

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES
SEDE CENTRAL MANAGUA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



Trabajo de Graduación
Para optar al título de Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia

EVALUACIÓN DEL USO RESPONSABLE DE ANTIBIÓTICOS EN CLÍNICAS DE ANIMALES AFECTIVOS DEL DEPARTAMENTO DE MANAGUA EN EL PERIODO DE DICIEMBRE 2024

Sustentantes:

- Br. María Jamile Morales Canahuati
- Br. Lilith Alejandra Mena Manzanares

Asesor:

PhD. Ligia Verónica Hernández Salgado, M.V.

Managua, Nicaragua

Mayo 2025

INDICE DE CONTENIDO

SECCION	PAGINA
DEDICATORIA	I
DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS	III
INDICE DE CUADROS	IV
INDICE DE FIGURAS	V
RESUMEN	VI
ABSTRACT	VII
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1. OBJETIVO GENERAL	3
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
IV. JUSTIFICACION DEL PROBLEMA	5
V. ANTECEDENTES	7
VI. HIPÓTESIS	9
6.1. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	9
6.2. HIPÓTESIS NULA	9
6.3. HIPÓTESIS ALTERNATIVA	9
VII. MARCO DE REFERENCIA	10
7.1 CONCEPTOS	10
7.2 PRINCIPALES TIPOS DE RESISTENCIA A ANTIBIÓTICOS	10
7.3 GRUPOS DE ANTIBIÓTICOS	11
7.3.1 ANTIBIÓTICOS BETALACTÁMICOS.	13
7.3.2 ANTIBIÓTICOS AMINOGLUCÓSIDOS	14

7.3.3 ANTIBIÓTICOS ANFENICOLES	15
7.3.4 ANTIBIÓTICOS LINCOSAMIDAS	16
7.3.5 ANTIBIÓTICOS MACRÓLIDOS	17
7.3.6 ANTIBIÓTICOS QUINOLONAS.	18
7.3.7 ANTIBIÓTICOS SULFAMIDAS.	19
7.3.8 ANTIBIÓTICOS TETRACICLINAS	20
7.3.9 ANTIBIÓTICOS NITROIMIDAZOLES	21
7.4 CLASIFICACIÓN DE LOS ANTIBIÓTICOS PARA USO EN ANIMALES	22
7.5 ELECCIÓN DEL ANTIBIÓTICO	23
7.6 SUSCEPTIBILIDAD DE LA BACTERIA A LOS ANTIBIÓTICOS	25
7.7 IMPLICACIONES EN LA SALUD PÚBLICA Y ENFOQUE UNA SALUD	26
7.8 ACCIONES PARA PROMOVER EL USO RESPONSABLE DE ANTIBIÓTICOS	26
VIII. MATERIALES Y METODOS	30
8.2 DISEÑO METODOLÓGICO	31
8.2.1 TIPO DE ESTUDIO	31
8.2.2 CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN	31
8.2.3 FASE DE CAMPO	32
8.3 VARIABLES A EVALUAR	33
8.4 RECOLECCIÓN DE DATOS	34
8.5 ANÁLISIS DE DATOS	34
8.6 MATERIALES Y EQUIPOS	34
IX. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
9.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS ANTIBIÓTICOS MÁS UTILIZADOS POR LOS MÉDICOS VETERINARIOS EN CLÍNICAS DE ANIMALES AFECTIVOS	35
9.2 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS UTILIZADOS POR EL PROFESIONAL VETERINARIO EN LA SELECCIÓN DEL ANTIBIÓTICO	37
9.3 IDENTIFICAR LOS FACTORES QUE PUEDEN CONTRIBUIR A LA RESISTENCIA ANTIMICROBIANA	43
X. CONCLUSIONES	46
XI. RECOMENDACIONES	47

XII. LITERATURA CITADA	48
XIII. ANEXOS	53

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación, en primer lugar, a Dios, por permitirme llegar hasta este momento y brindarme las herramientas necesarias para formarme a lo largo de esta carrera y durante todo este proceso.

