

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA**



**ESTUDIO RETROSPECTIVO DEL PERFIL DE
RESISTENCIA ANTIMICROBIANA DE GÉNEROS
BACTERIANOS AISLADOS, PROVENIENTES DE
MUESTRAS CLÍNICAS DE ANIMALES, EN EL
LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA DE LA FMVZ DE LA
USAC EN EL PERÍODO DEL 2016 – 2019.**

ROBERTO CARLOS RUIZ LEMUS

Médico Veterinario

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2023

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA**



**“ESTUDIO RETROSPECTIVO DEL PERFIL DE RESISTENCIA
ANTIMICROBIANA DE GÉNEROS BACTERIANOS AISLADOS,
PROVENIENTES DE MUESTRAS CLÍNICAS DE ANIMALES, EN EL
LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA DE LA FMVZ DE LA USAC
EN EL PERÍODO DEL 2016 – 2019.”**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTANDO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD

POR

ROBERTO CARLOS RUIZ LEMUS

Al conferírsele el título profesional de

Médico veterinario

En el grado de licenciado

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2023

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
JUNTA DIRECTIVA**

DECANO:	M.A. Rodolfo Chnag Shum
SECRETARIO (A):	M. Sc. Lucrecia Emperatriz Motta Rodríguez
VOCAL I:	M. Sc. Juan José Prem González
VOCAL II:	Lic. Zoot. Miguel Ángel Rodenas Argueta
VOCAL III:	M. V Edwin Rigoberto Herrera Villatoro
VOCAL IV:	Br. Cesar Francisco Monzón Casatellanos
VOCAL V:	P. Agr. Jorge Pablo Rosales Roca

ASESORES

DRA. JACQUELINE ESCOBAR MUÑOZ.
M.V. MARÍA ANDREA CARBONELL PILOÑA.

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con lo establecido por los reglamentos y normal de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración el trabajo de graduación titulado:

**“ESTUDIO RETROSPECTIVO DEL PERFIL DE RESISTENCIA
ANTIMICROBIANA DE GÉNEROS BACTERIANOS AISLADOS,
PROVENIENTES DE MUESTRAS CLÍNICAS DE ANIMALES, EN EL
LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA DE LA FMVZ DE LA USAC
EN EL PERÍODO DEL 2016 – 2019.”**

Que fuera aprobado por la Honorable Junta Directa de la Facultad de
Medicina Veterinaria y Zootecnia

Como requisito previo a optar al título de:

MÉDICO VETERINARIO

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

ACTO QUE DEDICO A:

- A MI:** Gracias por mantener la paciencia, perseverancia y confianza de que todo saldrá a su debido tiempo, de no rendirme a pesar de los muchos miedos e inseguridades personales. Por seguir creyendo en mí y en el enorme potencial que poseo.
- AI UNIVERSO/DIOS:** Gracias por poner a las personas y las circunstancias en soñiel tiempo y momento adecuado. Por protegerme y hacer amar mi carrera todos los días
- A MIS PADRES:** Gracias por su amor incondicional, por mantener su apoyo y sobre todo motivarme a seguir adelante todos los días.
- A MIS HERMANAS:** Gracias por siempre estar presente y escuchar cuando más lo necesitaba.
- A GABRIEL:** Gracias por todo el apoyo que me diste en su momento.
- A MIS ASESORES:** Gracias por la paciencia, tiempo y el conocimiento que me brindaron en esta larga trayectoria. Son y serán ejemplos de vida que atesorare en mi mente y corazón.

ÍNDICE

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1 OBJETIVO GENERAL:.....	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1. RESISTENCIA ANTIMICROBIANA	4
3.2. LA PREOCUPACIÓN MUNDIAL POR LA RESISTENCIA ANTIMICROBIANA	5
3.3. ANTIBIÓTICOS EN MEDICINA VETERINARIA	6
3.4. ANTIBIÓTICOS.....	7
3.5. CLASIFICACIÓN	8
3.6. LA SELECCIÓN DE ANTIBIÓTICOS	8
3.7 MECANISMO DE RESISTENCIA ANTIMICROBIANA.	11
3.8 ANTIBIÓTICOS BETA-LACTÁMICOS	13
3.9 ANTIBIÓTICOS QUINOLONAS	13
3.10 ANTIBIÓTICOS TETRACICLINAS.....	13
3.11 TRIMETOPRIMA-SULFAMETOXAZOL.....	13
3.12 RESISTENCIA ANTIMICROBIANA EN MEDICINA VETERINARIA.....	13
3.13 ASPECTOS DE LA RESISTENCIA EN <i>STAPHYLOCOCCUS</i> SP.	15
3.14 ASPECTOS DE LA RESISTENCIA DE <i>ENTEROBACTERIAS</i>	16
3.15 ASPECTOS DE LA RESISTENCIA DE LA <i>PSEUDOMONAS AERUGINOSA</i>	16
3.16 ANTIBIOGRAMA	17
3.17 PROCEDIMIENTO DE AISLAMIENTOS	18
3.18 EL PAPEL DE LA GANADERÍA EN LA RESISTENCIA ANTIMICROBIANA... ..	19

3.19 ESTUDIOS DE LA RESISTENCIA ANTIMICROBIANA EN GUATEMALA. ...	20
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	22
4.1 MATERIALES	22
4.2 METODOLOGÍA	22
4.3 VARIABLE INDEPENDIENTE	23
4.4 VARIABLES DEPENDIENTES	23
4.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS	23
4.6 MANEJO DEL ESTUDIO	23
V. RESULTADOS.....	24
VI. DISCUSIÓN	42
VII. CONCLUSIONES	47
VIII. RECOMENDACIONES.....	48
IX. RESUMEN	49
SUMMARY	50
X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
XI. ANEXOS.....	61

ÍNDICE DE CUADROS.

CUADRO 1 Agentes antimicrobianos veterinarios de importancia crítica.....	10
CUADRO 2. Géneros bacterianos aislados de muestras clínicas de animales en el laboratorio de microbiología de la fmVZ de la USAC 2016 al 2019.....	20
CUADRO 3. Comportamiento de <i>staphylococcus</i> sp. <i>beta hemolítico</i> frente a distintos antibióticos de muestras clínicas de animales remitidas al laboratorio de microbiología de la fmVZ de la USAC del año 2016 al 2019.....	22
CUADRO 4. Comportamiento de <i>staphylococcus</i> sp. <i>no hemolítico</i> frente a distintos antibióticos de muestras clínicas de animales remitidas al laboratorio de microbiología de la fmVZ de la USAC del año 2016 al 2019.....	24
CUADRO 5. Comportamiento de <i>streptococcus</i> sp. frente a distintos antibióticos de muestras clínicas de animales remitidas al laboratorio de microbiología de la fmVZ de la USAC del año 2016 al 2019.....	26

CUADRO 6. Comportamiento de *escherichia coli* frente a distintos antibióticos de muestras clínicas de animales remitidas al laboratorio de microbiología de la fmvz de la usac del año 2016 al 2019.....28

CUADRO 7. comportamiento de *pseudomonas* sp. frente a distintos antibióticos de muestras clínicas de animales remitidas al laboratorio de microbiología de la fmvz de la usac del año 2016 al 2019.....30

CUADRO 8. Porcentaje de susceptibilidad y resistencia antimicrobiana observada hacia los distintos antibióticos utilizados en los antibiogramas en el año 2016.32

CUADRO 9. Porcentaje de susceptibilidad y resistencia antimicrobiana observada hacia los distintos antibióticos utilizados en los antibiogramas en el año 2017.....33

CUADRO 10. Porcentaje de susceptibilidad y resistencia antimicrobiana observada hacia los distintos antibióticos utilizados en los antibiogramas en el año 2018.....34

CUADRO 11. Porcentaje de susceptibilidad y resistencia antimicrobiana observada hacia los distintos antibióticos utilizados en los antibiogramas en el año 2019.....35

CUADRO 12. Porcentaje de resistencia antimicrobiana observada hacia los distintos antibióticos utilizados en los antibiogramas del año 2016 al 2019.....36

ÍNDICE DE FIGURAS.

- Figura 1. Géneros bacterianos aislados de muestras clínicas de animales del año 2016 al 2019.....21
- Figura 2. Comportamiento de *Staphylococcus* sp. beta hemolítico frente a distintos antibióticos de muestras clínicas de animales remitidas al laboratorio de microbiología de la FMVZ de la USAC del año 2016 al 2019.....23
- Figura 3. Comportamiento de *Staphylococcus* sp. no hemolítico frente a distintos antibióticos de muestras clínicas de animales remitidas al laboratorio de microbiología de la FMVZ de la USAC del año 2016 al 2019.....25
- Figura 4. Comportamiento de *Streptococcus* frente a distintos antibióticos de muestras clínicas de animales remitidas al laboratorio de microbiología de la FMVZ.....27
- Figura 5. Comportamiento de *Escherichia coli* frente a distintos antibióticos de muestras clínicas de animales remitidas al laboratorio de microbiología de la FMVZ.....29

Figura 6. Comportamiento de *Pseudomonas* sp. frente a distintos antibióticos de muestras clínicas de animales remitidas al laboratorio de microbiología de la FMVZ de la USAC del año 2016 al 2019.....31

I. INTRODUCCIÓN

La resistencia a los antimicrobianos se considera un problema a nivel mundial, generando repercusiones negativas sobre la salud pública y en medicina veterinaria. La Organización Internacional De Sanidad Animal (OIE), ha consolidado el concepto “Una salud” previniendo coordinadamente enfermedades que tienen efectos negativos sobre la salud pública, animal y el ecosistema que habitan conjuntamente, siendo uno de sus enfoques la lucha contra la resistencia a los antibióticos.

Los animales domésticos son considerados actualmente como potenciales transmisores que confieren resistencia a múltiples antibióticos. Según la OIE (2015), se estima que el 60% de los agentes patógenos peligrosos para el hombre son de origen animal, asimismo, la literatura afirma que la resistencia ocurre con todas las bacterias en la medida que los antibióticos no se utilicen adecuadamente o debido al exceso del consumo en los alimentos, utilizando de promotores de crecimiento y no respetando el periodo de retiro de los antibióticos en los animales destinados al consumo.

Tanto seres humanos como animales poseen una microbiota o microbioma en común, ya sea la que se encuentra presente en la piel, las mucosas o el intestino, que a su vez representa un ambiente ideal para la selección y transferencia de genes de resistencia antimicrobiana, entre microorganismos beneficiosos o patógenos (Muñoz, 2017). La estrecha relación que existe entre humano y animal favorece a la transmisión de dichas bacterias resistentes a través del contacto directo o indirecto, a partir de la contaminación del alimento, el ambiente doméstico, clínicas veterinarias y/o los espacios públicos (Younis, et al., 2014).

La transmisión de bacterias resistentes afecta particularmente a personas jóvenes, inmunocomprometidas, mujeres embarazadas o personas de la

tercera edad, siendo considerados la población con mayor riesgo a padecer infecciones por bacterias resistentes (CDC, 2020).

En clínica veterinaria de animales domésticos, los antimicrobianos tienen diferentes tipos de uso: terapéutico y profiláctico, sin embargo, el uso indiscriminado y los tratamientos empíricos que no cuentan con un aislamiento bacteriano junto con un antibiograma, resultan en la creación de patógenos potenciales y/o que albergan un conjunto de genes de resistencia a antibióticos que podrían colocar en riesgo la sanidad humana y animal (Younis et al., 2014).

El presente estudio retrospectivo, se basa en presentar el análisis de los patrones de resistencia antimicrobiana de las bacterias aisladas de animales, remitidas al laboratorio de microbiología de la FMVZ de la USAC en el periodo del 2016 al 2019; con el propósito fundamental de {identificar las bacterias que presentan resistencia antimicrobiana y generar información nacional con el fin de que las entidades nacionales competentes desarrollen directrices y protocolos en los tratamientos que pueden afectar a la salud humana, animal, vegetal y medio ambiente.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general:

Generar información sobre el perfil de resistencia antimicrobiana de bacterias aisladas de animales, remitidas al laboratorio de microbiología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la USAC durante los años 2016- 2019.

2.2 Objetivos Específicos:

- Determinar los géneros bacterianos aislados de muestras clínicas de animales, remitidas al laboratorio de microbiología de la Facultad de Medicina Veterinaria de la USAC.
- Determinar los géneros bacterianos aislados frecuentemente de muestras clínicas de animales, remitidas al laboratorio de microbiología de Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la USAC.
- Determinar los géneros bacterianos que presentan resistencia antimicrobiana aislados de muestras clínicas de animales, remitidas al laboratorio de microbiología de Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la USAC.
- Determinar cuáles géneros bacterianos aislados de muestras clínicas de animales, remitidas al laboratorio de microbiología de la FMVZ de la USAC, que presentan la mayor resistencia antimicrobiana .

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Resistencia antimicrobiana

En los últimos años se ha observado un aumento significativo de la circulación de agentes patógenos, los riesgos de pandemias se hicieron más críticos con la aparición de zoonosis, epizootias y epidemias, asimismo, la salud humana y animal se ha visto amenazada por la resistencia de las bacterias a los antibióticos (Destoumieux-Garzón et al., 2018). Esto puso en evidencia los riesgos para la salud y la importancia de la estrecha relación entre humanos, animales y los ecosistemas en la evolución y aparición de patógenos; consolidando el concepto “Una Sola Salud”.

A escala Global, en el 2008 la OMS, FAO y la OIE crearon el concepto “Una Sola Salud”, el cual aborda los siguientes desafíos: la propagación de zoonosis, la resistencia a antimicrobianos y la disponibilidad e inocuidad de alimentos y de agua, entre muchos otros (Zunino, 2018). De acuerdo con la OIE (2015), se estima que el 60 % de las enfermedades infecciosas conocidas y un 75 % de las enfermedades infecciosas emergentes o reemergentes pueden considerarse zoonosis.

