

Además, la eliminación de antibióticos por medio de los desechos de los animales puede tener consecuencias ambientales significativas a los microorganismos benéficos, contribuir a la contaminación y potencialmente afectar a otras especies, debido a la creciente resistencia antimicrobiana, varias regiones en diferentes países han implementado restricciones y regulaciones en la utilización de antibióticos en la alimentación animal; en relación al desarrollo y utilización de antibióticos en cerdos, se ha incluido probióticos, prebióticos, ácidos orgánicos y fito bióticos, que buscan mantener la salud intestinal y promover un desarrollo saludable sin recurrir a los antibióticos (Álvarez *et al.*, 2020).

1.4 Antibióticos como promotores de crecimiento en cerdos

Los antibióticos promotores de crecimiento son compuestos, ya sean de origen natural o sintético, con efectos farmacológicos que se suministran a animales sanos a través de su alimentación para estimular el aumento de peso y mejorar la eficiencia en la conversión alimenticia. Estos aditivos pueden clasificarse en tres categorías distintas: 1) antibióticos y agentes quimioterapéuticos, estos actúan sobre la microflora bacteriana del tracto digestivo en concentraciones entre 30 y 100 mg/L, que son administrados de manera sistémica durante periodos prolongados; 2) sustancias ionóforas; y 3) anabolizantes, compuestos de naturaleza hormonal en su mayoría, que actúan como promotores de crecimiento al influir en el metabolismo animal (Loor, 2024).

El uso de estos fármacos en el sector veterinario es de gran importancia, como se evidencia en la distribución de los productos dentro del mercado mundial de Sanidad Animal y Nutrición desde el año de 1998, el sector farmacológico represento el 44% del mercado, seguido por los sectores de aditivos con un 41% y biológicos con un 15%, en ese mismo año, los mercados europeos, incluyendo Francia, Alemania, Gran Bretaña, España e Italia, estuvieron entre los diez mercados líderes a nivel mundial; en España estos sectores representaron el 44%, 38% y 13% respectivamente, en cuanto a la distribución por especies, el sector bovino fue responsable del 32% del consumo europeo, seguido por el sector porcino con el 22%, la avicultura con el 15%, y los sectores ovino y caprino con el 6% (Loor, 2024).

Los antibióticos utilizados como aditivos promotores de crecimiento en animales destinados a la producción de alimentos son señalados como responsables de gran parte de las resistencias observadas en los patógenos que afectan al hombre, a pesar de ello, aún no se cuenta con datos concluyentes que permitan una caracterización precisa y una evaluación fiable de la generación de resistencia, se ha sugerido la posibilidad de que la presencia de microorganismos resistentes en los tejidos animales pueda transferir su información genética a los patógenos presentes en el intestino humano a través de la cadena alimentaria, lo que indica un potencial riesgo para la salud pública; estudios clínicos experimentales han documentado la resistencia de varios tipos de bacterias, como *Staphylococcus* y *Pneumococcus* a distintos tipos de antibióticos como la penicilina, la vancomicina y la meticilina (Loor, 2024).

1.5 Modo de acción de los antimicrobianos en cerdos

Los antibióticos como promotores de crecimiento son importantes para el desarrollo de los animales; la ingesta de nutrientes es una herramienta crucial en las dietas, puesto que incrementan el rendimiento y la productividad de los animales a través del control de bacterias patógenas, inhibiendo su crecimiento o controlándolas, manteniendo saludable el tracto digestivo del animal y un mayor aprovechamiento de los nutrientes de los alimentos. De la misma manera, se prevé que los antibióticos como promotores de crecimiento pueden ser tanto naturales como sintéticos empleados en la dieta de

los animales a bajas dosis para mejorar el rendimiento animal. Una de sus principales funciones es incrementar la conversión alimenticia al mejorar el crecimiento, además de otros efectos, tales como aumentar el poder nutritivo y disminuir la morbilidad y mortalidad de los animales (Reyes, 2017).

Se ha atribuido diverso modo de acción al uso de antibióticos que fomentan el crecimiento. El primer aspecto se relaciona directamente con la habilidad de los antibióticos para inhibir los microorganismos del tracto digestivo, lo cual asegura su salud y capacidad para funcionar de manera regular durante la digestión, absorción y transporte de nutrientes. El segundo factor se relaciona con un efecto indirecto en la regulación de la proliferación microbiana en el tracto. Con menos bacterias en el tracto, existe una menor producción de toxinas bacterianas; amoníaco, nitratos, aminos, que producen las bacterias y que son consideradas tóxicas para las células intestinales; además, de que pueden absorberse a la sangre y causar problemas en otras áreas del organismo (Miles, 2002).