A mis padres, **María Yamileth Canahuati Carias** y **Fernando Morales Ortez**, por su constante apoyo, amor incondicional y confianza en mí a lo largo de esta trayectoria. Gracias por respaldarme en todo momento, incluso en las dificultades, por creer en mis capacidades para progresar y aprender, y por ser un ejemplo constante de perseverancia y fortaleza. Su dedicación y amor me han inspirado a ser la mejor profesional posible, enseñándome que los sueños deben ser perseguidos con determinación, pero, sobre todo, con esfuerzo y trabajo constante.

A mis abuelas, **Teresa Carias** y **Azucena Ortez**, quienes lamentablemente ya no están con nosotros, pero cuyo legado de sabiduría y amor perdura en mi vida. Sus consejos y apoyo fueron fundamentales cuando tomé la decisión de seguir mis sueños, y siempre tendrán un lugar muy especial en mis recuerdos y en mi corazón.

A mi hermana **María Fernanda Morales Canahuati**, por ser una de las primeras personas en creer en mis sueños y animarme a seguir adelante. A mi hermana María Alejandra Morales Canahuati, por estar siempre presente, compartiendo mis alegrías y celebrando mis logros.

María Jamile Morales Canahuati

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, por permitirme culminar con éxito mi carrera, y por brindarme la fortaleza y sabiduría necesarias a lo largo de este proceso. A mis padres y abuelos, cuyo apoyo incondicional ha sido fundamental para alcanzar esta meta, siempre brindándome su amor y respaldo en cada etapa de mi formación. A nuestra tutora, quien ha sido una guía invaluable durante todo el proceso de investigación, orientándonos y motivándonos para alcanzar la excelencia. Finalmente, a nuestra alma mater, la Universidad de Ciencias Comerciales (UCC), por ofrecerme los conocimientos y herramientas necesarias para desarrollar mis capacidades y completar esta etapa tan importante en mi vida.

Lilith Alejandra Mena Manzanarez

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por permitirnos culminar este trabajo con éxito, brindándonos la fortaleza y sabiduría necesarias para superar los retos que se presentaron en el camino.

Expresamos nuestra profunda gratitud a nuestros padres, por su apoyo incondicional durante toda nuestra carrera y en este proceso, alentándonos siempre a seguir adelante, a pesar de las adversidades, y a esforzarnos con dedicación para alcanzar nuestras metas.

Asimismo, agradecemos a nuestra tutora de tesis, la PhD **Ligia Verónica Hernández Salgado**, por su invaluable guía, consejos y por su constante apoyo a lo largo de este proceso, los cuales fueron esenciales para el desarrollo y éxito de este trabajo.

Maria Morales y Lilith Mena

INDICE DE CUADROS

CUADRO	PAGINA
1. Grupos de antibióticos	11
2. Variables.	33
3. Uso del antibiótico respecto al sistema afectado	40

INDICE DE FIGURAS

FIGURA	PAGINA
Figura 1. Mecanismo de acción de los antibióticos betalactámicos	13
Figura 2. Mecanismo de acción de los aminoglucósidos.	14
Figura 3. Mecanismo de acción del cloranfenicol.	15
Figura 4. Mecanismo de acción de las lincosamidas	16
Figura 5. Mecanismo de acción de los macrólidos.	17
Figura 6. Mecanismo de acción de las quinolonas	18
Figura 7. Mecanismo de acción de las sulfamidas.	19
Figura 8. Mecanismo de acción de las tetraciclinas	20
Figura 9. Mecanismo de acción de los nitroimidazoles.	21
Figura 10. Mapa de managua.	30
Figura 11. Antibióticos de mayor uso en veterinarias de animales afectivos	35 37
Figura 12. Parámetros utilizados para la selección de antibióticos.	38
Figura 13. Pruebas de diagnóstico utilizadas por los médicos veterinarios de clínicas de animales afectivos.	39
Figura 14. Principales aparatos y sistemas afectados	43
Figura 15. Factores que pueden influir en el desarrollo de resistencia a antibióticos	44
Figura 16. Periodo de prescripción del antibiótico	45
Figura 17. Antibióticos que usan los propietarios sin prescripción médica.	