La estrecha relación que existe entre animales y seres humanos favorece la transmisión de bacterias resistentes a través del contacto directo o indirecto; a partir de la contaminación en los hogares, las clínicas veterinarias y los espacios públicos. Según Zunino (2018) “en este contexto, es de importancia las estrategias de prevención de la resistencia a antimicrobianos (RAM) potencialmente asociada a la clínica y la producción animal”.

3.2. La preocupación mundial por la resistencia antimicrobiana

En la actualidad, The Center for Disease Control and Prevention (CDC, 2020) afirma que: “La resistencia a los antibióticos es uno de los mayores retos de salud pública de nuestro tiempo. Cada año en los EE.UU., al menos 2,8 millones de personas contraen una infección resistente a los antibióticos, y más de 35.000 personas mueren” (párr.3).

La OPS/OMS (2015) afirma: “La resistencia antimicrobiana (RAM) pone en riesgo la eficacia de la prevención y el tratamiento de una serie cada vez mayor de infecciones por bacterias, virus, hongos y parásitos”. Según la OPS, la falta de antimicrobianos efectivos convierte en un riesgo alto procedimientos médicos como:

- Quimioterapia contra el cáncer;
- Control de diabetes;
- Cirugías (trasplantes de órganos, entre otros)

En la actualidad los agentes patógenos que son resistentes a múltiples antibióticos son responsables de un aumento en la morbilidad y mortalidad de pacientes ingresados en los hospitales o clínicas veterinarias, aumentando el costo de la atención médica, debido a la utilización de medicamentos más caros y tóxicos (OPS, 2020). En la mayoría de los casos, las infecciones resistentes a los antibióticos requieren estadías prolongadas hospitalarias y visitas adicionales de seguimiento al médico veterinario. Ningún animal puede evitar las infecciones por bacterias resistentes, pero algunos animales corren más riesgo que otros (por ejemplo, animales con enfermedades crónicas y/o con un sistema inmunológico inmunocomprometido) (CDC, 2020).

Actualmente, la CDC (2020)” afirma que: “La resistencia a los antibióticos tiene el potencial de afectar a las personas en cualquier etapa

de la vida, así como a las industrias sanitaria, veterinaria y agrícola, lo que la convierte en uno de los problemas de salud pública más urgentes del mundo” (párr. 6).

Los microorganismos resistentes a los antimicrobianos se encuentran en personas, animales, alimentos y el medio ambiente (agua, el suelo y el aire), propagándose a través del contacto directo (contacto entre personas, animales o partir del alimento). El control deficiente de las infecciones, las condiciones sanitarias inadecuadas y la manipulación inadecuada de los alimentos fomentan la propagación de la resistencia a los antimicrobianos (OPS, 2020).

3.3. Antibióticos en medicina veterinaria

El desarrollo de los antibióticos se considera entre los avances más importantes de la ciencia moderna. Los antibióticos han salvado la vida de millones de personas y animales; sin embargo, la resistencia a los antimicrobianos amenaza este progreso y presenta riesgos significativos para la salud pública y animal (Marston et al., 2016).

La penicilina, el primer antibiótico comercializado, fue descubierto accidentalmente en 1928 por el científico británico Alexander Fleming. Desde entonces y durante más de 60 años, los antibióticos han sido considerados la panacea para curar infecciones bacterianas. Sin embargo, el manejo inadecuado de los antibióticos ha favorecido la aparición, la selección y diseminación de cepas bacterianas resistentes. Situaciones como el uso inadecuado en infecciones virales o micóticas que no requieren fármacos antibacterianos; en terapias antibióticas incompletas o empíricas; dosificación poco apropiada; falta de identificación del agente etiológico para recetar el antibiótico al que es

más sensible; las ventas sin receta o través de internet; los antimicrobianos falsificados o de mala calidad; incumplimiento del periodo de retiro de los productos y los residuos de los antimicrobianos en el ambiente a estas terapias son causas del problema (Doyman, 2014).

En términos generales, los antimicrobianos utilizados en veterinaria y en salud humana pertenecen a las mismas familias y comparten similares mecanismos de acción, lo que incrementa los riesgos de transmisión de bacterias resistentes entre el ser humano y los animales, a través de la incorporación a las cadenas alimenticias o por otras vías de contacto (Zunino, 2018).

3.4. **Antibióticos**

Son sustancias químicas producto del metabolismo de un hongo o una bacteria que matan o inhiben el crecimiento de otros microorganismos, además es efectivo a bajas concentraciones ejemplo: la estreptomicina, cefalosporinas, fluoroquinolonas y la penicilina. Su origen puede ser: biológico o natural: se obtiene a través de la síntesis de microorganismos (cultivos) los cuales pueden ser: células animales o vegetales, virus, levaduras y bacterias ejemplo: penicilinas y cloranfenicol (MSD salud, 2019).

Semisintéticos: Núcleo básico de un hongo o bacteria con características químicas modificadas, mejorando la eficiencia de sus propiedades, tales como: aumentar su actividad, ampliar su espectro de acción, facilitar su administración o disminuir efectos indeseables, ejemplo: ampicilina (Paredes y Roca 2004).

Sintéticos: son aquellos generados mediante síntesis química, ejemplo: sulfas.

3.5. Clasificación

- Bacteriostáticos: Detienen el desarrollo y multiplicación bacteriana.
- Bactericidas: destruyen la bacteria.
- Bacteriolíticos: Matan a los microorganismos por lisis.
- Mecanismos de acción
- Inhibición de la síntesis de la pared celular; betalactámicos.
- Desorganización de la membrana citoplasmática; nistatina
- Inhibición de la síntesis de las proteínas; cefalosporinas.
- Interferencia en la síntesis y/o metabolismo de los ácidos nucleicos; quinolonas.

El término antimicrobiano es más general e incluye a los medicamentos, productos químicos u otras sustancias que matan o inhiben el crecimiento de los microorganismos (por ejemplo, los medicamentos antibióticos, antivirales, antifúngicos y antiparasitarios) (Departamento de Agricultura de Estados Unidos, Servicio de Inspección de Salud Animal y Vegetal y Servicios Veterinarios, 2014).

3.6. La selección de antibióticos

Esta se debe basar en los siguientes factores clave:

- Identificación etiológica; a través de cultivos bacterianos.
- Grados de sensibilidad al microorganismo a diferentes antimicrobianos.
- Anamnesis del paciente.
- Habilidad para alcanzar el sitio de infección a una concentración eficaz; muchos antibióticos poseen una farmacocinética que les permite actuar en un sitio de la infección específico.
- Especies animales destinadas al consumo humano. Únicamente ciertos antibióticos están autorizados para su uso en animales utilizados para la

producción de alimentos destinados a los seres humanos, asimismo, se deben respetar los tiempos o períodos de retiro.

Existe distintas organizaciones internacionales que vigilan el uso y la residualidad de fármacos en las especies en las cuales son administradas.

- La comisión de *Codex Alimentarius*; busca proteger la salud de los consumidores. Los antimicrobianos regulados son: bencilpenicilina, ceftiofur, clortetraciclina, dihidroestreptomicina, espectinomicina, espiramicina, estreptomicina, flumequina, gentamicina, lincomicina, neomicina, oxitetraciclina, sarafloxacin, fulfadimidina, tetraciclina, tilmicosin.
- Programa internacional de seguridad de las sustancias Químicas (IPCS, por sus siglas en ingles).
- El comité mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JEFECFA),
- Administración de alimentos y drogas de los Estados Unidos (Food and Drug Administration – FDA) (Lozano y Arias 2008).
- (Departamento de Agricultura de Estados Unidos, Servicio de Inspección de Salud Animal y Vegetal y Servicios Veterinarios 2014).

En mayo del 2018 la OIE actualiza y adopta una lista de posibles agentes antimicrobianos de importancia crítica para la medicina veterinaria. Se tomaron en cuenta todos los agentes antimicrobianos usados en animales destinados a la producción de alimentos de acuerdo con los criterios de calidad, seguridad y eficacia definidos en el código Sanitario para los Animales Terrestres (Capítulos 6.9. Uso responsable y prudente de antimicrobianos en medicina veterinaria), dividiéndolos en agentes antimicrobianos de importancia crítica, agentes de importancia elevada y agentes de importancia.

Cuadro 1. Agentes Antimicrobianos veterinarios de importancia crítica

Agentes Antimicrobianos veterinarios de importancia crítica:
Estreptomocina;
Kanamicina;
Neomicina;
Gentamicina;
Amikacina;
Ceftiofur
Eritromicina;
Espiramicina;
Bencilpenicilina;
Bencilpenicilina 10rocaína/Penicilina Benzatina
Amoxicilina
Ampicilina
Amoxicilina más Clavulánico;
Ciprofloxacina;
Enrofloxacina;
Sulfadimetoxina;
Sulfadimetoxazol;
Trimetoprima + Sulfonamida;
Doxiciclina;
Oxitetraciclina;
Tetraciclina.
Agente antimicrobianos de importancia elevada:
Cefalexina;
Cefalotina;
Cefazolina.
Agentes antimicrobianos de importancia:
Novobiocina;
Roxarsona;
Nitarsona;
Bicozamicina;
Ácido Fusídico;
Avilamicina;
Carbadox;
Olaquindox;
Virginiacina;
Nosiheptida.

3.7 Mecanismo de Resistencia Antimicrobiana.

Se considera una bacteria clínicamente resistente a un antibiótico, cuando la dosis terapéutica del fármaco es incapaz de inhibir su crecimiento o matarla. Las bacterias poseen distintos mecanismos de resistencia a los antibióticos, que se dividen en: Intrínseco, natural y adquirido (Schwarz et al., 2017).

El natural o intrínseco se refiere a la capacidad o característica del género o especie de bacteria, que poseen los siguientes mecanismos:

Eflujo: son proteínas que transportan hacia el exterior de la célula sin modificaciones los sustratos, productos residuales o tóxicos ejemplo: *Mycobacterium*, *Escherichia*, y *Pseudomonas* (Moreno et al., 2009).

Absorción restringida: las porinas o poros en la pared celular se alteran de tal forma que no permiten el ingreso de las moléculas de antibiótico a la célula, ejemplo: *Mycobacterium* posee paredes celulares con alto contenido lipídico, lo cual las hace resistentes a la destrucción de los macrófagos y la resistencia a la vancomicina en las bacterias Gram-negativas debido a la incapacidad de la vancomicina para penetrar en la membrana exterior (Schwarz et al. 2017).

La inactivación del antibiótico por enzimas se realiza de la siguiente manera: las bacterias sintetizan enzimas que hidrolizan al antimicrobiano, inactivando su efecto inhibitorio o destructor. Ejemplo: la betalactamasa la cual es una enzima que hidroliza la unión peptídica endocíclica del anillo beta-lactámico. Las continuas mutaciones que producen expresión de betalactamasas de espectro extendido (BLEE), crean resistencia a las cefalosporinas de 3ra generación (ceftriaxona) (Moreno et al., 2009).

La ausencia de estructura es otro factor que mencionar: las bacterias sin pared celular como *Mycoplasma* spp y los antibióticos β -lactámicos, cuyo mecanismo de acción es la inhibición de la última etapa de síntesis de pared bacteriana.

La resistencia adquirida de una bacteria se produce a través de cambios en la secuencia de bases de cromosoma (mutaciones), la cual se trasmite de generación en generación y por la trasmisión de material genético extra cromosómico procedente de otras bacterias (Fernández et al., 2003).

La transferencia de genes se realiza a través de plásmidos u otro material genético movable como integrones y transposones; esto último no solo permite la trasmisión a otras generaciones, sino también a otras especies bacterianas (Fernández et al., 2003) y se presentan de las siguientes formas:

- Genes que confieren resistencia a toda una clase de agentes antibióticos o pueden ser específicos para un solo miembro de una clase de antimicrobianos.
- Ciertos genes pueden conferir resistencia a miembros de diferentes clases de agentes antibióticos.
- Los genes de resistencia a una clase específica de antibióticos pueden conferir mecanismos de resistencia a diferentes tipos de agentes antibióticos.
- El mismo mecanismo de resistencia adquirido puede ser codificado por diferentes genes.
- Diferentes mecanismos de resistencia adquiridos y genes de resistencia pueden estar presentes al mismo tiempo (Schwarz et al., 2017).

Una bacteria se denomina típicamente resistente a múltiples fármacos si muestra resistencia adquirida a miembros de al menos tres clases de agentes antimicrobianos (Schwarz et al., 2017).

3.8 Antibióticos beta-lactámicos

Uno de los principales mecanismos de resistencia hacia beta-lactámicos es la hidrólisis enzimática, a través a la presencia de enzimas llamadas beta-lactamasas las cuales hidrolizan el enlace amida del núcleo beta-lactámico, inactivando de esta manera el antibiótico antes de que produzca cualquier efecto bactericida o bacteriostático. Actualmente se conocen más de 890 beta-lactamasas (Mosquito et al., 2011).

3.9 Antibióticos Quinolonas

Los mecanismos moleculares de resistencia a estos antibióticos, se encuentran las alteraciones en los enzimas blancos de quinolonas, las bombas de expulsión activa y la transferencia de genes de resistencia plasmídicos (Mosquito et al., 2011).

3.10 Antibióticos Tetraciclinas

El mecanismo de resistencia más común hacia este antibiótico es mediante sistemas de eflujo, protección ribosomal y acción enzimática codificados por diferentes genes (Mosquito., 2011).

3.11 Trimetoprima-sulfametoxazol

Los mecanismos de resistencia son los relacionados con la adquisición de genes mutantes mediante elementos móviles: integrones y transposones (Mosquito et al., 2011).