IX. Capítulo 3. Contaminación de la carne de cerdo por antibióticos.

Para la década de 1940 con el descubrimiento de la penicilina; el uso de los antibióticos cambio el tratamiento de las infecciones bacterianas tanto para uso en humanos como para los animales. En estos tiempos los antibióticos se agregaron por primera vez a los alimentos para aves de corral de engorde para prevenir enfermedades microbianas (Garforth, 2015). Posteriormente se utilizaron con el mismo propósito en el alimento para otras especies animales destinados para el consumo. Los antibióticos pueden ayudar de diferentes maneras; cuando se utilizan en niveles bajos (subterapéuticos) en el alimento pueden mejorar la tasa de crecimiento al reducir la mortalidad y la enfermedad; por lo tanto, la conversión del pienso en el aumento de peso se vuelve más eficiente. También pueden prevenir aún más las enfermedades a niveles intermedios, mientras que los niveles altos (terapéuticos) de antibióticos se usan para el tratamiento de las enfermedades (Gunn *et al.*, 2008).

La demanda en la producción animal ha conllevado a cambios importantes en la alimentación de los cerdos tanto de pequeñas y grandes unidades de producción; sin embargo, existe una preocupación general por las posibles consecuencias adversas como la salud y el bienestar de esta especie animal, así como por la propagación de enfermedades a gran escala. Por la alta densidad de animales en las granjas porcinas se puede exacerbar el riesgo de rápida propagación de enfermedades infecciosas, ante esto el uso de una mayor cantidad de antibióticos en algunas granjas. Esto a la vez ha generado mayor preocupación con respecto al uso excesivo y abuso de antibióticos para la producción porcina intensiva, sobre todo por el riesgo que implica para los consumidores (Huang *et al.*, 2021).

En la cría de diferentes especies animales el uso de antibióticos de bajo costo puede darse de manera amplia como promotores de crecimiento en más de la mitad de los países del mundo. En países, como China que es el mayor productor y consumidor de carne de cerdo en el mundo, se utiliza una enorme cantidad de antibióticos para sustentar su producción (Huang *et al.*, 2021). En el estudio realizado por Ritter *et al.*

(2017), para identificar los antibióticos utilizados en las granjas porcinas de China informaron del uso extensivo de antibióticos dentro de los cuales las principales clases han sido las sulfonamidas, tetraciclinas, fluoroquinolonas, macrólidos y β -lactámicos.

De acuerdo con los reportes realizados por Ji *et al.* (2011), y de Xia *et al.* (2013), la producción de carne de cerdo en Xinjiang (China) aumentó de 0,025 millones de toneladas en 1978 a 0,231 millones de toneladas en 2010. A pesar de la falta de datos sobre el consumo de antibióticos en las granjas porcinas de Xinjiang, la concentración y la tasa de detección de residuos de antibióticos en muestras de estiércol porcino fueron más altas que las del estiércol de pollo y el estiércol de vaca.

La concentración de tetraciclina en el estiércol porcino fue la más alta, seguida de las sulfonamidas y las quinolonas. En el lago Aibi, fueron detectadas 12 especies de 14 tipos de antibióticos y las tasas de detección de cuatro tipos de antibióticos fueron del 100% en muestras de agua, con la concentración promedio más alta de 54,37 ng L⁻¹ (Cheng *et al.*, 2007).

El uso de antibióticos es una práctica común en diferentes unidades de producción animal; sin embargo, es una situación que debe preverse, analizarse y minimizar en la industria de los alimentos, durante mucho tiempo estos antibióticos han sido sintetizados químicamente, donde en algunos casos han causado daño a la salud de los consumidores, si se llegan a utilizar a grandes dosis como en el caso de los sulfitos (Nychas, 1995).

La mayoría de los antimicrobianos alimentarios solamente son bacteriostáticos (métodos que impiden el desarrollo de gérmenes), o fungistáticos, en lugar de bactericidas (métodos que detienen el crecimiento de los hongos), o fungicidas, por lo que su efectividad sobre los alimentos es limitada. Por lo que, debido a que algunos microorganismos pueden no verse inhibidos o destruidos por las dosis recomendadas de antimicrobianos utilizados individualmente, puede ser aconsejable utilizar una combinación entre ellos, ampliando así su efectividad en la preservación de frutas o

alimentos en general (Blanchard, 2000).

La carne de cerdo es una de las más consumidas en todo el mundo; sin embargo, puede ser fuente de varias enfermedades al estar presente como contaminante de los alimentos. *Listeria* es una bacteria que causa infecciones en humanos y animales; puede ser encontrado en diferentes hábitats donde exista el contacto humano, como son plantas de procesamiento de alimentos. *Listeria monocytogenes* es una de las cepas más importantes ya que su capacidad de crecer a bajas temperaturas hace a la *Listeria* una de las cepas más importante a controlar en la inocuidad alimentaria (Dimic *et al.*, 2010). *L. monocytogenes* causa infecciones medias a severas gastroenteritis, se ha presentado en productores, médicos veterinarios y empleados de rastro. La presencia de este patógeno en cerdos puede producir contaminación cruzada durante la matanza en la evisceración (Hellstrom *et al.*, 2010; González, 2025).