RESUMEN

La resistencia antimicrobiana (RAM) presente en animales puede ser transmitida a los seres humanos. El objetivo de este estudio fue evaluar el uso responsable de fármacos antibióticos por parte de los profesionales veterinarios en clínicas de animales afectivos del departamento de Managua. El estudio fue de tipo transversal, con un alcance observacional y descriptivo. Se utilizó un instrumento de encuestas aplicado a 31 médicos veterinarios, distribuidas a través de Google Forms, por correo electrónico o WhatsApp. La información recopilada fue tabulada en Excel® y exportada al paquete estadístico SPSS. Los resultados mostraron que el 100 % de los encuestados prescribieron antibióticos a más del 70 % de los pacientes en consultas diarias. Se identificaron los antibióticos más utilizados por los médicos veterinarios: en primer lugar, la doxiciclina (48.4 %), seguida de la amoxicilina más ácido clavulánico (45.2 %), metronidazol (35.5 %), trimetoprim-sulfa (22.6 %), enrofloxacin (12.9 %), clindamicina (12.9 %) y cefalexina (9.6 %). Asimismo, se determinaron los parámetros estratégicos utilizados por los médicos veterinarios para prescribir antibióticos: análisis de laboratorio (58 %), anamnesis clínica (38.7 %), diagnóstico por sistema afectado (29 %), tipo de patología (19.35 %), resultados de cultivo y antibiograma (9.67 %) y prescripción de antibióticos de amplio espectro (3.22 %). Se identificaron varios factores que contribuyen a la RAM: el 29 % mencionó dosis inadecuadas, el 22.6 % indicó el uso irracional, el 12.9 % señaló el incumplimiento de protocolos por parte de los propietarios, el 6.4 % indicó que los propietarios median a sus mascotas sin prescripción médica y el 3.2 % refirió prescripción de antibióticos por periodos muy cortos. En conclusión, los médicos veterinarios utilizan fármacos antibióticos en diferentes categorías de uso (restringido, con cautela y prudente) y emplean estrategias basadas en evidencia para prescribir fármacos antibacterianos.

Palabras clave: Antibiótico, Parámetros, Factores.

ABSTRACT

Antimicrobial resistance present in animals can be transmitted to humans. The objective of this study was to evaluate the responsible use of antibiotic drugs by veterinary professionals working in companion animal clinics in the department of Managua. This was a cross-sectional study with an observational and descriptive design, using a survey instrument administered to 31 veterinarians. The surveys were distributed via Google Forms through email or WhatsApp. Once collected, the data was tabulated in Excel® and exported to the SPSS statistical software package. **Results:** 100% of respondents prescribed antibiotics to more than 70% of their daily consultation patients. The most commonly used antibiotics identified were doxycycline (48.4%), followed by amoxicillin with clavulanic acid (45.2%), metronidazole (35.5%), trimethoprim-sulfamethoxazole (22.6%), enrofloxacin (12.9%), clindamycin (12.9%), and cephalexin (9.6%). The strategic parameters used by veterinarians to prescribe antibacterial drugs included laboratory analyses (58%), clinical anamnesis (38.7%), diagnosis based on the affected system (29%), the type of pathology (19.35%), culture and antibiogram results (9.67%), and broad-spectrum antibiotics (3.22%). Contributing factors to antimicrobial resistance (AMR) were identified: inappropriate dosage (29%), irrational use (22.6%), non-compliance with protocols by pet owners (12.9%), self-medication by owners without a veterinary prescription (6.4%), and short-duration antibiotic prescriptions (3.2%). **Conclusion:** Veterinarians used antibiotics categorized as restricted, to be used with caution, and to be used prudently. They employed evidence-based strategies to prescribe antibacterial drugs.

Keywords: Antibiotic, Parameters, Factors.