3.12 Resistencia Antimicrobiana en Medicina Veterinaria

Algunos géneros bacterianos son importantes en medicina veterinaria debido a su virulencia sobre el animal o en su condición de agente zoonótico, siendo algunos de ellos: *Streptococcus* spp., *Enterococcus*

spp., *Staphylococcus* spp., *Escherichia* spp., *Salmonella* spp., *Mycoplasma* spp., *Clostridium* spp., *Pseudomonas* spp., *Brucella* spp., *Klebsiella* spp., *Proteus* spp., *Mycobacterium* spp., *Leptospira* spp., *Ehrlichia* spp., entre otros (Muñoz, 2017). En los felinos y caninos destacan: *Streptococcus* spp., *Staphylococcus* spp., *Pseudomonas* spp., *Escherichia* spp., *Proteus* spp. y *Klebsiella* spp (Muñoz, 2017).

La bacteria *Staphylococcus aureus* resistente a la meticilina (SARM), la bacteria *Staphylococcus pseudintermedius* resistente a meticilina (SPRM), las enterobacterias productoras de betalactamasas de espectro extendido (BLEE) y las bacterias Gram negativas no fermentadoras resistentes a múltiples drogas (MDR) han surgido en perros y gatos, sanos y enfermos, lo que implica un riesgo potencial de transmisión de estas bacterias a los seres humanos de animales de compañía infectados o colonizados (Pamba, et al. 2017). Asimismo, el SARM y SPRM es un riesgo ocupacional reconocido en el personal veterinario (Damborg et al., 2016). El contagio por SPRM se ve incrementado si se entra en contacto con una mascota con SPRM siendo del 3-50% tanto en tutores como en veterinarios. Río (2015) afirma que veterinarios y el personal de hospitales y clínicas veterinarias son portadores nasales de SPRM con una proporción de 3-5.3%. El SPRM canino debe considerarse como una fuente potencial de transmisión de la resistencia a los antibióticos.

Según la Agencia Iberoamericana para la Difusión de la Ciencia y Tecnología (Dicyt, 2021), investigadores del IBAViM y la Facultad de Ciencias Veterinarias (FVET) de la Universidad de Buenos Aires (UBA) estudiaron más de 18 mil animales (perros y gatos) de la ciudad y provincia de Buenos Aires entre el 2011 y 2017. De las muestras tomadas, se analizaron unas 24.000 aislamientos bacterianos de los

cuales *S. pseudintermedius* (22%), *Escherichia coli* (18%) y *P. aeruginosa* (15%) fueron aisladas de muestras clínicas de la especie canina y en felinos, las especies más frecuentes fueron *Escherichia coli* (23%), *S. pseudintermedius* (14%) y *Enterococcus* sp. (14%).

3.13 Aspectos de la resistencia en *Staphylococcus* sp.

Las especies de esta familia bacteriana forman parte del microbioma/microbiota de la piel y de las mucosas en humanos y animales. Las cepas comúnmente aisladas que provocan graves enfermedades de la piel y tejidos blandos son: *S. pseudintermedius*, *S. aureus*, *S. schleiferi* y *S. intermedius* (Giacoboni, 2013).

Staphylococcus pseudintermedius forma parte de la microbiota o microbioma en el canino y no es comensal en las personas, las tasas de transmisión de SARM son hasta el 8% (relativamente altas) entre los propietarios de perros infectados y el personal veterinario proporcionando pruebas indirectas de transmisión zoonótica (Damborg, 2016).

En la bacteria *Staphylococcus* spp se destaca el gen *mecA*, el cual codifica una proteína ligadora de penicilinas "alterada": (PBP2a), que no permite la unión con los lactámicos. Este gen *mecA* es transportado en un segmento de ADN llamado el cassette cromosomal (SCCmec) generando así una alta prevalencia de SARM y SPRM (González, 2013).

La mayoría de las cepas de SARM aisladas de pacientes de pequeños animales son idénticas a las cepas de SARM adquiridas en hospitales humanos y pertenecen a determinados linajes genéticos de SARM, como ST254, ST8 y ST22, que se comparten entre animales y seres humanos, asimismo, en estudios de susceptibilidad antimicrobiana en animales de compañía han revelado que cepas del género *Staphylococcus* aisladas

de gatos y perros, exhiben patrones de resistencia similares a los de esta bacteria en humanos y que el desarrollo de esta resistencia está influido por la alta frecuencia de uso de algunos antimicrobianos (Anticevic et al., 2008). Existen diferentes estudios en los que se han hecho aislamientos pareados de humano-animal en los que se detectan patrones de resistencia idénticos. La literatura confirma que la resistencia ocurre con todas las bacterias en la medida que los antibióticos no se utilicen adecuadamente.

En medicina veterinaria, no es considerada una práctica común la obtención de una muestra para estudio de cultivo y antibiograma cuando se sospecha que la pioderma o la otitis externa tienen como agente involucrado *Staphylococcus*, utilizándose una terapia empírica con antimicrobianos de amplio espectro (Anticevic et al., 2008).

3.14 **Aspectos de la resistencia de *Enterobacterias***

Se han descrito más de 80 genes que transfieren la resistencia a los beta-lactámicos, aminoglucósidos, cloranfenicol, trimetoprima, eritromicina, rifampicina y así como a los amonios cuaternarios y que habitualmente están en las enterobacterias, asimismo estas bacterias suelen transportar integrones, y manifestar multiresistencia a los antimicrobianos (Giacoboni, 2013).

3.15 **Aspectos de la resistencia de la *Pseudomonas aeruginosa***

Las especies bacterianas de esta familia poseen una resistencia adquirida y depende de la exposición continua tanto de antibióticos como de otros estímulos (biocidas, pH, anaerobiosis, cationes) que modulan la expresión de algunos genes que conducen a la resistencia (Giacoboni, 2013).

Los mecanismos de resistencia que presentan son los siguientes:
Impermeabilidad de la membrana externa; bombas de eflujo, modificación del blanco del antimicrobiano, transferencia horizontal (penicilinas, cefalosporinas, imipenem) (Paz et al., 2019).

3.16 **Antibiograma**

El estudio de sensibilidad de bacterias aisladas a los antimicrobianos se realiza principalmente a través de los métodos fenotípicos o antibiograma (técnicas de dilución y de difusión), bioquímicos y genéticos (Cercenado y Saavedra-Lozano, 2009).

El método de antibiograma disco-placa (Técnica de Bauer y Kirby) es el que se utilizan mayormente. La interpretación de los resultados del antibiograma (sensible, poco sensible y resistente) se realiza en función a los valores establecidos por los distintos comités los cuales son: Clinical and Laboratory Standards Institute en Estados Unidos, el European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing en Europa y la Mesa Española de Normalización de la Sensibilidad y Resistencia a los Antimicrobianos (Picazo, 2000). El antibiograma disco-placa consiste en enfrentar un inóculo de bacteria llevado a una concentración igual a la del estándar 0.5 de McFarland (patrones de turbidez en la preparación de suspensiones de microorganismos) (Herrera, 1999) previamente aislada de una muestra clínica con discos de papel secante impregnados con diferentes antibióticos en una placa de petri con agar.

Los antibióticos se difunden radialmente a través del espesor del agar a partir del disco formándose un gradiente de concentración (Picazo, 2000). A partir de las 18-24 horas post incubación, los discos se encuentran rodeados por una zona de inhibición (halo) la cual se conoce como concentración crítica (concentración del antibiótico en la interfase entre bacterias en crecimiento y bacterias inhibidas) esta interfase se aproxima a la concentración mínima inhibitoria (CMI) (Picazo, 2000). La CMI es la dilución más baja de antimicrobiano en la que no se observa crecimiento bacteriano.

Los halos de inhibición permiten diferenciar los microorganismos sensibles de los resistentes estableciendo la siguiente correlación: Halos pequeños se relacionan con valores altos de CMI (resistentes) y halos grandes con CMI bajas (sensibles) (Cercenado y Saavedra-Lozano 2009).

3.17 Procedimiento de aislamientos bacterianos y antibiograma en el laboratorio de microbiología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la USAC:

- 3.17.1 Dependiendo del tipo de bacteria se realiza la siembra primaria en agar sangre (bacterias grampositivas o gramnegativas), por agotamiento en agar MacConkey (bacilos gramnegativos) y por suspensión en medio tioglicolato (enterobacterias);
- 3.17.2 Se incuban los medios inoculados con las distintas muestras a 37 grados centígrados, durante 24 horas;
- 3.17.3 Se realiza el estudio macroscópico y microscópico de las bacterias que crecieron en la muestra;
- 3.17.4 Una vez identificadas las bacterias se procede a realizar el antibiograma, preparando inicialmente una suspensión de la bacteria para análisis en 5 ml de agua destilada estéril, la cual debe tener una concentración de 0,5 en la escala de Mcfarland, correspondiente a la lectura en el nefelómetro;
- 3.17.5 Se procede a realizar la siembra masiva en el medio Müller Hinton con un hisopo, finalizando con la colocación de los sensidiscos de los antibióticos a evaluar;
- 3.17.6 Se incuba a 37 grados centígrados durante 24 horas;
- 3.17.7 Se realiza la lectura del antibiograma para determinar si la muestra es sensible, poco sensible o resistente a los antibióticos utilizados; según el diámetro del halo de inhibición.

3.18 El papel de la ganadería en la resistencia antimicrobiana.

El Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) en el 2020 afirmó que las bacterias resistentes a los antibióticos pueden llegar a los alimentos de diversas maneras:

- Derivado de un producto de origen animal como: leche, carne, huevos, etc.
- Derivado de las heces; las cuales podrían contener bacterias resistentes a los antibióticos y contaminar el agua, tierras o fertilizantes.

En un estudio de prevalencia de la resistencia a los antibióticos realizado por Center for Disease, Dynamics, Economics and Policy (CDDEP), a partir del análisis de 901 datos entre 2000 y el 2018, en países como India, China, Pakistán, Irán, Turquía, Brasil, los alrededores de la ciudad de México, Johannesburgo, delta del río Nilo y el del río Rojo se reportó que se triplicó, y en algunos casos hasta se cuadruplicó el nivel de resistencia a muchos antibióticos. Los casos más frecuentes fueron aquellos utilizados en: pollos, los cuales aumentó de 15% a 41%; en cerdos, de un 13% a un 34% y en bovinos, de un 12% aumentó a un 23%.

En otra investigación realizada en el 2009 en el centro sur de la provincia de Córdoba, Argentina, se obtuvieron 271 muestras de leche provenientes de 220 vacas de 7 establecimientos lecheros en donde se aislaron 63 cepas de *Staphylococcus aureus*, de las cuales 37 fueron resistentes a uno o más antibióticos, y de ellas 24 (64,9%) fueron aisladas de vacas con mastitis subclínica, 2 (5,4%) de vacas con mastitis clínica y 11 (29,7%) de vacas sanas. El 36,5% (23/63), 22,2% (14/63) y 20,6%

(13/63) del total de las cepas de *S. aureus* fueron resistentes a eritromicina, penicilina y estreptomina, respectivamente.

3.19 Estudios de la resistencia antimicrobiana en animales a partir de casos clínicos, realizados en Guatemala.

Barreda (2020) determinó que las bacterias aisladas de otitis externas en perros como: *Proteus* sp. fueron resistentes a los antibióticos trimetoprim-sultametoxazol en un 92.86%, clindamicina y azitromicina en un 100%, *Staphylococcus* sp. fue resistente a trimetoprim-sultametoxazol en un 60% y *Staphylococcus* β-hemolítico fue resistente a clindamicina en un 100% y azitromicina en un 50%.

Velásquez (2005), determinó que las cepas de *Salmonella* spp. presentaron la más alta resistencia a: Tetraciclina en un 92.3% y ácido nalidíxico en un 76.9%; resistencia intermedia a: Ceftriaxona y ciprofloxacina en un 23.1%, de muestras de carne de pollo provenientes de 5 pollerías en los mercados municipales en la ciudad de Guatemala.

Guerra et al. (2020), determinaron que *Salmonella* spp. aislada en tres de 63 hisopados cloacales de tortugas del género *Trachemys*, fueron resistentes o parcialmente resistentes al menos a un antibiótico; la primera cepa aislada de *Trachemys* descrita fue resistente a la amikacina, gentamicina y penicilina, la segunda cepa aislada de *T. venusta* era parcialmente resistente a la amoxicilina/ácido clavulánico y a la penicilina, y la tercera cepa aislada de *T. scripta* era parcialmente resistente a la penicilina.

El 7 de agosto de 2019 en Guatemala se crea la normativa para la regulación de medicamentos de prescripción médica, antimicrobianos (antibióticos de vía oral y parenteral) y esteroides oftálmicos, según el Acuerdo Ministerial número 181-2019.

En el acuerdo se menciona que el Ministerio de Salud establecerá un programa nacional de medicamentos, el cual regulará la comercialización, uso racional, la selección, producción, entre otros, de antibióticos y esteroides oftálmicos, teniendo como finalidad el acceso de la población a medicamentos de calidad.

La asociación conocida como Red Nacional de Vigilancia y Control de la Resistencia Antimicrobiana de Guatemala (REDRAM) la cual está integrada por profesionales provenientes de: Colegio de Médicos Veterinarios y Zootecnistas de Guatemala, Colegio de Médicos y Cirujanos de Guatemala, Colegio de Farmacéuticos y Químicos de Guatemala, de la Asociación de Distribuidores de Productos Veterinarios (ASOVET), del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación, del Ministerio de Economía, del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, de la Universidad de San Carlos de Guatemala y la Universidad del Valle de Guatemala, la cual se encarga de crear programas permanentes de investigación, vigilancia, capacitación y comunicación para sus asociados, en el área de resistencia antimicrobiana. La actividad principal es promover el uso adecuado de los antimicrobianos, contribuir a mejorar la calidad y nivel de la información dirigida al público respecto al problema de la resistencia a los antibióticos.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Materiales

4.1.1 Recurso Humano

- Estudiante
- Personal del laboratorio de microbiología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- 2 asesoras médicos veterinarios.