Staphylococcus reside en la piel y membranas mucosas de animales de sangre caliente, es responsable de varias enfermedades en humanos; es un patógeno de los más resistentes a los antibióticos (Willey *et al.*, 2009). Los cerdos tienen un papel muy importante en la transmisión de cepas resistentes a los antibióticos, especialmente *S. entérica* subsp. *arizonae*, a humanos (Boyen *et al.*, 2008; Padilla, 2024). Las cepas de mayor importancia son las resistentes a antibióticos, como la *Staphylococcus aureus* resistente a la metilicina (Beneke *et al.*, 2011). Mientras que la contaminación por *Salmonella* puede ocurrir en la cadena de producción de carne de cerdo (alimento de animales, granjas, rastros, y el empacado) (Vidic *et al.*, 2015).

La carne de cerdo es una de las principales fuentes de contaminación por organismos patógenos que pueden ocasionar enfermedades al ser humano. La principal contaminación se presenta en la producción primaria, principalmente en los rastros, lo recomendable es evitar a los patógenos en los animales en granja y evitar la contaminación cruzada por contacto con superficies no sanitizadas. Por lo que el uso de antibióticos debe ser limitado para evitar el desarrollo de cepas resistentes a dichos fármacos. Una medida para controlar estos agentes infecciosos es implementar

sistemas de desinfección en todos los niveles de producción de carne (Boyen *et al.*, 2008).

En el estudio realizado por Du y Liu (2012), refieren que el uso excesivo y el abuso de antibióticos causan contaminación ambiental (contaminación del estiércol, el suelo y el agua). Peor aún, el uso inadecuado de antibióticos conlleva riesgos para la salud humana a través de residuos de antibióticos transmitidos por los alimentos y la selección de resistencia a los antimicrobianos (RAM), y una mayor capacidad de ciertas bacterias para resistir el efecto de los tratamientos con antibióticos. Las causas de la RAM son complejas, pero cada vez más hay evidencia científica que sugiere que el uso prolongado de antibióticos en dosis bajas para la cría de animales aceleró la aparición y propagación de bacterias resistentes. En la cría de animales de producción de alimentos, la RAM puede propagarse no solo por contacto directo, sino también indirectamente. Los efectos directos son aquellos que pueden vincularse causalmente al contacto con bacterias resistentes a los antibióticos de los cerdos. Los efectos indirectos son los que resultan del contacto con organismos resistentes que se han propagado a través de alimentos, agua y aplicación de desechos animales al suelo (Landers *et al.*, 2012).

En los últimos años la preocupación por la resistencia a los antibióticos ha aumentado. En 1986, Suecia se convirtió en el primer país del mundo en prohibir el uso de algunos antibióticos en los alimentos para animales (Castanon, 2007). En 2006, los países miembros de la Unión Europea (UE) comenzaron a prohibir todos los antibióticos promotores del crecimiento de acuerdo con el Reglamento CE N° 1831/2003. Como el mayor país en desarrollo con una creciente demanda de proteína de carne, China aún no ha prohibido por completo el uso de antibióticos como promotores del crecimiento. Considerando el gran riesgo de contaminación por antibióticos en el medio ambiente (suelo y agua) y la resistencia potencial, se necesita urgentemente más investigación para el desarrollo de nuevos antibióticos o, idealmente, alternativas (Cheng *et al.*, 2014).

De acuerdo con Piddock *et al.*, (2010), y Piddock (2012), para la elaboración de antibióticos nuevos se requieren esfuerzos y trabajo, además de considerar los altos costos, así como el abordar el riesgo cada vez de mayor resistencia de varios microorganismos. Y refieren que se han aplicado varios enfoques para identificar nuevos antibióticos o complementar la eficacia de los antibióticos actualmente autorizados, como: compuestos naturales o sintéticos como inhibidores de bombas de eflujo de múltiples fármacos; inhibidores de moléculas pequeñas de factores de transcripción bacterianos; e inhibición antisentido de genes transportadores de múltiples fármacos. Y como alternativas a los antibióticos, también se ha investigado el uso de bacteriófagos y extractos de plantas.