I. INTRODUCCIÓN

Los medicamentos antibióticos son herramientas esenciales para el mantenimiento de la salud y el bienestar de las mascotas. Actualmente, los médicos veterinarios debemos enfrentar un escenario cada vez más preocupante, generado por la aparición y diseminación de bacterias resistentes, multiresistentes o panresistentes frente a los antibióticos, las cuales amenazan la salud humana y animal a nivel mundial. Diversos estudios reflejan este fenómeno global en diferentes especies animales, incluyendo ganado, peces y mascotas, pero lamentablemente, en estas últimas existe un escaso control sobre el uso de estas drogas, tanto a nivel nacional como internacional (Galarce et al., 2021).

Si bien la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE) promueve el uso responsable y prudente de los antibióticos para prevenir y reducir la aparición y propagación de bacterias resistentes en los animales y en los seres humanos, con el fin de mantener la eficacia de los antibióticos utilizados, sus principales líneas de acción en el control y uso prudente de los antibióticos han estado focalizadas en los animales de producción. Por lo tanto, existe una falta de control en el uso de antibióticos en la medicina de animales pequeños, lo cual es grave considerando que se estima que las mascotas son receptoras del 37% de los antibióticos destinados a los animales a nivel mundial, según el informe anual de la OIE sobre el uso de antimicrobianos en animales (Galarce et al., 2021).

Según la European Medicines Agency (EMA), la lucha contra la amenaza de la resistencia a los antibióticos es una de sus principales prioridades, así como de la red europea de regulación de medicamentos. En el ámbito de la medicina veterinaria, la EMA promueve el uso prudente de los antibióticos en animales, recopila datos sobre el uso de antibióticos veterinarios en la Unión Europea (UE) y ofrece recomendaciones científicas sobre el uso de antibióticos específicos en animales.

En la última década, los animales de compañía se han convertido en una parte importante de la sociedad. Por lo tanto, el mercado mundial de medicamentos para

estos animales ha aumentado significativamente desde el inicio de los años noventa. Algunos países están incrementando la regulación del uso de antibióticos en animales de producción debido al posible efecto directo e indirecto en los seres humanos; sin embargo, esto no ocurre con los animales de compañía. Algunos autores consideran que los antibióticos utilizados para el cuidado de estos animales pueden constituir un porcentaje significativo (cerca del 50%) del total aplicado a todos los animales (Hernández et al., 2017).

En Nicaragua, aún no se han evidenciado estudios que determinen el uso que los profesionales veterinarios dan a los antibióticos en su práctica clínica diaria. Por ello, el objetivo de nuestro estudio es evaluar el uso responsable de fármacos antibióticos por parte de los profesionales veterinarios en los distintos distritos de la ciudad de Managua, y de esta forma, contribuir a la reducción de la resistencia a antibióticos y al impacto que esta causa tanto en los animales como en la salud pública.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

2.1.1. Evaluar el uso responsable de fármacos antibióticos por parte del profesional veterinario de clínicas de animales afectivos.

2.2. Objetivos Específicos

2.2.1. Identificar los antibióticos más usados por el médico veterinario de las clínicas de animales afectivos.

2.2.2. Determinar los parámetros utilizados por el profesional veterinario en la selección del fármaco.

2.2.3. Identificar los factores que pueden contribuir a la resistencia antimicrobiana.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los medicamentos antimicrobianos están perdiendo eficacia progresivamente debido a la propagación de microbios resistentes, lo que aumenta la dificultad para tratar infecciones tanto en animales como en humanos (Organización Mundial de Sanidad Animal [OMSA], 2023).

La resistencia bacteriana no solo afecta a perros y gatos, sino que también tiene un alto impacto en la salud pública (Organización Panamericana de la Salud [OPS], 2022).

El presente estudio de investigación presentó resultados que permitieron generar información sobre el uso de antibióticos en la medicina veterinaria de Nicaragua, a través de la siguiente pregunta de investigación: En Nicaragua, ¿existe un uso prudente de los antibióticos por parte de los médicos veterinarios que atienden en clínicas de animales de compañía?