4.1.2 Recurso de campo

- Laptop
- Base de datos (digital y/o Leitz) del laboratorio de microbiología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

4.1.3 Centro de Referencia

- Laboratorio de microbiología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala

4.2 Metodología

Se accedió a la base de datos del laboratorio de microbiología y se analizó toda la información existente por año de las muestras de especies animales enviadas para cultivo bacteriológico remitidas por médicos veterinario/as al laboratorio de microbiología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la USAC, Ciudad de Guatemala. El criterio de inclusión fueron las muestras que solicitaron aislamientos bacterianos y/o antibiograma, y se excluyeron las muestras que no fueron aptas para el cultivo o las que solicitaron cultivo fúngico.

4.3 Variable independiente

La variable independiente la constituyen los diferentes años de estudio

4.4 Variables dependientes

Las variables dependientes son:

- Bacterias aisladas;
- Bacterias que presentan resistencia
- Antibióticos

4.5 Análisis estadístico de datos

Los datos obtenidos se consignaron primeramente en un documento de Excel. Luego se presentaron en la sección de resultados de este informe, en diversos cuadros de elaboración propia. Con los datos obtenidos también se realizaron gráficos de comparación y comportamiento de los resultados a lo largo de los diferentes años de estudio para su respectivo análisis.

4.6 Manejo del estudio

Estudio descriptivo longitudinal retrospectivo, en el que se analizaron los datos desde el mes de enero del 2016 hasta el mes noviembre del 2019.

V. RESULTADOS.

Se presenta a continuación en el cuadro 1 los resultados de 211 aislamientos provenientes de 215 muestras clínicas de varios animales remitidas al laboratorio de microbiología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Cuadro 2: Resultados de aislamiento según especies y tipo de muestra.

Muestra	Boa	Bovino	Búho	Cabra	Mono capuchi	perro	Cabra	Cobayo	Elefante	Equino	gato	Hamster	Iguana	Loro	No identificado	Nutria de río	conejo	León	Pingüino	Porcino	Tortuga	Venado	Gran Total	
Cloacal																			2				2	
Cola													1											1
Fluido sinovial							3			1														4
Intramamario		1																						1
Leche		87		1			10								3									101
Líquido uterino/vulvar										2						1								3
Nasal/traquea/laringe	1					3				1				1					1	3				10
No especificado						2				1					1							2		6
Oído						19					1				4									24
Ojo										1			1											2
Oral													1						1					2
Orina						1		1													1			3
Pata														2										2
Pelo															1									1
Piel/absceso		2				14	1		3	8					3		1				2	2		36
Rectal			1		3							1				1		2	3					11
Secreción ocular														1										1
Semen																							5	5
Gran Total	1	90	1	1	3	39	14	1	3	14	1	1	3	4	12	2	1	2	7	11	2	2	215	

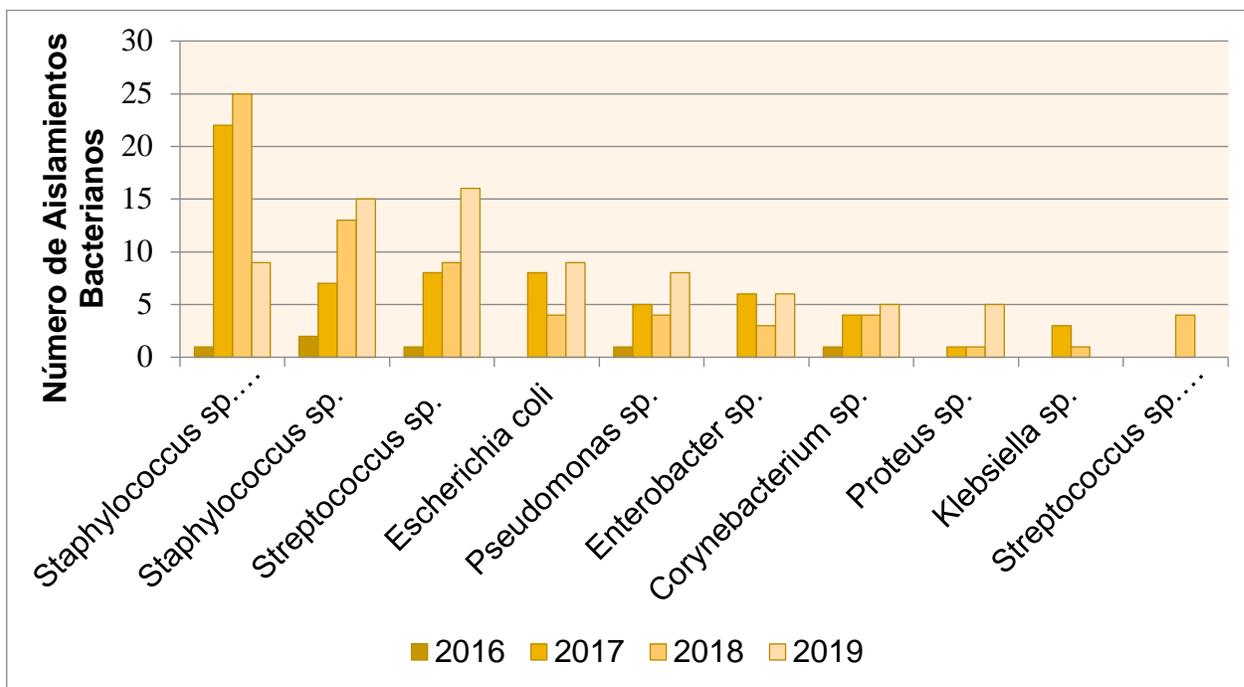
A continuación, en el cuadro 2, se muestra la cantidad de géneros que fueron aislados de muestras el 2016 de muestras clínicas de animales. Sin embargo, el número de aislamientos varía en gran medida del total de muestras remitidas al laboratorio de microbiología y el total de aislamiento no es significativo para el estudio.

Cuadro 2. Géneros bacterianos aislados de muestras clínicas de animales en el Laboratorio de Microbiología de la FMVZ de la USAC 2016 al 2019.

Especie bacteriana	Año				
	2016	2017	2018	2019	Gran Total
<i>Staphylococcus</i> sp. β hemolítico	1	22	25	9	57
<i>Staphylococcus</i> sp. no hemolítico	2	7	13	15	37
<i>Streptococcus</i> sp.	1	8	9	16	34
<i>Escherichia coli</i>		8	4	9	21
<i>Pseudomonas</i> sp.	1	5	4	8	18
<i>Enterobacter</i> sp.		6	3	6	15
<i>Corynebacterium</i> sp.	1	4	4	5	14
<i>Proteus</i> sp.		1	1	5	7
<i>Klebsiella</i> sp.		3	1		4
<i>Streptococcus</i> sp. β hemolítico			4		4
Gran Total	6	64	68	73	211

A continuación, en la figura 1, se presentan gráficamente los resultados del cuadro 2, en el cual se evidencia la predominancia el género *Staphylococcus* sp., frente a demás géneros como *Proteus* sp. y *Enterobacter* sp.

Figura 1. Géneros bacterianos aislados de muestras clínicas de animales del año 2016 al 2019.



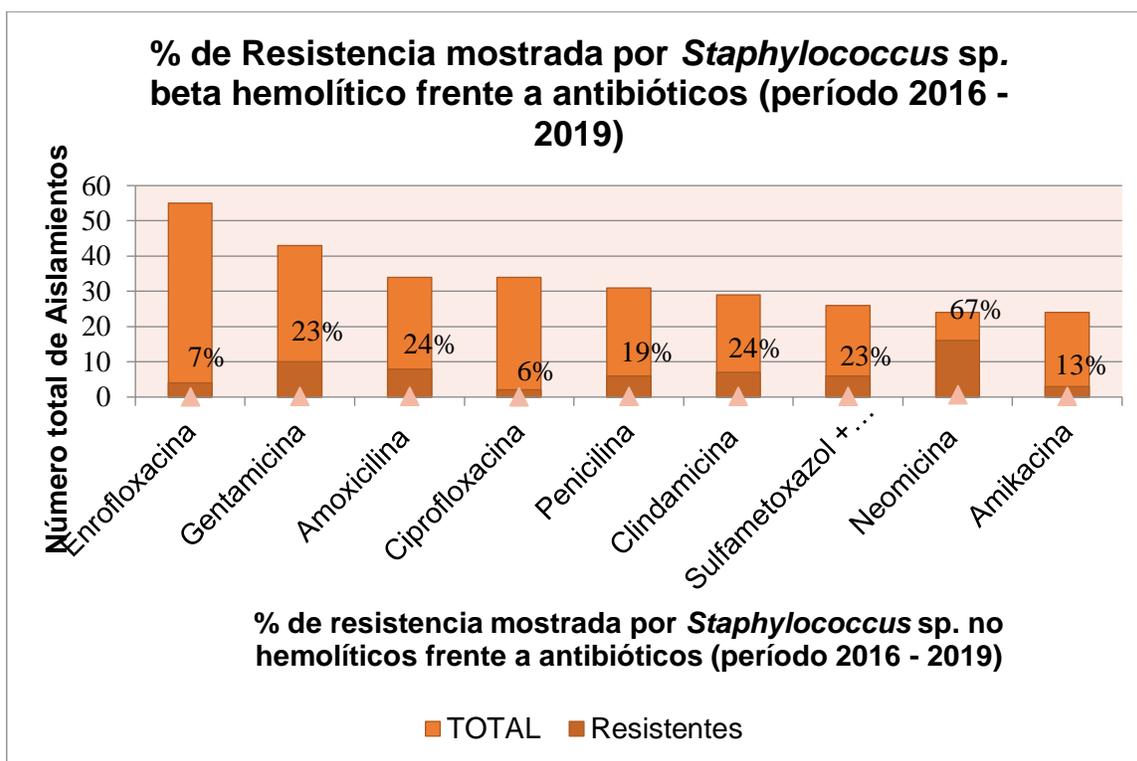
En el siguiente cuadro se presenta el comportamiento de *Staphylococcus* sp. beta hemolítico que fue tomado de muestras clínicas de animales remitidas al Laboratorio de Microbiología de la FMVZ de la USAC del año 2016 al 2019.

Cuadro 3. Comportamiento de *Staphylococcus* sp. beta hemolítico frente a distintos antibióticos tomados de muestras remitidas al Laboratorio de Microbiología de la FMVZ de la USAC del año 2016 al 2019.

<i>Staphylococcus</i> sp. beta hemolítico				
Antimicrobiano	Total de enfrentamientos	Sensibles	Poco Sensibles	Resistentes
Enrofloxacina	55	82%	11%	7%
Gentamicina	43	70%	7%	23%
Amoxicilina	34	68%	9%	24%
Ciprofloxacina	34	88%	6%	6%
Penicilina	31	65%	16%	19%
Clindamicina	29	48%	28%	24%
Sulfametoxazol + Trimetropima	26	35%	42%	23%
Neomicina	24	4%	29%	67%
Amikacina	24	42%	46%	13%
Total	300	56%	22%	23%

En la figura 2, se representa gráficamente el comportamiento de *Staphylococcus* sp. beta hemolítico, en la cual se observa que mostró mayor resistencia para la neomicina.

Figura 2. Comportamiento de *Staphylococcus* sp. beta hemolítico frente a distintos antibióticos de muestras clínicas de animales remitidas al laboratorio de microbiología de la FMVZ de la USAC del año 2016 al 2019.



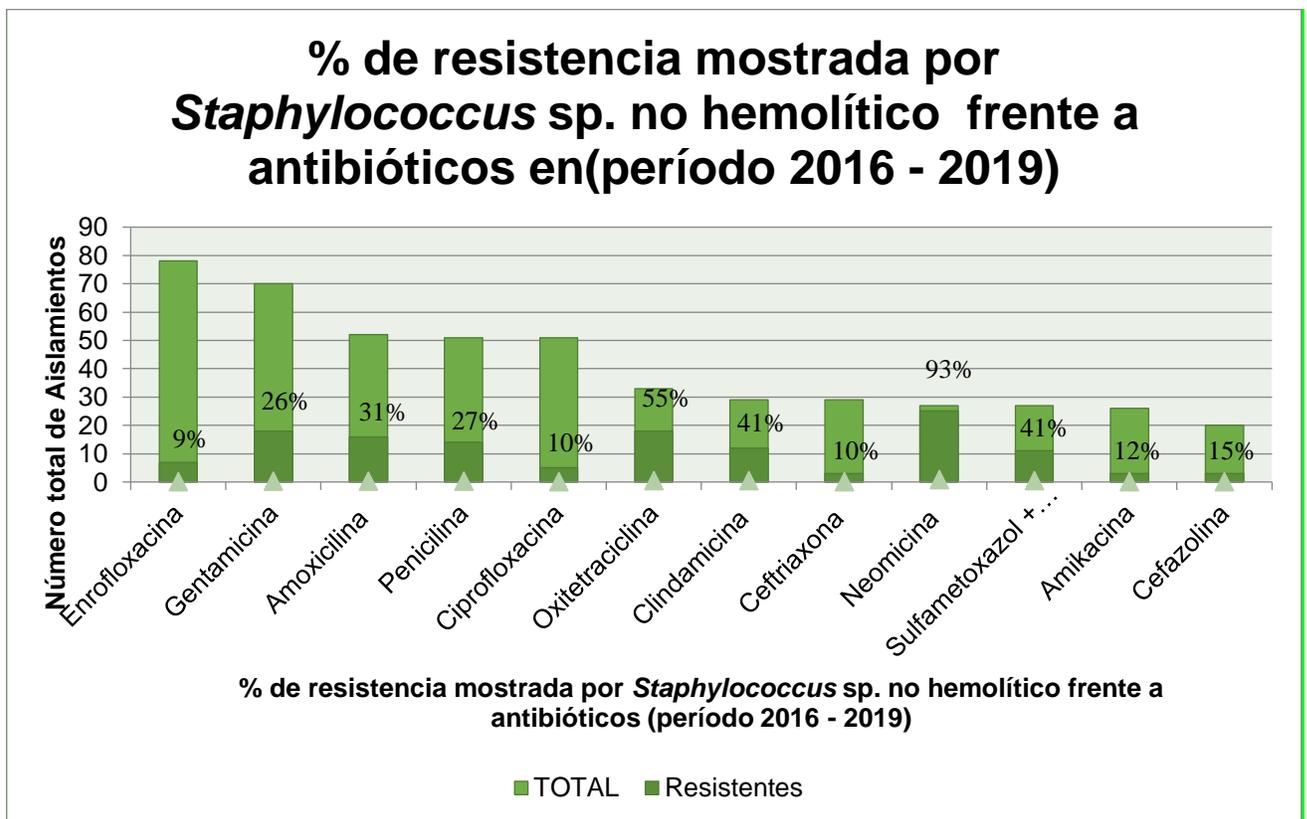
En el cuadro 4 que se presenta a continuación se describe el porcentaje de resistencia que muestra *Staphylococcus* sp. no hemolítico tomado de muestras clínicas de animales remitidas al laboratorio de microbiología de la FMVZ de la USAC del año 2016 al 2019.