Además, en las últimas décadas con la búsqueda de nuevos antibióticos, las alternativas/reemplazos han recibido una creciente atención. Se han explorado varios tipos de alternativas a los antibióticos para uso en los animales, como: enzimas alimentarias, agentes moduladores de la inmunidad, bacteriófagos y sus lisinas, péptidos antimicrobianos, probióticos, prebióticos, simbióticos, inhibidores dirigidos a la patogenicidad, extractos de plantas y otros (Cheng *et al.*, 2014).

Sin embargo, como una alternativa ideal del uso de los antibióticos en Medicina veterinaria, se considera: no debe tener efectos secundarios tóxicos o tener efectos secundarios en los animales; ser fáciles de eliminar del organismo al que se le aplica o contener residuos a corto plazo; no inducir resistencia bacteriana; ser estables en el alimento y en el tracto gastrointestinal animal; descomponerse fácilmente y no afectar al ambiente; no afectar la palatabilidad; no destruir la flora intestinal normal de los animales; matar o inhibir el crecimiento de bacterias patógenas; mejorar la resistencia del organismo a la enfermedad; mejorar la eficiencia alimentaria y promover el crecimiento animal; y tener buena compatibilidad. De hecho, no existen alternativas a los antibióticos que actualmente cumplan con todos los requisitos mencionados anteriormente (Cheng *et al.*, 2014). Los productos vegetales naturales y sus derivados han sido explorados por sus propiedades antimicrobianas, antiinflamatorias, antioxidantes y antiparasitarias (Liu *et al.*, 2013; Bontempo *et al.*, 2014).

X. LÍMITE DE ESPACIO

El trabajo se realizó en las salas de estudio y bancos de información (base de datos), de los siguientes centros:

- Biblioteca Central del Cerrillo Piedras Blancas, de la Unidad *Campus* el Cerrillo de la Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Estado de México, México.
- Biblioteca de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Instituto Nacional de Investigación y Fomento Agropecuario (INIFAP) de Palo Alto. México.
- Biblioteca del Instituto de Investigaciones Biomédicas. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

XI. LÍMITE DE TIEMPO

El trabajo se realizó en el período comprendido de julio a diciembre de 2024; para la elaboración del documento se incluyó la información más relevante.

En donde destacan las fases de recolección y búsqueda de información, análisis y redacción del documento.

Cronograma de actividades

Actividad	Jun. 2024	Julio 2024	Agos- Sep.2024	Oct-Dic. 2024
Recolección y búsqueda de información	X	X		
Análisis y elaboración de fichas bibliográficas	X	X		
Redacción del protocolo	X	X	X	
Redacción del documento final			X	X

XII. CONCLUSIONES

Ante la necesidad de mantener la salud de los cerdos se han utilizado diversos antibióticos con el fin de disminuir la mortalidad de los animales en etapas tempranas generando residuos en diferentes medios, principalmente en la carne, lo que ha ocasionado resistencia bacteriana.

La tendencia actual en la producción porcina es la disminución de los antibióticos en la alimentación de las dietas de cerdos por lo que es indispensable considerar otras alternativas al uso de estas sustancias.

La utilización de antibióticos debe tener un control sobre el costo-beneficio, mejorando el proceso en la cadena alimentaria y que estos beneficios mejoren la salud pública.

XIII. LITERATURA CITADA

Aceijas, Q. W. (2017). Uso de *Saccharomyces cerevisiae* en el alimento de cerdos en acabado. Facultad de Zootecnia, Departamento Académico de Producción Animal. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.

Acevedo, D., Montero, P. M., Jaimes, J. D. C. (2015). Determinación de Antibióticos y Calidad Microbiológica de la Carne de Pollo Comercializada en Cartagena (Colombia). *Información tecnológica*, 26(1): 71-76.

Álvarez, C., Ruedas, I, Larenas, F. (2020). Alternativas nutricionales al uso de antibióticos y oxido de zinc en la industria porcina. *Revista Portal Veterinaria*, 3(1), 1-15.
Disponble en:
<https://www.portalveterinaria.com/porcino/articulos/41687/alternativasnutricionales-al-uso-de-antibioticos-y-oxido-de-zinc-en-la-industriaporcina.html> (Consultado 15 de julio 2024).

Anadón, N. A. R. (2007). Antibióticos de uso veterinario y su relación con la seguridad alimentaria y salud pública. Discurso de ingreso en la Real Academia de Ciencias Veterinarias de España. Madrid. Disponible en:
<http://www.racve.es/publicaciones/antibioticos-de-uso-veterinario-y-su-relacion-con-la-seguridad-alimentaria-y-salud-publica-discurso-de-ingreso-pronunciado-por-el-excmo-sr-dr-d-arturo-ramon-anadon-navarro-en-el-acto-de-toma-de-po/>. (Consultado 11 de julio 2024).