IV. JUSTIFICACION DEL PROBLEMA

La resistencia bacteriana a los antibióticos más convencionales autorizados para uso veterinario representa un grave riesgo tanto para los animales como para los seres humanos, especialmente para los individuos más susceptibles, como niños, ancianos y personas con sistemas inmunitarios comprometidos (Allerton et al., 2021).

Estudios realizados por Tóth et al. (2022) detectaron genes resistentes a antibióticos (ARGs) en la saliva de perros, lo que sugiere que esta resistencia podría estar relacionada con la proximidad entre humanos y animales de compañía.

La resistencia a los antimicrobianos es una prioridad crítica para las organizaciones mundiales de la salud (OIE, OMS, FAO). Desde 2015, existe un Plan de Acción Mundial sobre la Resistencia a los Antimicrobianos (Global Action Plan on AMR) que busca frenar este problema, ya que puede poner en riesgo los servicios de salud hospitalarios a nivel mundial. Aunque el problema en animales pequeños no es tan alarmante como en los animales de consumo, el uso indiscriminado e inadecuado de antimicrobianos para tratar enfermedades en las que no son necesarios o para las que existen alternativas de tratamiento contribuye a la aparición de bacterias resistentes. En caso de que estos animales desarrollen una enfermedad posterior causada por el mismo agente bacteriano u otros, el tratamiento sería considerablemente más difícil (Hernández-Barrera et al., 2017).

En la última década, los animales de compañía han adquirido una gran relevancia en la sociedad, lo que ha generado un aumento significativo en el mercado global de medicamentos destinados a estos animales desde los años noventa. Algunos países están reforzando la regulación del uso de antibióticos en animales de producción debido a los posibles efectos directos e indirectos en los seres humanos. Sin embargo, esto no ocurre con los animales de compañía; algunos autores consideran que los antibióticos utilizados en el cuidado de estos animales pueden representar un porcentaje considerable (cerca del 50 %) del total de antibióticos aplicados a todos los animales (Hernández-Barrera et al., 2017).

Según Loureiro et al. (2016), el uso inadecuado e indiscriminado de antibióticos es la principal causa de la formación de resistencia bacteriana, lo que conlleva a un grave problema clínico y de salud pública.

V. ANTECEDENTES

Ibarra (2024) explica que los antibióticos deben ser administrados o recetados únicamente bajo la responsabilidad de un médico veterinario y para el tratamiento exclusivo de infecciones bacterianas.

Gómez (2022) propone que la elección de cada medicamento debe realizarse de manera responsable y apoyada en diversas opciones, puesto que en clínica y campo lo más adecuado será realizar diferentes exámenes de laboratorio. En caso de no ser posible, una buena evaluación clínica podría ayudar a identificar el problema subyacente. Además, se deben respetar las dosificaciones, días y vías de administración indicadas para evitar que el uso indiscriminado y manejo erróneo de los antibióticos favorezcan la aparición de "resistencias antibióticas".

Ogwuche et al. (2021) realizaron un estudio en Nigeria mediante encuestas, donde describen las prácticas de uso de antibióticos por veterinarios y paraveterinarios. En el estudio se destacan áreas clave para la optimización del uso de antimicrobianos, como la necesidad de un mayor uso de pruebas de susceptibilidad a los antimicrobianos, una mayor conciencia sobre el uso apropiado de antibióticos y la difusión de directrices sobre su uso, así como la aplicación de la regulación pertinente por parte de las autoridades gubernamentales.

En un estudio realizado por Zuñiga (2023) en Guatemala, a través de encuestas, se obtuvo información sobre el uso racional de antibióticos en medicina veterinaria. Los resultados revelaron que el 51 % de los médicos veterinarios que ejercen en los departamentos de Guatemala prescriben antibióticos varias veces al día en su práctica profesional.