Cuadro 4. Comportamiento de *Staphylococcus* sp. no hemolítico frente a distintos antibióticos tomado de muestras clínicas de animales remitidas al Laboratorio de Microbiología de la FMVZ de la USAC del año 2016 al 2019.

<i>Staphylococcus</i> sp. no hemolítico				
Antimicrobiano	Total de enfrentamientos	Sensibles	Poco Sensibles	Resistentes
Enrofloxacina	78	87%	4%	9%
Gentamicina	70	71%	3%	26%
Amoxicilina	52	62%	8%	31%
Penicilina	51	61%	12%	27%
Ciprofloxacina	51	88%	2%	10%
Oxitetraciclina	33	36%	9%	55%
Clindamicina	29	52%	7%	41%
Ceftriaxona	29	86%	3%	10%
Neomicina	27	7%	0%	93%
Sulfametoxazol + Trimetropima	27	44%	15%	41%
Amikacina	26	65%	23%	12%
Cefazolina	20	85%	0%	15%
Total	493	62%	7%	31%

A continuación, la figura 3, se describe gráficamente la resistencia que muestra el *Staphylococcus* sp. no hemolítico tomado de muestras clínicas de animales remitidas al laboratorio de microbiología de la FMVZ de la USAC del año 2016 al 2019. Nuevamente, el antibiótico al que presenta mayor resistencia es la neomicina.

Figura 3. Comportamiento de *Staphylococcus* sp. no hemolítico frente a distintos antibióticos de muestras clínicas de animales remitidas al laboratorio de microbiología de la FMVZ de la USAC del año 2016 al 2019.



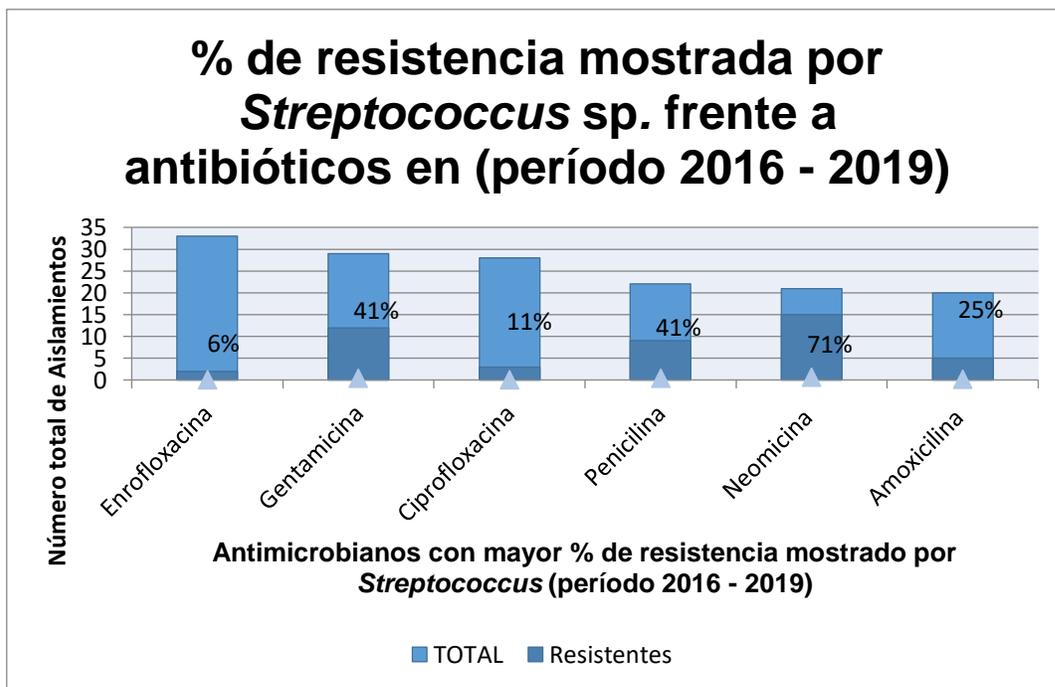
En el cuadro 5, que se presenta a continuación se muestra el porcentaje de resistencia de la bacteria *Streptococcus* sp. tomada de muestras clínicas de animales remitidas al laboratorio de microbiología de la FMVZ de la USAC del año 2016 al 2019.

Cuadro 5. Comportamiento de *Streptococcus* sp. frente a distintos antibióticos de muestras clínicas de animales remitidas al laboratorio de microbiología de la FMVZ de la USAC del año 2016 al 2019.

		<i>Streptococcus</i> sp.		
Antimicrobiano	Total de enfrentamientos	Sensibles	Poco Sensibles	Resistentes
Enrofloxacin	33	67%	27%	6%
Gentamicina	29	48%	10%	41%
Ciprofloxacina	28	82%	7%	11%
Penicilina	22	55%	5%	41%
Neomicina	21	5%	24%	71%
Amoxicilina	20	75%	0%	25%
Total	153	55%	12%	33%

A continuación, la figura 4, se describe gráficamente la resistencia que muestra *Streptococcus* sp. tomado de muestras clínicas de animales remitidas al laboratorio de microbiología de la FMVZ de la USAC del año 2016 al 2019. Nuevamente, el antibiótico al que presenta mayor resistencia es la neomicina.

Figura 4. Comportamiento de *Streptococcus* frente a distintos antibióticos de muestras clínicas de animales remitidas al laboratorio de microbiología de la FMVZ.



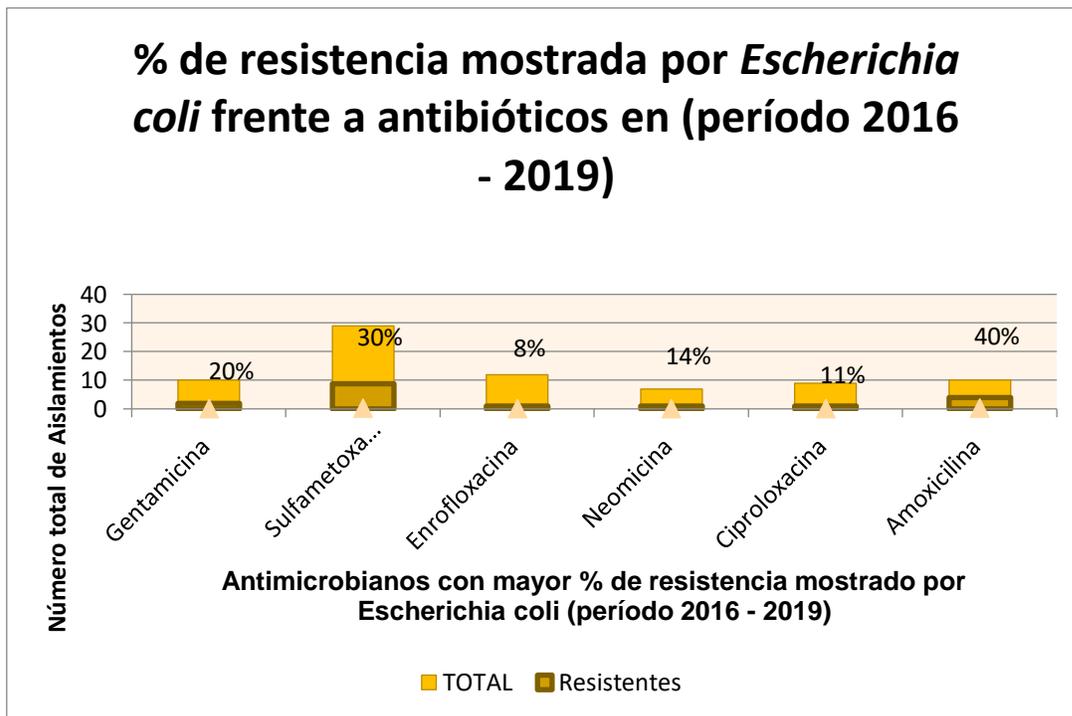
A continuación, en el cuadro 6 se muestra el porcentaje de resistencia de *Escherichia coli* tomada de muestras clínicas de animales remitidas al laboratorio de microbiología de la FMVZ de la USAC del año 2016 al 2019.

Cuadro 6. Comportamiento de *Escherichia coli* frente a distintos antibióticos de muestras clínicas de animales remitidas al laboratorio de microbiología

<i>Escherichia coli</i>				
Antimicrobiano	Total de enfrentamientos	Sensibles	Poco Sensibles	Resistentes
Gentamicina	10	80%	0%	20%
Sulfametoxazol + Trimetropima	10	60%	10%	30%
Enrofloxacina	12	67%	25%	8%
Neomicina	7	14%	71%	14%
Ciproloxacina	9	89%	0%	11%
Penicilina	6	0%	0%	100%
Amoxicilina	10	30%	30%	40%
Amikacina	6	83%	0%	17%
Total	70	53%	17%	30%

En la siguiente figura 5, se describe gráficamente la resistencia a antibióticos que muestra *Escherichia coli* la cual fue tomado de muestras clínicas de animales remitidas al laboratorio de microbiología de la FMVZ de la USAC del año 2016 al 2019. El antibiótico al que presenta mayor resistencia es sulfametoxazol (30%)

Figura 5. Comportamiento de *Escherichia coli* frente a distintos antibióticos de muestras clínicas de animales remitidas al laboratorio de microbiología de la FMVZ.



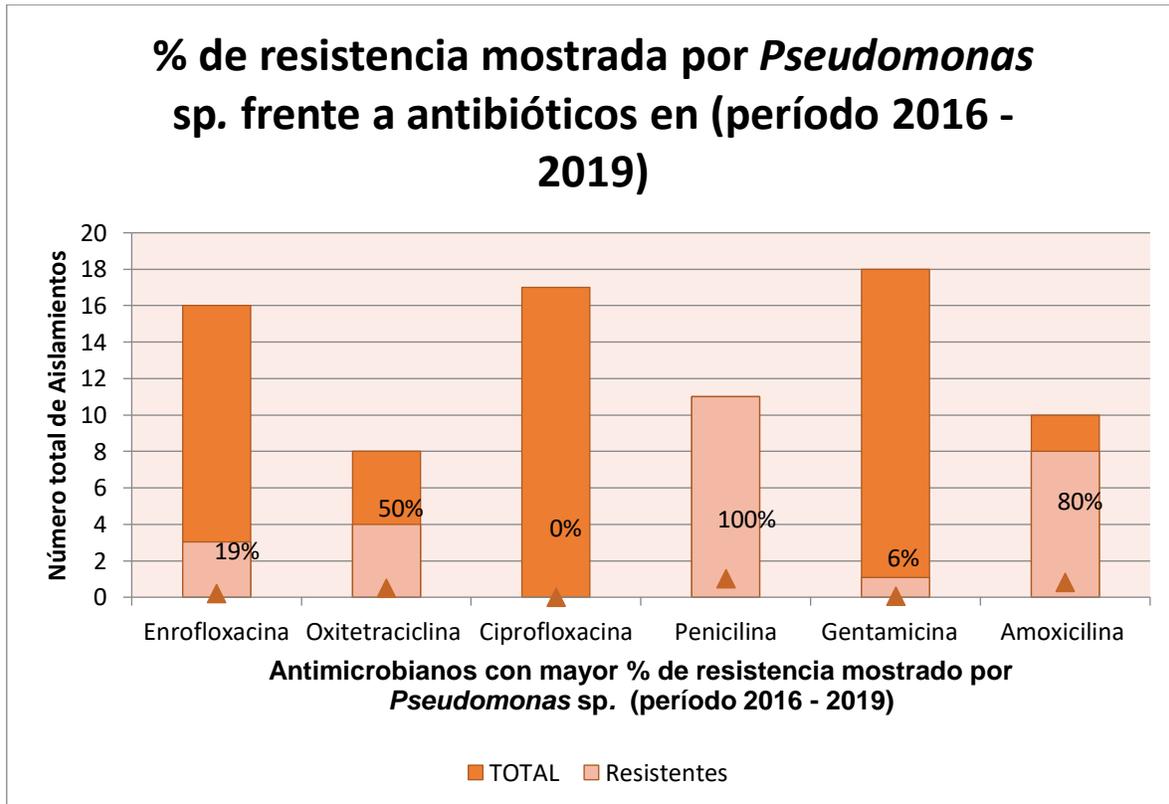
A continuación, en el cuadro 7 se muestra el porcentaje de resistencia de *Escherichia coli* tomada de muestras clínicas de animales remitidas al laboratorio de microbiología de la FMVZ de la USAC del año 2016 al 2019.

Cuadro 7. Comportamiento de *Pseudomonas* sp. frente a distintos antibióticos de muestras clínicas de animales remitidas al laboratorio de microbiología de la FMVZ de la USAC del año 2016 al 2019.