Anderson, D. B., McCracken, J. J., Aminov, R. I., Simpson, J. M., Mackie, R. I., Verstegen, M. W. A., Gaskins, H. R. (1999). Gut microbiology and growth-promoting antibiotics in swine. *Pig News & Information*, 20(4):115N-122N.

Angel, M. (2013). Uso de probióticos en la nutrición de monogástricos como alternativa para mejorar un sistema de producción. Especialidad en Nutrición Animal Sostenible. Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarias y del Medio Ambiente. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Colombia.

Arbeláez, P., Cardona, C. (2009). Implementación de un esquema de comercialización de semen porcino para el suroeste antioqueño. Monografía

presentada como requisito parcial para optar el título de Especializante Gestión Empresarial, Escuela de Ingeniería de la Organización Especialización en Gestión empresarial, Universidad Nacional de Colombia, Colombia.

Armstrong, D. G. (1984). Antibiotics as feed additives for ruminant livestock. In *Antimicrobials and Agriculture*. Butterworths, London, U.K. 331-347 pp.

Ayala, D., Peralvo, J., Madril, K. (2022). Suplementos alimenticios en porcicultura como alternativa a los antibióticos. *Revista Alfa Publicaciones*, 4(3): 39-65.

Beneke, B., Fetsch, A., Klees, S., Kraushaar, B. (2011). Prevalence of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in a fresh meat pork production chain. *Journal of Food Protection* 74(1): 126-129.

Blanchard, J. (2000). Los antimicrobianos refuerzan la seguridad en los alimentos. Disponible en: <http://www.directoalpaladar.com/2006/10/28-los-antimicrobianos-naturales-refuerzan-la-seguridad-en-los-alimentos> (Consultado 8 de octubre 2024).

Bontempo, V., Jiang, X. R., Cheli, F., Lo Verso, L., Mantovani, G., Vitari, F., Domeneghini, C., Agazzi, A. (2014). Administration of a novel plant extract product via drinking water to post-weaning piglets: effects on performance and gut health. *Animal*. 8(5):721-730.

Boyen, F., Haesebrouck, F., Maes, D., Van Immerseel, F., Ducatelle, R., Pasmans, F. (2008). Non-typhoidal *Salmonella* infections in pigs: a closer look at epidemiology, pathogenesis and control. *Veterinary Microbiology* 130: 1-19.

Brizuela, M. A., Serrano, P., Almazán, O., Rodríguez, J. A., Camps, D. M., Bueno, G., Delgado, G., Iglesias, I., Tortoló, K., Ibáñez, M. (2009). Probióticos y enzimas. Una alternativa natural al empleo de antibióticos. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, XLIII (2):30-36. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223120662005>. (Consultado 18 de junio 2024).

Castanon J. (2007). History of the use of antibiotic as growth promoters in European poultry feeds. *Poultry Sci*. 86:2466-2471.

Cheng, J., Yu, Z., Michel, F.C., Morrison, M. (2007). Development and application of real-time pcr assays for quantification of erm genes conferring resistance to macrolides-lincosamides-streptogramin b in livestock manure and manure

management systems. *Environ Microbiol.* 73:4407-4416.

Cheng, G., Hao, H., Xie, S., Wang, X., Dai, M., Huang, L., Yuan, Z. (2014). Antibiotic alternatives: the substitution of antibiotics in animal husbandry? *Front Microbiol.* 5: 217.

Coen, K., Flannagan, R. S., Baron, S., Carraro-Lacroix, L. R., Wang, D., Vermeire, W., Annaert, W. (2012). Lysosomal calcium homeostasis defects, not proton pump defects, cause endo-lysosomal dysfunction in PSEN-deficient cells. *Journal of Cell Biology*, 198(1): 23-35.

Dimic, G. R., Kocic-Tanackov, D., Jovanov, O. O., Cvetkovic, D. D., Markov, S. L., Velicanski, A. S. (2010). Presence of *Listeria* species in fresh meats from retail markets in Serbia. *Acta Periodical Technological* 41: 1-6.

Dobson, A. P., Pimm, S. L., Hannah, L., Kaufman, L., Ahumada, J. A., Ando, A. W., Bernstein, A., Busch, J., Daszak, P., Engelmann, J., Kinnaird, M. F., Li, B. V., Loch-Temzelides, T., Lovejoy, T., Nowak, K., Roehrdanz, P. R., Vale, M. M. (2020). Ecology and economics for pandemic prevention. *Science*. 369(6502):379-381.

DOUE. (2019). Reglamento (UE) 2019/4 del parlamento europeo y del Consejo de 11 de diciembre de 2018 relativo a la fabricación, la comercialización y el uso de piensos medicamentosos, por el que se modifica el Reglamento (CE) No 183/2005 del Parlamento Europeo y del Consejo y se deroga la Directiva 90/167/CEE del Consejo. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2019/4/oj> (Consultado 10 de julio de 2024).