Por otro lado, Sánchez (2024) llevó a cabo un estudio en Colombia durante 18 semanas en la "Clínica Veterinaria Mascotas Gold". El objetivo del estudio fue establecer un manejo racional del uso de antibióticos de la categoría D. Se realizó una evaluación inicial, seguida de la ejecución de un programa de capacitación para los

médicos veterinarios de la clínica, con el fin de aplicar el uso adecuado de antibióticos, para luego evaluar los resultados y, si es necesario, implementar medidas correctivas.

Ibarra (2024) también llevó a cabo un estudio en Ecuador mediante encuestas a 40 profesionales de la medicina veterinaria de centros de atención veterinaria, con el propósito de identificar la percepción y los patrones de uso de los antibióticos. Los resultados mostraron que el 60 % de los encuestados opinaban que la prescripción de antibióticos debe ser realizada únicamente por médicos veterinarios especialistas, mientras que el 75 % afirmó que se deben realizar programas de educación dirigidos a veterinarios, asesores no veterinarios y propietarios, promoviendo el control, regulación y manejo adecuado de los antibióticos.

Carrasco (2019) opinó que para la selección adecuada de un antibiótico es necesario conocer la identidad del microorganismo, su sensibilidad a un determinado antibiótico, el sitio de la infección, los factores relacionados con el paciente, la seguridad del fármaco, sus efectos adversos y el costo del tratamiento. Sin embargo, en casos graves o críticos, es necesario recurrir a un tratamiento empírico o provisional, es decir, administrar un antibiótico antes de identificar el microorganismo y realizar el antibiograma. Además de estos factores, se deben considerar la vía de administración del fármaco, las pautas de dosificación y las posibles reacciones adversas, como las alergias del paciente a los antibióticos.

VI. HIPÓTESIS

6.1. Hipótesis de investigación

Todos los médicos veterinarios de las clínicas de animales afectivos del departamento de Managua prescriben antibióticos basados en evidencias.

6.2. Hipótesis nula

Todos los médicos veterinarios de las clínicas de animales afectivos del departamento de Managua prescriben antibióticos sin establecer evidencias.

6.3. Hipótesis alternativa

No todos los médicos veterinarios de las clínicas de animales afectivos del departamento de Managua prescriben antibióticos basados en evidencias.

VII. MARCO DE REFERENCIA

7.1 Conceptos

Antibiótico: "Fármacos que eliminan o inhiben el crecimiento y/o multiplicación microbiana" (Rosas de Andraca et al., 2021).

Resistencia a los antibióticos: "Facultad que puede tener una bacteria de resistir los mecanismos de inhibición del crecimiento o el efecto bactericida de un antibiótico determinado, in vitro, por encima de la vulnerabilidad común de un grupo específico de bacterias" (Rosas de Andraca et al., 2021).

Susceptibilidad a los antibióticos: "Propiedad de una bacteria de ser inhibida por ciertas concentraciones específicas de un agente antibiótico cuando se usa la dosis establecida para el foco infeccioso, dando como resultado una eficacia clínica general" (Rosas de Andraca et al., 2021).

7.2 Principales tipos de resistencia a antibióticos

Según Sumano (2006) como se cita en Cortés (2015), los principales tipos de resistencia antibióticos son:

7.2.1 Resistencia natural: Es un carácter constante de todas las cepas de una misma especie bacteriana. El conocimiento de las resistencias naturales permite prever la inactividad de la molécula frente a bacterias identificadas después del cultivo o sospechosas en caso de antibioticoterapia empírica.

7.2.2 Resistencia asociada: Ocurre cuando afecta a varios antibióticos de familias diferentes. En general, se debe a la asociación de varios mecanismos de resistencia (por ejemplo, la resistencia de los estafilococos a la oxacilina, que frecuentemente se asocia con quinolonas, aminoglucósidos, macrólidos y ciclinas).

7.2.3 Modificación gradual de la expresión de genes preexistentes: Se trata de genes existentes para otros propósitos en circunstancias normales que, al encontrarse sometidos a una presión por antibióticos, modifican su actividad. Por ejemplo, en *Escherichia coli*, la cicloserina entra aprovechando el sistema

de transporte de la valina o la glicocola. Algunos mutantes incapaces de transportar estos aminoácidos son resistentes a la cicloserina.