<i>Pseudomonas</i> sp.				
Antimicrobiano	Total de enfrentamientos	Sensibles	Poco Sensibles	Resistentes
Gentamicina	18	94%	0%	6%
Oxitetraciclina	8	13%	38%	50%
Enrofloxacina	16	75%	6%	19%
Neomicina	6	0%	17%	83%
Ciproloxacina	17	94%	6%	0%
Penicilina	11	0%	0%	100%
Amoxicilina	10	20%	0%	80%
Amikacina	7	86%	0%	14%
Total	93	48%	8%	44%

En la siguiente figura 6, se describe gráficamente la resistencia a antibióticos que muestra el género *Pseudomonas* sp., la cual fue tomado de muestras clínicas de animales remitidas al laboratorio de microbiología de la FMVZ de la USAC del año 2016 al 2019. El antibiótico al que presenta mayor resistencia es amoxicilina (80%).

Figura 6. Comportamiento de *Pseudomonas* sp. frente a distintos antibióticos de muestras clínicas de animales remitidas al laboratorio de microbiología de la FMVZ de la USAC del año 2016 al 2019.



En el siguiente cuadro número 8, se presenta en porcentajes la susceptibilidad y resistencia antimicrobiana observada en distintos antibióticos utilizados en el 2016

Cuadro 8. Porcentaje de susceptibilidad y resistencia antimicrobiana observada hacia los distintos antibióticos utilizados en los antibiogramas en el año 2016.

Antimicrobianos	Total de enfrentamientos	Sensible	Poco Sensible	Resistente
Cefatetan	1	0%	100%	0%
Oxitetraciclina	5	60%	0%	40%
Bacitracina	5	0%	0%	100%
Amoxicilina + Ácido Clavulánico	6	67%	0%	33%
Sulfametoxazol + Trimetropima	4	0%	50%	50%
Enrofloxacina	1	0%	0%	100%
Estreptomicina	3	0%	0%	100%
Neomicina	4	0%	0%	100%
Ciprofloxacina	1	100%	0%	0%
Kanamicina	1	100%	0%	0%
Penicilina	1	0%	0%	100%
Tetraciclina	1	0%	0%	100%

En el cuadro 9, a continuación, se presenta en porcentajes la susceptibilidad y resistencia antimicrobiana observada en distintos antibióticos utilizados en el 2017

Cuadro 9. Porcentaje de susceptibilidad y resistencia antimicrobiana observada hacia los distintos antibióticos utilizados en los antibiogramas en el año 2017.

Antimicrobianos	Total de enfretamientos	Sensible	Poco Sensible	Resistente
Gentamicina	5	0%	40%	60%
Ampicilina	31	61%	19%	19%
Oxitetraciclina	8	25%	25%	50%
Sulfametoxazol + Trimetropima	33	36%	24%	39%
Enrofloxacina	64	69%	17%	14%
Neomicina	50	6%	30%	64%
Ciprofloxacina	28	96%	0%	4%
Kanamicina	9	44%	22%	33%
Penicilina	20	40%	15%	45%
Tetraciclina	9	44%	0%	56%
Amikacina	28	64%	25%	11%
Doxiciclina	6	33%	17%	50%
Amoxicilina	49	69%	10%	20%
Cafazolin	8	63%	0%	38%
Clindamicina	23	22%	13%	65%
Cefalexina	16	38%	0%	63%
Clarithromicina	14	7%	7%	86%
Ceftriaxona	10	90%	0%	10%
Cefalotina	32	44%	25%	31%
Cefazolina	8	63%	0%	38%
Doxicilina	6	50%	0%	50%

En el cuadro 10, presentado a continuación, se muestran los porcentajes la susceptibilidad y resistencia antimicrobiana observada en distintos antibióticos utilizados en el 2018.

Cuadro 10. Porcentaje de susceptibilidad y resistencia antimicrobiana observada hacia los distintos antibióticos utilizados en los antibiogramas en el año 2018.

Antimicrobianos	Total de enfrentamientos	Sensible	Poco Sensible	Resistente
Cefatetan	3	0%	100%	0%
Gentamicina	17	59%	18%	24%
Oxitetraciclina	12	50%	8%	42%
Amoxicilina + Ácido Clavulanico	14	100%	0%	0%
Sulfametoxazol + Trimetropima	26	23%	27%	50%
Enrofloxacina	56	86%	9%	5%
Estreptomina	23	4%	22%	74%
Neomicina	13	8%	0%	92%
Ciprofloxacina	53	81%	8%	11%
Kanamicina	1	100%	0%	0%
Penicilina	43	53%	12%	35%
Amikacina	38	39%	39%	21%
Doxiciclina	10	50%	30%	20%
Amoxicilina	38	58%	11%	32%
Clindamicina	44	36%	20%	43%
Cefalexina	11	82%	0%	18%
Claritromicina	6	33%	0%	67%
Ceftriaxona	18	94%	0%	6%
Cefazolina	18	78%	0%	22%
Doxicilina	2	50%	0%	50%
Azitromicina	21	52%	29%	19%
Kanamicina	5	0%	20%	80%

En el cuadro 11, presentado a continuación, se muestran los porcentajes la susceptibilidad y resistencia antimicrobiana observada en distintos antibióticos utilizados en el 2019

Cuadro 11. Porcentaje de susceptibilidad y resistencia antimicrobiana observada hacia los distintos antibióticos utilizados en los antibiogramas en el año 2019.

Antimicrobianos	Total de enfrentamientos	Sensible	Poco Sensible	Resistente
Cefatetan	8	75%	0%	25%
Gentamicina	36	64%	14%	22%
Oxitetraciclina	50	30%	20%	50%
Amoxicilina + Ácido Clavulanico	10	80%	20%	0%
Sulfametoxazol + Trimetropima	22	32%	23%	45%
Enrofloxacin	59	71%	20%	8%
Neomicina	20	10%	45%	45%
Ciprofloxacina	49	88%	6%	6%
Penicilina	57	37%	12%	51%
Tetraciclina	2	50%	50%	0%
Amikacina	20	55%	25%	20%
Doxiciclina	16	69%	13%	19%
Amoxicilina	34	21%	21%	59%
Cafazolin	30	60%	3%	37%
Claritromicina	7	43%	0%	57%
Ceftriaxona	38	87%	5%	8%
Cefalotina	2	0%	0%	100%
Cefazolina	7	86%	14%	0%
Kanamicina	15	20%	33%	47%
Ácido Nalidixico	1	0%	100%	0%
Aprofloxacin	1	100%	0%	0%

En el cuadro 12, se muestra la proporción total de susceptibilidad y resistencia de los géneros bacterianos aislados en este estudio frente a cada antibiótico empleado por el laboratorio de microbiología en el período del 2016 al 2019.

Cuadro 12. Porcentaje de resistencia antimicrobiana observada hacia los distintos antibióticos utilizados en los antibiogramas del 2016 a 2019.

Antimicrobianos	2016	2017	2018	2019	Promedio
Cefatetan	0%	0%	0%	25%	6%
Gentamicina	0%	60%	24%	22%	26%
Ampicilina	0%	19%	0%	0%	5%
Oxitetraciclina	40%	50%	42%	50%	46%
Bacitracina	100%	0%	0%	0%	25%
Amoxicilina + Ácido Clavulanico	33%	0%	0%	0%	8%
Sulfametoxazol + Trimetropima	50%	39%	50%	45%	46%
Enrofloxacina	100%	14%	5%	8%	32%
Estreptomicina	100%	0%	74%	0%	44%
Neomicina	100%	6%	92%	45%	61%
Ciprofloxacina	100%	4%	11%	6%	30%
Kanamicina	0%	33%	0%	47%	20%
Penicilina	100%	45%	35%	51%	58%
Tetraciclina	100%	44%	0%	0%	36%
Amikacina	0%	11%	21%	20%	13%
Doxiciclina	0%	50%	50%	19%	30%
Amoxicilina	0%	20%	32%	59%	28%
Cafazolin	0%	0%	0%	0%	0%
Clindamicina	0%	65%	43%	0%	27%
Cefalexina	0%	63%	18%	0%	20%
Claritromicina	0%	86%	67%	57%	53%
Ceftriaxona	0%	10%	6%	8%	6%
Cefalotina	0%	31%	0%	100%	33%
Cefazolina	0%	38%	22%	0%	15%
Azitromicina	0%	0%	19%	0%	5%
Kanamicina	0%	33%	0%	47%	20%
Ácido Nalidixico	0%	0%	0%	0%	0%
Aprofloxacina	0%	0%	0%	0%	0%

VI. DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados obtenidos, los géneros bacterianos mayormente aislados presentaron un comportamiento distinto para cada antibiótico. Se tiene que tomar en cuenta que los datos varían en gran medida debido a que las muestras no son homogéneas, no se evaluó el mismo número de muestras cada año (se realizaron los análisis correspondientes para el año 2016, pero el número total de aislamientos obtenidos no son significativos para el estudio), varía el número de enfrentamientos por antibiótico y las muestras proceden de distintos animales, siendo en su mayoría la leche de proveniente de bovinos.

El género bacteriano mayormente aislado fue *Staphylococcus* sp. β -hemolítico y *Staphylococcus* sp. no hemolítico los cuales por considerarse parte del microbiota/microbioma de la piel, mucosas e intestino representan agentes mayormente identificados en varias investigaciones similares a ésta (Muñoz, 2017), resaltando la importancia del enfoque “Una sola Salud” y sus repercusiones negativas sobre la salud pública y animal (OIE, 2015).

Este género bacteriano tiene gran importancia en la producción de leche ya que es el responsable de mastitis clínicas y subclínicas, debido a la transmisión durante el ordeño a través de las manos de los ordeñadores, el uso compartido de toallas para lavar y secar las ubres y/o por el uso de las pezoneras no estériles en los ordeños.

El género *Staphylococcus* sp. no hemolítico presentó mayor porcentaje de resistencia a oxitetraciclina. Este género presenta varios mecanismos de resistencias antimicrobiana, siendo uno de ellos la bomba de eflujo, la cual expulsa del interior al exterior de la bacteria la molécula de la tetraciclina, asimismo, presenta genes de resistencia tet(O) y tet(M), que

le confieren protección ribosomal evitando que la tetraciclina interfiera con la síntesis proteica de la bacteria y por subsiguiente la muerte (Fernández, 2018).

El segundo antibiótico al que *Staphylococcus* sp. no hemolítico y *Staphylococcus* sp. β -hemolítico presentaron resistencia fue a neomicina, esta resistencia se debe a la producción de genes modificadores de aminoglucósidos, llevando al antibiótico a unirse débilmente a los ribosomas de la bacteria y por ende afectado el ingreso del antibiótico según Ardanuy et al (2011), Fernández (2018), y Mella et al (2004).

Y el tercer antibiótico al que *Staphylococcus* sp. no hemolítico presentó mayor porcentaje de resistencia fue a amoxicilina y se debe a la producción de enzimas betalactamasas que inactivan el antibiótico (Ardanuy et al. 2011) y poseen genes de resistencia llamados blaZ con la capacidad de hidrolizar exclusivamente a las penicilinas (Fernández, 2018).

Este comportamiento se ha manifestado anteriormente en otros estudios de resistencia antimicrobiana, tanto en clínica de animales de compañía (Barreda, 2020; Centeno, 2020; Muñoz, 2017) como en la producción de leche (Valero-Leal et al., 2010).

Streptococcus sp., fue otro género de bacterias que mayormente se aisló, presentando un mayor porcentaje de resistencia a neomicina, gentamicina y penicilina. Este género bacteriano se considera de gran importancia en la producción de leche debido a que es el responsable en su mayoría de mastitis subclínicas y crónicas en vacas, repercutiendo de una manera negativa en el hato (Jaramillo-Jaramillo et al 2018).

López (2008) determinó que *Streptococcus* sp. es el segundo género bacteriano que se aísla frecuentemente de muestras de leche provenientes de explotaciones del suroccidente de Guatemala.

Según Jaramillo-Jaramillo et al. (2018) dentro de los mecanismos de resistencia de *Streptococcus* sp. esta la alteración del punto de acción o blanco del antibiótico, evitando la inhibición de la bacteria. En otros estudios recientes basados en la secuenciación del genoma completo muestra la presencia de determinantes de beta lactamasas de *Streptococcus uberis* aislados de mastitis bovinas (Vélez et al., 2017). La resistencia a aminoglucósidos suele ser rara, sin embargo, su resistencia se debe principalmente a la producción de enzimas que evitan la supresión del antibiótico (Cattoir, 2016).

La tercera bacteria mayormente aislada fue *Escherichia coli*. este dato es consistente con Villatoro (2019) y López (2008) los cuales determinaron que *Escherichia coli*, es el género bacteriano que frecuentemente se aísla en muestras de leche en Guatemala. Su alta proporción de aislamientos se debe principalmente a las malas prácticas de ordeño, utilización de agua contaminada, entre otros factores que favorecen al sobrecrecimiento de este género bacteriano resultado en mastitis.

Escherichia coli presentó mayor resistencia a penicilina, según Mosquito et al. (2011), *Escherichia coli* presenta betalactamasas, las cuales son enzimas que inactivan el antibiótico, los genes implicados que codifican las betalactamasas son: blaTEM, blaSHV, blaCSRB, blaOXA, blaCTX-M y blaGES.

El cuarto género bacteriano frecuentemente aislado fue *Pseudomonas* sp. Este género bacteriano es de importancia ya que en humanos es la

principal causante de infecciones intrahospitalarias en pacientes con quemaduras, inmunocomprometidos y/o debilidades crónicas (Bush y Schmidt, 2022).

Rosas et al. (2014), determinó que *Pseudomonas aeruginosa* fue el género bacteriano que mayormente se aisló de heridas quirúrgicas en perros hospitalizados en Bogotá Colombia, asimismo, observó resistencia a múltiples antibióticos en todas las cepas aisladas de *P. aeruginosa*. Por otra parte, este género bacteriano es el agente etiológico de mastitis ambientales de vacas lecheras.