Du, L. F., Liu, W. K. (2012). Occurrence, fate, and ecotoxicity of antibiotics in agro-ecosystems. A review *Agron Sustain Dev.* 32:309-327.

English, P. R., Fowler, V. R., Baxter, S., Smith, W. J. (1992). Crecimiento y finalización del cerdo, cómo mejorar su productividad. C. Alimentos y alimentación. Manual Moderno. México, D. F. 186-217 pp.

Errecalde, J. O. (2004). Uso de antimicrobianos en animales de consumo. FAO, Producción y Sanidad animal. 61 pp. Disponible en: <http://www.fao.org/3/y5468s/y5468s00.htm>. (Consultado 13 de julio de 2024).

Estévez, R. R. M. (2016). Estudio histórico del uso y prohibición de los promotores de crecimiento en la ganadería española. Tesis doctoral. Facultad de

Veterinaria. Universidad Complutense de Madrid. Madrid. 391 pp.

Euskadi. (1996). Residuos de medicamentos de uso veterinario. Guía Osakidetza Euskadi. 102-123 pp. Disponible en: http://www.euskadi.net/r33-2288/es/contenidos/informacionsanidad_alimentaria/es_1247/adjuntos/vigila9516a.pdf f. (Consultado 25 de junio de 2024).

FAO. (2010). Manejo Sanitario Eficiente de los Cerdos. Cartilla básica No.2, Programa Especial para Seguridad Alimentaria (PESA), Nicaragua: 1-40.

FIRA. (2016): “Panorama Agroalimentario”. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200634/Panorama_Agroalimentario.Carne_de_Cerdo_2016.pdf, (Consultado 11 de julio 2024).

FIRA. (2017). “Panorama Agroalimentario”. en: <http://www.ugrpg.org.mx/pdfs/Panorama%20Agroalimentario%20Carne%20de%20cerdo%202017.pdf> (Consultado 13 de julio 2024).

Garforth, C. (2015). Livestock keepers' reasons for doing and not doing things which governments, vets and scientists would like them to do. *Zoonoses Public Health*. 62 (1):29-38.

Gatica, M. A., Rojas, H. (2018). Gestión sanitaria y resistencia a los antimicrobianos en animales de producción. *Rev. Perú Med. Exp. Salud Publica*. 35(1):118-25.

Germán, C. (2005). Manual del participante: Producción de cerdos. Colegio de Postgrados, México.

González, A.C. (2025). *Listeria monocytogenes* un patógeno de importancia en salud animal y salud pública. Tesina de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. FMVZ- UAEMéx.

Guerrero, J., Mario, C. (2015). Mejorar el manejo de lavazas con las que se alimentan a los cerdos de la granja porcícola de la cárcel de palmira, Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de Tecnólogo en producción Animal, Escuela de ciencias agrícolas, pecuarias y medio ambiente, Universidad Nacional Abierta y a Distancia “UNAD”, Colombia.

Gunn, G. J., Heffernan, C., Hall, M., McLeod, A., Hovi, M. (2008). Measuring and comparing constraints to improved biosecurity amongst GB farmers, veterinarians and

the auxiliary industries. Prev Vet Med. 84(3-4):310-323.

Guzmán, L.E., Espitia, Y.C., Berthel, L. (2012). Presencia de lincomicina como promotor de crecimiento en carne de pollo comercializado en supermercados de Cartagena, Colombia. Vitae: 19(1): 328-330.

Hellstrom, S., Laukkanen, R., Siekkinen, K. M., Ranta, J., Maijala, R., Korkeala, H. H. (2010). *Listeria monocytogenes* contamination in pork can originate from farms. Journal of Food Protection 73(4): 641-648.

Hocquette, J. F., Botreau R., Legrand I., Polkinghorne R., Pethick D. W., Lherm M., Picard B., Doreau M., Terlouw E. (2014). Win-win strategies for high beef quality, consumer satisfaction, and farm efficiency, low environmental impacts and improved animal welfare. Anim. Prod. Sci. 54:1537-1548.

Hoyos, L.M. (2015). Inseminación tradicional vs pos cervical en cerdas de alto valor genético, Trabajo de grado para optar al título de zootecnista, Facultad de Ciencias Administrativas y Agropecuarias, Colombia.

Huang, W., Juan, Q., Jianqiang, L. (2021). Prevention and control of major pig diseases: Research on the mechanism of biosafety behavior of pig farmers - Based on the survey data of four provinces (cities) J. Agric. For. Econ. Manag. 20:511-522.

Iglesias, R. A. E., Ortiz, M. A. R., Juárez, M. M. L., Guevara, G. J. A., Córdova, I. A. (2018). Comportamiento de la porcicultura mexicana de los años 1970 a 2017. Una revisión documental sobre su desempeño.