7.2.4 Mutación: Las mutaciones génicas son espontáneas cuando ocurren sin intervención de procedimientos mutagénicos experimentales. Las mutaciones bacterianas espontáneas son aleatorias y afectan un gen cualquiera dentro del rango de 10^{-5} a 10^{-10} por célula y división.

7.2.5 Plásmidos: Se han identificado más de siete genes de resistencia por plásmido. Relacionados con estos están los transposones, integrones, bacteriófagos y episomas.

7.2.6 Recombinación o epistaxis de genes específicos para resistencias: Tanto endógenos como exógenos, se combinan genes mutantes para la expresión de un locus de contingencia bacteriana.

7.3 Grupos de antibióticos

Tabla 1

Grupos de antibióticos

ANTIBIÓTICOS	GRUPO	MECANISMO DE ACCIÓN	ESPECTRO	ACCIÓN	EXCRECIÓN
Penicilina g Penicilina v Cloxacilina	Betalactámicos: Penicilinas	Inhiben la síntesis de la pared celular.	Gram +	Bactericid a	Renal
Ampicilina Amoxicilina			Gram +, Estafilococos productores de penicilinas		
Carbenicilina			Gram+ y Gram-		
Cefalexina			Gram+, Gram- y pseudomonas		
	Betalactámicos: Cefalosporinas	Inhiben la síntesis de la pared celular.	Gram+ y Gram- , más actividad frente a Estafilococos		

			productores de penicilinas		
Cefepime			Estafilococos y enterobacterias		
Ceftriaxona			Gram+ y Gram-		
Acido Clavulánico	Betalactámicos Inhibidores de la Bectalactomasa	Se unen a la Bectalactomas a Inhibiéndola	Organismos productores de Bectalactomas a		Renal
Sulbactam					
Tazobactam					
Imipenem – Cilastatina	Betalactámicos Carbapenemes	Inhiben la síntesis de la pared celular.	Gram+ y Gram-, Aerobios y Anaerobios		Renal
Gentamicina	Aminoglucósidos	Inhiben la síntesis proteica	Gram -		Renal
Neomicina					
Estreptomicina					
Lincomicina Clindamicina	Lincosamidas	Inhiben la síntesis proteica	Gram+, Gram-, Anaerobios y Micoplasma	Bacteriostáticos	Renal
Polimixina B	Péptidos	Desorganizan la membrana	Gram – y Pseudomonas Aeruginosas	Bactericida	Renal
Colistina					
Vancomicina	Glucopéptidos	Inhibe la síntesis de la pared	Gram+	Bactericida	Renal
Cloranfenicol	Fenicoles	Inhiben la síntesis proteica	Gram+, Gram-, Rickettsias y Clamidas	Bacteriostático	Renal
Tiamfenicol					
Florfenicol					
Eritromicina	Macrólidos	Inhiben la síntesis proteica	Gram+	Bacteriostático	Hepática
Tilosina					
Azitromicina					
Trimetoprim Sulfadiazina	Sulfamidas	Interfiere en la síntesis de ácido fólico	Gram+, Gram- y Coccidios	Bactericida	Renal
Metronidazol	Nitroimidazoles	Rompe el ADN	Bacterias Anaerobias	Bactericida	Renal
Tinidazol					
Doxiciclina	Tetraciclinas	Inhiben la síntesis proteica	Gram+, Gram-, Rickettsias, Clamidas, protozoos	Bacteriostático	Renal
Oxitetraciclina					
Enrofloxacina	Fluoroquinolonas		Gram+ y Gram-		