Pseudomonas sp. presentó mayor resistencia a penicilina. Según Gómez et al. (2005) este género bacteriano presenta resistencia tanto de manera natural como adquirida a distintos antibióticos. Esta resistencia se da más en un ambiente intrahospitalario. Sus principales mecanismos de resistencia se deben a la presencia de betalactamasas que inhiben al antibiótico, se han reportado betalactamasas de espectro extendido y las metabelactamasas, las cuales han comenzado a surgir en este género bacteriano. Otro mecanismo de resistencia es la membrana externa que constituye una barrera semipermeable para la captación del antibiótico, restringiendo así el movimiento del antibiótico dentro de la bacteria (Livermore, 2002). Las porinas OperF es la responsable del gran límite de exclusión de la membrana externa de este género bacteriano (Livermore, 2002).

Los antimicrobianos utilizados en veterinaria y en salud humana pertenecen a las mismas familias y comparten similares mecanismos de acción, lo que incrementa los riesgos de transmisión de bacterias resistentes entre el ser humano y los animales, a través de la incorporación a las cadenas alimenticias o por otras vías de contacto directa o indirecta (Zunino, 2018).

Los antibióticos a los que las bacterias presentaron resistencia fueron: neomicina, penicilina, claritromicina, oxitetraciclina y sulfametoxazol + trimetropima durante los años estudiados. Estos resultados coinciden con el aumento en la presencia de residuos de antibióticos betalactámicos y aminoglucósidos en productos de origen animal en Guatemala. Según Martínez (2009) la oxitetraciclina LA y la penicilina G benzatínica, procaínica, potásica, en combinación con sulfato de estreptomina (aminoglucósido) eran los antibióticos inyectados más utilizados en Guatemala, por otra parte, según Poirel et al (2018) los antibióticos utilizados frecuentemente en infecciones intestinales tanto en el cerdo como en el ser humano son la neomicina, derivados de la estreptomina, gentamicina y amikacina. Otros datos para tomar en cuenta son el de Porras (2021) determinó que cepas de *Escherichia coli* presentaron mayor resistencia a neomicina en carne de cerdo de los mercados municipales de la ciudad de Guatemala y Aideé (2005) demostró que *Escherichia coli*. presentó resistencia a betalactámicos y aminoglucósidos de muestras de carne de res procedentes de carnicerías de los mercados de la ciudad capital de Guatemala,

El incremento en la resistencia a estos antibióticos se debe a uso indiscriminado, sub-dosificaciones, tratamientos para infecciones que no cuentan con aislamiento bacteriano junto a un antibiograma y han llevado a la creación de bacterias potencialmente peligrosas poniendo en riesgo la salud pública y animal.

VII. CONCLUSIONES

- Los géneros bacterianos que se aislaron de muestras clínicas de animales fueron: *Staphylococcus* sp. beta hemolítico, *Staphylococcus* sp. no hemolítico, *Streptococcus* sp., *Escherichia coli.*, *Pseudomonas* sp., *Enterobacter* sp., *Corynebacterium* sp., *Proteus* sp., *Klebsiella* sp. y *Streptococcus* sp. no hemolítico de muestra clínica de animales remitidas al laboratorio de microbiología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad San Carlos de Guatemala (USAC) en el año 2016 al 2019.
- Los géneros bacterianos mayormente aislados de muestras clínicas de animales fueron: *Staphylococcus* sp. β -hemolítico, *Staphylococcus* sp. no hemolítico, *Streptococcus* sp., *Escherichia coli.* y *Pseudomonas* sp., del laboratorio de microbiología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la USAC del año 2016 al 2019.
- *Staphylococcus* sp. beta hemolítico fue resistente a neomicina en un 67% de 24 enfrentamientos, *Staphylococcus* sp. no hemolítico fue resistente a neomicina en un 93% de 27 enfrentamientos y a oxitetraciclina en un 55% de 33 enfrentamientos, *Streptococcus* sp. fue resistente a neomicina en un 71% de 21 enfrentamientos, *Escherichia coli* fue resistente a penicilina en un 100% de los 6 enfrentamientos y *Pseudomonas* sp. fue resistente a penicilina en un 100% de los 11 enfrentamientos.
- Los antibióticos a los que los géneros bacterianos aislados en este estudio presentaron un porcentaje mayor de resistencia fueron: neomicina en un 61%, penicilina en un 58%, claritromicina en un 53%, oxitetraciclina en un 46% y sulfametoxazol + trimetoprima en un 46%.

VIII. RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio del comportamiento de las bacterias frente a los antimicrobianos en laboratorios de mayor referencia por clínicas veterinarias de animales domésticos en la ciudad de Guatemala y en el interior del país.
- Creación de programas por parte de asociaciones, Ministerio de Salud y MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación) que fomenten y socialicen el uso razonable de los antibióticos a médicos veterinarios.
- Realizar estudios anuales de la resistencia antimicrobiana en antibióticos utilizados mayormente en medicina veterinaria de pequeñas especies y de producción.

IX. RESUMEN

La estrecha relación que existe entre los animales y las personas resulta en condiciones favorables para la transmisión de bacterias resistentes a distintos antibióticos, dicho contagio puede darse a través del contacto directo e indirecto, poniendo en riesgo la salud pública y/o animal. En la clínica veterinaria, los antimicrobianos tienen un uso terapéutico y/o profiláctico, pero debido a su uso indiscriminado y tratamientos que no cuentan con aislamientos bacterianos y antibiogramas, dan como resultado la creación de bacterias multirresistentes, que a su vez provocan fallas en el tratamiento y altos costos hospitalarios. Los conocimientos actuales de la resistencia antimicrobiana en medicina veterinaria en Guatemala son limitados, por lo subsiguiente el fin de presente estudio es identificar los géneros bacterianos que presentan resistencia antimicrobiana, los antibióticos a los que fueron resistentes y generar información nacional. El siguiente estudio descriptivo longitudinal retrospectivo determinó a partir de 215 muestras clínicas de animales remitidas al laboratorio de Microbiología de la FMVZ de la USAC en el período de 2016 al 2019, que los géneros bacterianos aislados fueron: *Staphylococcus* sp, Beta hemolítico *Staphylococcus* sp. no hemolítico, *Streptococcus* sp, *Escherichia coli*, *Pseudomonas* sp., *Enterobacter* sp., *Corynebacterium* sp., *Proteus* sp., *Klebsiella* sp. y *Streptococcus* sp. Beta hemolítico, siendo *Staphylococcus* sp. beta hemolítico, *Staphylococcus* sp. no hemolítico, *Streptococcus* sp., *Escherichia coli* y *Pseudomonas* sp. los géneros bacterianos que mayormente se aislaron, asimismo, se determinó que neomicina (61%), penicilina (58%), claritromicina (53%), oxitetraciclina (46%) y sulfametoxazol + trimetropima (46%) fueron los antibióticos a los que los géneros bacterianos aislados presentaron mayor resistencia.

SUMMARY

The close relationship that exists between animals and people results in favorable conditions for the transmission of bacteria resistant to different antibiotics, such contagion can occur through direct and indirect contact, putting public and/or animal health at risk. In the veterinary clinic, antimicrobials have a therapeutic and/or prophylactic use, but due to their indiscriminate use and treatments that do not have bacterial isolations and antibiograms, they result in the creation of multiresistant bacteria, which in turn cause treatment failures and high hospital costs. Current knowledge of antimicrobial resistance in veterinary medicine in Guatemala is limited; therefore, the purpose of this study is to identify the bacterial genera that present antimicrobial resistance, the antibiotics to which they were resistant and to generate national information. The following retrospective longitudinal descriptive study determined from 215 clinical samples of animals submitted to the microbiology laboratory of the FMVZ of the USAC in the period from 2016 to 2019, that the bacterial genera isolated were: *Staphylococcus* sp, Beta hemolytic *Staphylococcus* sp. non-hemolytic, *Streptococcus* sp, *Escherichia coli*, *Pseudomonas* sp, *Enterobacter* sp, *Corynebacterium* sp, *Proteus* sp, *Klebsiella* sp. and *Streptococcus* sp. Beta hemolytic, being *Staphylococcus* sp. beta hemolytic, *Staphylococcus* sp. non-hemolytic, *Streptococcus* sp, *Escherichia coli* and *Pseudomonas* sp. were the bacterial genera that were isolated most frequently. It was also determined that Neomycin (61%), Penicillin (58%), Clarithromycin (53%), Oxytetracycline (46%) and Sulfamethoxazole + trimethopime (46%) were the antibiotics to which the isolated bacterial genera showed the greatest resistance.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aideé C. (2005). *Determinación de la resistencia a los antibióticos de las cepas de (Escherichia coli) aisladas de carne molida de res, procedentes de mercados municipales de la ciudad capital de Guatemala, mediante la prueba de difusión en disco.* (tesis de pregrado) Universidad de Guatemala. Ciudad de Guatemala.

Agencia iberoamericana para la difusión de la ciencia y la tecnología [Dicyt]. (2021). *Comprueban en perros y gatos el aumento de la resistencia de bacterias a los antibióticos.* Argentina. Recuperado de: <https://www.dicyt.com/viewNews.php?newsId=44746>

Anticevic, S., Jara, M. y Loreto M. (2008) Resistencia antimicrobiana de *Staphylococcus* aislados de la piel de gatos. ¿un riesgo para la salud humana? *Avances en Ciencias Veterinarias*, 25(1-2). doi: 10.5354/0719-5273.2012.18290

Ardanuy C., Cercenado E., Morosini M. y Torres C. (2011). *Detección fenotípica de mecanismos de resistencia en grampositivos.* Eimc. Recuperado de: <https://www.seimc.org/contenidos/documentoscientificos/procedimientosmicrobiologia/seimc-procedimientomicrobiologia39.pdf>

Barreda, I. (2020). *Determinación de la resistencia a antimicrobianos de bacterias aisladas de perros con otitis externa, atendidos en clínicas veterinarias de la ciudad de Guatemala.* (tesis de grado). Universidad de San Carlos de Guatemala. Ciudad de Guatemala.

Bush L. y Schmidt C. (2022). Generalidades sobre las infecciones por *Pseudomonas* y patógenos relacionados. Manual MSD. Recuperado de: <https://www.msdmanuals.com/es/professional/enfermedades->

[infecciosas/bacilos-gramnegativos/infecciones-por-pseudomonas-y-pat%C3%B3genos-relacionados](#)

Casellas, J, (2011). Resistencia a los antibacterianos en América Latina: consecuencias para la infectología. *Revista Panamericana de Salud Publica* 30(6):519-28 Recuperado de: <https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/9428/a04v30n6.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Cattoir, V. (2016). Mecanismos de resistencia a los antibióticos. *Medicina intensiva*. 46 (7) 392-402. DOI: 10.1016/j.medin.2022.02.004

Centeno, D. (2020). *Efecto inhibitorio del ácido hipocloroso al 0.010%, 0.025% y 0.075% de concentración a diferentes tiempos de inoculación sobre cepas de Porphyromona gingivalis y Staphylococcus aureus*. [Tesis de licenciatura] Universidad Central de Ecuador.

Center for Disease Control and Prevention (2020). Antibiotic/Antimicrobial Resistance (AR/AMR). Recuperado de: <https://www.cdc.gov/drugresistance/about.html>

Cercenado E. y Saavedra-Lozano J. (2009). El antibiograma. Interpretación del Antibiograma: conceptos generales (I). *Anales de Pediatría Continuada*, 7(4), 214-217.

Damborg, P., Broens, E., Chomel B., Guenther, F., Pasmans, F., Wagenaar, J., Weese J., Wieler L., Wieler L., Windahl U., Vanrompay D., y Guardabassi, L. (2016). Bacterial Zoonoses Transmitted by Household Pets: State-of-the-Art and Future Perspectives for Targeted Research and Policy Actions. *Journal of Comparative Pathology*, 155(1), S27 S40.



Departamento de Agricultura de Estados Unidos, Servicio de Inspección de Salud Animal y Vegetal y Servicios Veterinarios. (2014). *Programa Nacional de Acreditación Veterinaria. Módulo 23: uso de antibióticos en animales*. Recuperado de: <http://www.cfsph.iastate.edu/pdf-library/Acreditacion-Veterinaria/NVAP-Mod23-Antibiotics-in-Animals.pdf>

Destoumieux-Garzón, D., Mavingui, P., Boetsch, G., Boissier, J., Darriet, F., Duboz, P., Fritsch, C., Giraudou, P., Le Roux, F., Morand, S., Paillard, C., Pontier, D., Sueur, C. y Voituren, Y. (2018). The One Health Concept: 10 Years Old and a Long Road Ahead. *Frontiers in Veterinary Science*, 5(14).

Doyman M. (2014). Resistencia antibiótica en la infección urinaria: la historia sin fin. *Boletín Médico del Hospital Infantil de México*. 71(6), 329-331.

Riverón, F., Hernández, F., López J., Ponce, L., & Machado C., (2003). Resistencia Bacteriana. *Revista Cubana de Medicina Militar*, 32(1), 44-8 recuperado de <http://scielo.sld.cu/pdf/mil/v32n1/mil07103.pdf>

Fernández R. (2018). *Staphylococcus lugdunensis: Fenotipos y Genotipos de resistencia a antibióticos, producción y caracterización de sustancias antimicrobianas*. Universidad de Zaragoza y Universidad de la Rioja. (trabajo de graduación para Máster). Zaragoza.

Ferretti J. J., Stevens D, L., Sichetti, V.A. (2016). *Streptococcus pyogenes: Basic Biology to Clinical Manifestations*. University of Oklahoma Health Sciences Center. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK333414/>



Giacoboni G. (2013). RESISTENCIA A LOS ANTIMICROBIANOS EN MEDICINA VETERINARIA Y SU RELACIÓN CON LA SALUD PÚBLICA

(CMVPC), Boletín 175:31-33. Recuperado de http://www.produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/Zoonosis/31-resistencia.pdf

Gómez, C.A, Leal, A., Pérez, M. D. J. & Navarrete, M. (2005). Mecanismos de resistencia en *Pseudoonas aeruginosa*: entendimiento a un peligroso enemigo. *Revista de la Facultad de Medicina*, 53 (1). 27-34

González M., (2013). Resistencia antimicrobiana, una amenaza mundial. *Revista cubana de Pediatría*.85.(4) 414-424

Younis, K., Baddour, M., & Ibrahim, M. (2014) Detection of Diarrheagenic Escherichia Coli in Pet Animals and Its Antibiotic Resistance in Alexandria Governorate. *Alexandria Journal of Veterinary Sciences* 45, 113-118.