Izquierdo, P. (2010). Extracción de oxitetraciclina en carne de pollo: estudios de rendimiento con aumento de la fase polar del solvente de extracción: Revista Científica: 20(4): 430-435.

Ji, X. L., Liu, F., Shen, Q. (2011). Quantitative detection of sulfonamides and tetracycline antibiotics and their resistance genes in farm wastewater. Chinese J Eco Environ Sci. 20:927-933.

Jones, F., Ricke, S. (2003). Observations on the history of the development of antimicrobials and their use in Poultry Feeds. Poultry Science 82:613–617.

Jurado, R. S. (2012). Análisis de resistencias a antimicrobianos en aislados de *Escherichia coli* procedentes de cerdos tratados por vía oral con diferentes dosis de colistina. Tesis doctoral. Facultad de Veterinaria. Universidad Complutense de Madrid. Madrid.

Kim, J., Ahn, J. (2022). Emergence and spread of antibiotic-resistant foodborne pathogens from farm to table. *Food Sci Biotechnol.* 31(12):1481-1499.

Krishnasamy, V., Otte, J., Silbergeld, E. (2015). Antimicrobial use in Chinese swine and broiler poultry production. *Antimicrob Resis Infect Control.* 4:1-9.

Landers, T. F., Cohen, B., Wittum, T. E., Larson, E. L. (2012). A Review of antibiotic use in food animals: perspective, policy, and potential. *Public Health Rep.* 127:4-22.

Lawson, S. E. J. (1999). El uso de los antibióticos en producción animal y la resistencia antimicrobiana. RIMSA. Reino Unido. Disponible en: doc477.pdf (Consultado 13 de julio 2024).

Lázaro, C., Carcelén, F., Torres, M., Ara, M. (2005). Efecto de probióticos en el alimento de marranas sobre los parámetros productivos de lechones. *Revista de Investigación Veterinaria del Perú.* 16 (2): 97-112.

Liu, Y., Song, M., Che, T. M., Almeida, J. A., Lee, J. J., Bravo, D., Maddox, C. W., Pettigrew, J. E. (2013). Dietary plant extracts alleviate diarrhea and alter immune responses of weaned pigs experimentally infected with a pathogenic *Escherichia coli*. *J Anim Sci.* 91(11):5294-5306.

Loor, S. G. L. (2024). Estrategias de producción que permitan la reducción del uso de antibióticos en la alimentación de cerdos en crecimiento. Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Ecuador.

Luzuriaga, J. (2010). Evaluación de tres promotores de crecimiento en el engorde de cerdos Landrace x Yorkshire en la Parroquia Purunuma Cantón Gonzanamá. Tesis para optar el título de Ingeniero en Producción, Educación y Extensión Agraria. Área Agropecuaria y de Recursos Renovables. Universidad Nacional de Loja. Ecuador.

Mellon, M., Benbrook, C., Benbrook, K. (2001). *Hogging It: Estimates of Antimicrobial Abuse in Livestock.* Cambridge, MA: UCS Publications.

Miles, R. (2002). Porqué usamos antibióticos como promotores de crecimiento en primera instancia. *Feeding Times* 7 (1):6.

Miling, D. C. (2023). Antibióticos en lechones - destetados y el papel de las proteínas alimentarias en su reducción. *Revista Milingandgrain,* 10(1):1-7.

Molero, G.L. (2006). Residuos de enrofloxacin en tejido hepático y muscular de

Uso de promotores del crecimiento en el cerdo. El caso de los antibióticos.
pollos beneficiados en el municipio de San Francisco del estado de Zulia, Venezuela,
Revista Científica: 16(6): 629-633.

NRC. (1998). Nonnutritive Feed Additives. Nutrient Requirements of Swine: 10th Revised Edition. Washington, DC: The National Academies Press. 97 pp.

Nychas, G. (1995). Natural Antimicrobials from plants. En: New Methods of food preservation. G.W. Gould. Blakie Academia y Professional. Glasgow. 1-21.

Organization for Economic Co-Operation and Development. (2003). Agriculture Trade and the Environment: The Pig Sector.

Padilla, A.S.E. (2024). *Salmonella* spp. un patógeno de riesgo en la calidad e inocuidad de alimentos de origen animal. Tesina de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. FMVZ- UAEMéx.

Paredes, F., Roca, J. J. (2004). Acción de los antibióticos. Perspectiva de la medicación antimicrobiana. 23 (3): 116-124.

Piddock, L. J. V., Garvey, M. I., Rahman, M. M., Gibbons, S. (2010). Natural and synthetic compounds such as trimethoprim behave as inhibitors of efflux in Gram-negative bacteria. J Antimicrob Chemother. 65:1215-11223.