Guerra, D., Borrayo, J., Valdez, C., Lepe M., Villatoro F., Escobar J., Díaz M. y Ríos L. (2020). Antibiotic-Resistant Salmonella, isolated from cloacal swab samples from turtles in Guatemala. *Revista Ciencia, Tecnología y Salud* 7(2). 196-204.

Herrera, L. (1999). Pruebas de sensibilidad antimicrobiana Metodología de laboratorio. *Revista Médica del Hospital Nacional de Niños Dr. Carlos Sáenz-Herrera*, 34, 33-41

Jaramillo-Jaramillo, A., Cobo-Ángel, G., Moreno-Tolosa, Y. & Ceballos-Márquez, A. (2018) Resistencia antimicrobiana de *Streptococcus agalactiae* de origen humano y bovino. *Revista Médica de Zootecnia*, 13(1), 62-79.



- Livermore, D. M. (2002). Multiple mechanisms of antimicrobial resistance in *Pseudomonas aeruginosa*: our worst nightmare?. *Clinical infectious diseases*, 34(5), 634-640
- López R., (2008). *Evaluación de la resistencia Antibiótica de los microorganismos aislados en casos de mastitis clínicas en una explotación lechera*. (Tesis de pregrado). Universidad San Carlos de Guatemala. Ciudad de Guatemala.
- Lozano, M. y Arias, D. (2008). Residuos de fármacos en alimentos de origen animal: panorama actual en Colombia. *Revista Colombina Pecuaria*, 21(1), 121-135.
- Marston, H. D; Dixon D. M; Knisely J. Palmore, T. N. y Fauci A. S (2016). Antimicrobial Resistance. *Clinical Review & Education*, 316(11), 1193-1204.
- Martínez, D. E. (2009). *Determinación de residuos de antibióticos beta lactámicos y tetraciclinas en leche cruda en productores de COPROLECHE* (Tesis de doctorado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Veterinaria, Guatemala.
- Mella S., Marcela S., Gonnzález G., Bello H., Domínguez M., Zemelman R. y Ramírez C. (2004) Aminoglucósidos-aminociclitolos: Características estructurales y nuevos aspectos sobre su resistencia. *Revista chilena de infectología* 21(4) 330- 338.
- Montone, F., Dib, A., & Suárez, G. (2017). Prescripción de antimicrobianos en la clínica de pequeños animales en el departamento de Montevideo. *Veterinaria (Montevideo)*, 53(207), 24-31.



Moreno, M., Castillo, M., Ferrebuz, A., Osorio, W., Torres, M., y López, D. (2018). Resistencia bacteriana en pequeños animales, potencial riesgo para la salud humana. Bacterial resistance in small animals, risk potential for human health. *Revista electrónica de veterinaria*, 19(6), 33-40.

Moreno C., González R. y Beltran C. (2009) Mecanismos de Resistencia Antimicrobiana en patógenos respiratorios. *Revista de otorrinolaringología y cirugía de cabeza y cuello*, 69(2), 185-192
Recuperado de. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-48162009000200014>

Mosquito, S., Ruiz J., Bauer J., y Ochoa T. (2011). Mecanismos de resistencia antibiótica en *Escherichia coli* Asociadas a diarrea. *Revista peruana de medicina y salud pública*, 28(4), 648-56. Recuperado <http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v28n4/a13v28n4.pdf>

MSDsalud (2019). *Guías terapias biológicas: innovación y cambio*. recuperado de <https://www.msdsalud.es/informacion-practica/guia-terapias-biologicas-innovacion-cambios.html>

Muñoz, E. (2017). *Análisis del comportamiento de los principales géneros bacterianos frente a antimicrobianos, obtenidos a partir de muestras clínicas de origen animal remitidas a un laboratorio veterinario de la ciudad de Cali, Colombia durante los años 2013-2014*. (Tesis de pregrado) Universidad Nacional de la Plata.

Organización Mundial de Sanidad Animal. (2015). Una sola salud. Recuperado de: <https://www.woah.org/es/que-hacemos/iniciativas-mundiales/una-sola-salud/#:~:text=60%20%25%20de%20los%20agentes%20pat%C3%B3genos,se%20originan%20en%20los%20animales.%20> [Consultado el: 16 mayo 2023].



Organización Mundial de la Salud y la Organización Panamericana de la Salud (2015). Resistencia a los antimicrobianos. Recuperado de: https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=11129:amr-antimicrobial-resistance-intro&Itemid=41534&lang=es#gsc.tab=0

Pan American Health Organization (2020). *Antimicrobial Resistance*. Recuperado de: <https://www.paho.org/en/topics/antimicrobial-resistance>

Pamba, P., Rantala, M., Greko, C., Edward, K., Boudewijn C., Van Duijkeren, E., Mateus A., Moreno, M., Pyorala S, Ruzauskas M., Sanders P., Teale C., Threlfall, E., Kunsagi, Z., Torren-Edo, J., Helen, J., y Torneke, K, (2017). Public health risk of antimicrobial resistance transfer from companion animals. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 72 (4), 957–968.

Paredes F. & Roca J. J. (2004). Acción de los antibióticos: perspectiva de la medicación antimicrobiana. *Offarm: farmacia y sociedad. Farmacología*, 23(3), 116-124. recuperado de <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-pdf-13059414>

Paz, V., Mangwani, S., Martínez, A., Álvarez, D., Solono, S. y Vázquez R. (2019). *Pseudomonas Aeruginosa: patogenicidad y resitencia antimicrobiana en la infección urinaria. Scielo. Revista chilena de infectología*, 36(2), 180-190. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-10182019000200180>

Pellegrino, M., Frola, I., Odierno, L. y Bonghi, B. (2011). Mastitis Bovina: Resistencia a antibióticos de cepas de *Staphylococcus aureus* asiladas.



Revista electronica de Veterinaria, 12(7), 1-14 Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/636/63622567006.pdf>

Picazo L. (2000). *Métodos Básicos para el estudio de la sensibilidad a los antimicrobianos. Recomendaciones de la Sociedad Española de Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*. Recuperado de <https://www.seimc.org/contenidos/documentoscientificos/procedimientosmicrobiologia/seimc-procedimientomicrobiologia11.pdf>

Poirel, L., Madec, J. Y., Lupo, A., Schink, A. K., Kieffer, N., Nordmann, P., & Schwarz, S. (2018). Antimicrobial resistance in *Escherichia coli*. *Microbiology spectrum*, 6(4), 6-4

Porras F. (2021). *Evaluación de la resistencia a los antibióticos de cepas de Escherichia coli aisladas en la ciudad de Guatemala*. Instituto de Investigación en Ciencia Animal y Esco salud. Informe final. Recuperado de <https://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/puiis/INF-2020-68.pdf>

Sander, H., (2002). Resistencia antimicrobiana en Latinoamérica: ¿Cómo estamos?. *Revista chilena de infectología*, 19(1), S5 S13. Recuperado de: [dx.doi.org/10.4067/S0716-10182002019100001](https://doi.org/10.4067/S0716-10182002019100001)

Río, A., Baquero, M., Ayllon, T., Smit, L., Rodríguez y Sánchez D. (2015). *Staphylococcus* multirresistentes a los antibióticos y su importancia en medicina veterinaria. *Revista Clínica Veterinaria de pequeños animales*, 35(3), 149-16. Recuperado de <https://www.clinvetpeqanim.com/img/pdf/223473834.pdf>

Rosas Y., Muñoz O. y Garceia O. (2014). *Pseudomonas aeruginosa*: un problema nosocomial emergente en veterinaria. *Revista MDZ Córdoba*, 20(3), 4937-4946. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/mvz/v20s1/v20s1a09.pdf>



Schwarz, S., Loeffler, A. y Kadlec, K. (2017). *Bacterial resistance to antimicrobial agents and its impact on veterinary and human medicine WCVD8 Congress*. Article based on a State of the Art presentation at the 8th World Congress of Veterinary Dermatology. France. DOI: 10.1111/vde.12362.

Mayers D., Soberl J., Ouellette M., Kaye K., Marchaim D. (2016). *Resistencia a los antibióticos de los estreptococos no neumocócidos y su impacto clínico*. Publicado en Línea, nature Public Health Emergency Collection. Doi. [10.1007/978-3-319-47266-9_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-47266-9_2)

Mella S., Sepúlveda M., González G., Bello H., Domínguez M., Zemelman R. y Ramírez C., (2004). Aminoglucósidos-aminociclitolos: características estructurales y nuevos aspectos sobre su resistencia. *Revista chilena de infectología*, 21(4), 330-338. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-10182004000400007>

Valero-Leal, K., Olivares Y., Perozo A., Valbuena E., Boscán, Colina G. y Briñez W. (2010). Susceptibilidad a los Agentes Antimicrobianos en Cepas de *Staphylococcus aureus* aisladas en leche de bovino con mastitis subclínica y leche de tanque. *Revista científica de Maracaibo*, 20 (4). Recuperado de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-22592010000400006

Velásquez, M. (2005). *Evaluación de la resistencia a los antibióticos de las cepas de salmonella spp. aislada de la carne de pollo que se expende en los principales mercados de la ciudad de Guatemala*. (Tesis de grado). Universidad de San Carlos De Guatemala.



Vélez, J. R., Cameron, M., Rodríguez-Lecompte, J. C., Xia, F., Heider, L. C., Saab, M., et al. (2017). Whole-genome sequence analysis of

antimicrobial resistance genes in *Streptococcus uberis* and *Streptococcus dysgalactiae* isolates from Canadian dairy herds. *Frontiers in Veterinary Science*, 4 (63), 570-575. doi: 10.3389/fvets.2017.00063

Villatoro, O. (2019). *Diagnóstico de la calidad higiénica y parámetros físico-químicos de la leche de vaca en los expendidos de la cabecera departamental de Retalhuleu*. (tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala. Ciudad de Guatemala.

Zunino, P. (2018). Historia y perspectiva del enfoque “Una Salud”. *Veterinaria (Montevideo)* 54 (210) 46-51. DOI: 10.29155/VET.54.210.8



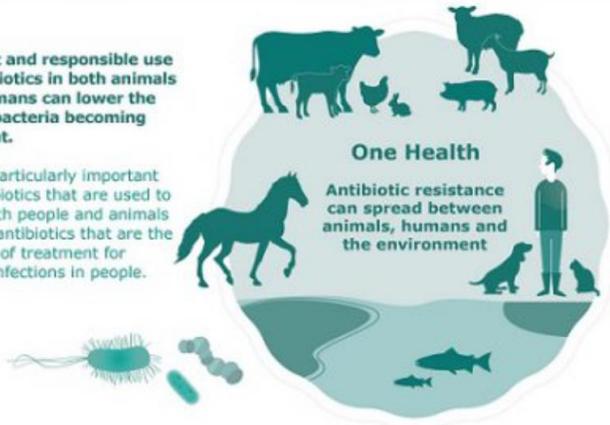
XI. ANEXOS

EMA

Categorisation of antibiotics for use in animals for prudent and responsible use

Prudent and responsible use of antibiotics in both animals and humans can lower the risk of bacteria becoming resistant.

This is particularly important for antibiotics that are used to treat both people and animals and for antibiotics that are the last line of treatment for critical infections in people.



The Antimicrobial Advice Ad Hoc Expert Group (AMEG) has categorised antibiotics based on the potential consequences to public health of increased antimicrobial resistance when used in animals and the need for their use in veterinary medicine.

The categorisation is intended as a tool to support decision-making by veterinarians on which antibiotic to use.

Veterinarians are encouraged to check the AMEG categorisation before prescribing any antibiotic for animals in their care. The AMEG categorisation does not replace treatment guidelines, which also need to take account of other factors such as supporting information in the Summary of Product Characteristics for available medicines, constraints around use in food-producing species, regional variations in diseases and antibiotic resistance, and national prescribing policies.

Category A Avoid

- antibiotics in this category are not authorised as veterinary medicines in the EU
- should not be used in food-producing animals
- may be given to companion animals under exceptional circumstances

Category B Restrict

- antibiotics in this category are critically important in human medicine and use in animals should be restricted to mitigate the risk to public health
- should be considered only when there are no antibiotics in Categories C or D that could be clinically effective
- use should be based on antimicrobial susceptibility testing, wherever possible

Category C Caution

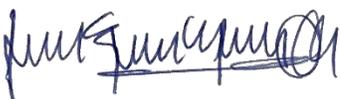
- for antibiotics in this category there are alternatives in human medicine
- for some veterinary indications, there are no alternatives belonging to Category D
- should be considered only when there are no antibiotics in Category D that could be clinically effective

Category D Prudence

- should be used as first line treatments, whenever possible
- as always, should be used prudently, only when medically needed

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE
MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA**

**ESTUDIO RETROSPECTIVO DEL PERFIL DE
RESISTENCIA ANTIMICROBIANA DE GENEROS
BACTERIANOS AISLADOS, PROVENIENTES DE
MUESTRAS CLÍNICAS DE ANIMALES, EN EL LABORATORIO
DE MICROBIOLOGÍA DE LA FMVZ DE LA USAC EN EL
PERIODO DEL 2016 – 2019.**

f. 

Dra. Jacqueline Escobar Muñoz.

ASESOR PRINCIPAL

f. 

M.V. María Andrea Carbonell.
Piloña.

ASESOR

f. 

M.A. María Andrea Muñoz Lorenzana.

EVALUADOR

IMPRIMASE

f.  

M.A. Rodolfo Chnag Shum.

DECANO