Piddock, L. J. V. (2012). The crisis of no new antibiotics-what is the way forward? Lancet Infect Dis., 12:249-253.

PorciNews.com (2024). Producción porcina en México: datos clave del primer trimestre. En: Producción Porcina en México 2024: Datos Clave (porcinews.com)

Prescott, J.F. (2006). History of Antimicrobial Usage in Agriculture: an Overview. En Antimicrobial Resistance in Bacteria of Animal Origin. F.M. Aarestrup, ASM Press.

Ranilla, M. J., Carro, M. D. (2000). Antibióticos como aditivos en la alimentación animal. Departamento de producción animal I. Mundo Ganadero 126: 32-35.

Reyes, A. (2017). Efecto de la infusión de *Lippia alba* en los parámetros productivos y control bacteriano en pollos de engorde. Machala: UTMACH.

Ritter, C., Jansen, J., Roche, S., Kelton, D. F., Adams, C. L., Orsel, K., Erskine, R. J., Benedictus, G., Lam, T. J. G. M., Barkema, H. W. (2017). Invited review: Determinants of farmers' adoption of management-based strategies for infectious disease prevention and control. J Dairy Sci., 100(5):3329-3347.

Roca, I., Akova, M., Baquero, F., Carlet, J., Cavaleri, M., Coenen, S., Cohen, J., Findlay, D., Gyssens, I., Heuer, O. E., Kahlmeter, G., Kruse, H., Laxminarayan, R.,

Liébana, E., López-Cerero, L., MacGowan, A., Martins, M., Rodríguez-Baño, J., Rolain, J. M., Segovia, C., Sigauque, B., Tacconelli, E., Wellington, E., Vila, J. (2015). The global threat of antimicrobial resistance: science for intervention. *New Microbes New Infect.*, 16 (6):22-29.

SAGARPA (2018). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/emite-sagarpalistado-de-sustancias-prohibidas-para-consumo-animal>. (Consultado 13 de julio de 2024).

Salas, C. (2012). Características, distribución y perspectivas del cerdo criollo en América latina, Coahuila, Monografía presentada como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Agrónomo Zootecnista, Departamento de Producción Animal, Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, México.

Sumano, L. H. S., Ocampo, C. L. (2006). Farmacología veterinaria. 3ª ed. McGraw Hill Interamericana Editores S.A. de C.V. México. pp.361-375.

Valladares, C.B., Montes de Oca, J.R., Zamora, E.J.L., Velázquez, O.V., Posadas M.E., Peña, B.S.D. (2013). Influence of the use of additives and growth promoters on the herd health. In: Salem AFZM. Feed nutrients and animal health. Roles of some nutrients in animal health. Deutschland: Lambert Academic Publishing.

Valladares, C.B., Velázquez, O.V., Fuentes, R.E., Peña, B.S.D. (2015a). Repercusiones en salud pública de los residuos de antibióticos y desparasitantes en la leche. En: Estudios socioeconómicos y ambientales de la ganadería. Universidad Autónoma de Chapingo. México. pp. 549.

Valladares, C.B., Velázquez, O.V., Alonso, F.U., Ortega, S.C., Zamora, E.J.L., Fuentes, R.E., Peña, B.S.D. (2015b). Antibióticos como contaminantes de la leche. En: Producción y calidad de la leche. Universidad Autónoma de Sinaloa- Juan Pablos Editor. México. pp. 413-428.

Vidic, B., Savic S., Prica, N., Suvajdzic, L. (2015). Epizootiology and control measures farm Salmonella in pigs. *Proceeding in Food Science*, 5:312-315.

Wang, T., Sun, Y., Qiu, H. J. (2018). African swine fever: an unprecedented disaster and challenge to China. *Infect Dis Poverty*. 7(1):111.

Willey, J. M., Sherwood, L. M., Woolverton, C. J. (2009). Microbiología de Prescott, Harley y Klein, 7ª ed. Madrid, Mc Graw Hill.

Xia, L., Zhao, H., Mikeremu, S., Cheng, T., Gao, P. (2013). Survey on antibiotic resistance of *E. coli* isolated from different growth stage pigs in a pig farm of Xinjiang. Chinese J Animal Husb Vet Med. 40:216-219.

Zakeri, B., Lu, T. K. (2013). Synthetic biology of antimicrobial discovery. ACS Synthetic Biology, 2(7):358-372.

Zhang, Q. Q., Ying, G. G., Pan, C. G., Liu, Y. S., Zhao, J. L. (2015). Comprehensive evaluation of antibiotics emission and fate in the river basins of China: source analysis, multimedia modeling, and linkage to bacterial resistance. Environ Sci Technol. 49:6772-6782.