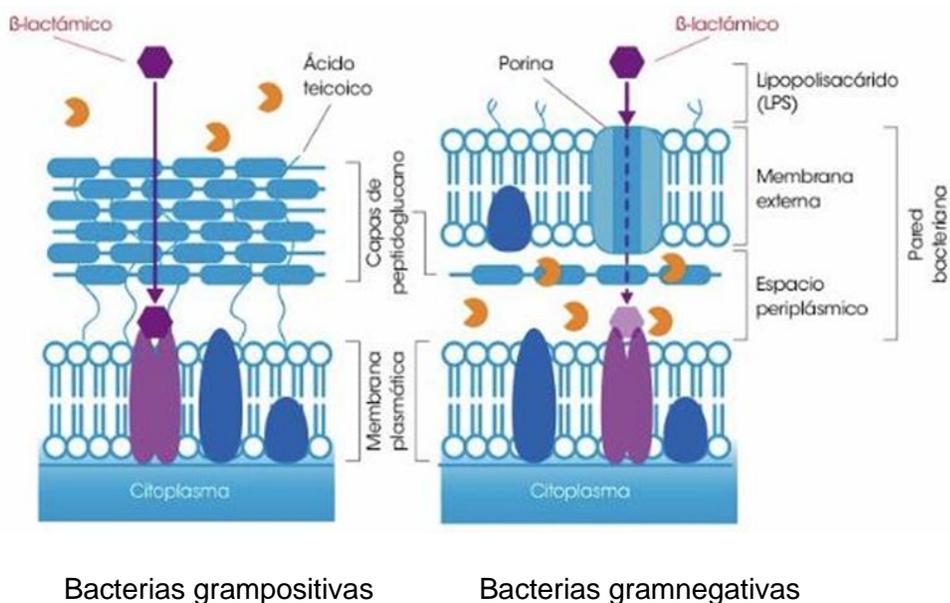
Danofloxacina		Inhiben la ADN girasa		Bactericida	Renal y Hepática
Marbofloxacina					

Fuente: Elaboración propia

7.3.1 Antibióticos betalactámicos.

Figura 1

Mecanismo de acción de los antibióticos betalactámicos



Fuente: Villagrasa, V., et al. (2018).

Los antibióticos betalactámicos, cuyo mecanismo de acción es la inhibición de la última etapa de la síntesis de la pared celular bacteriana, constituyen la familia más numerosa de antimicrobianos y la más utilizada en la práctica clínica. Se trata de antibióticos de acción bactericida lenta, con actividad dependiente del tiempo, que en general tienen buena distribución y escasa toxicidad. La presencia del anillo betalactámico define químicamente a esta familia de antibióticos. Además, este anillo determina el mecanismo de acción (inhibición de la síntesis de la pared celular), la escasa toxicidad directa (actúa sobre la pared celular del microorganismo, que no está presente en la célula eucariota animal), y el principal mecanismo de resistencia (las betalactamasas)

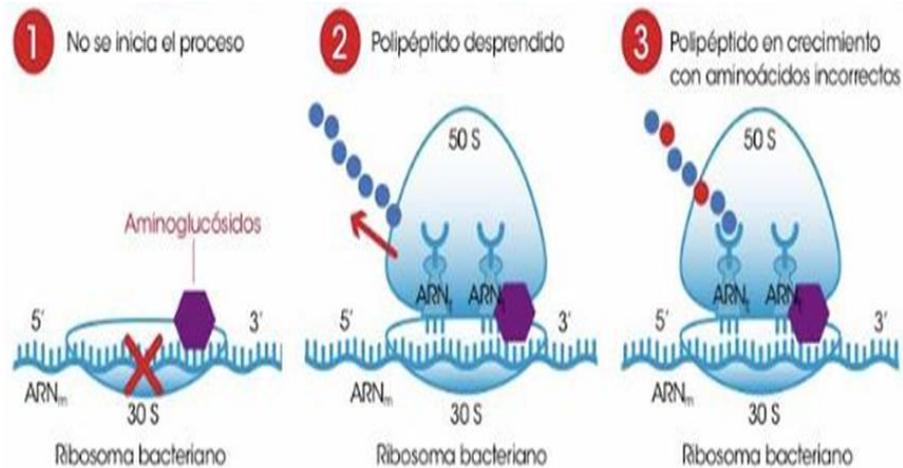
de esta gran familia de antibióticos. No obstante, para que el betalactámico sea activo, es preciso que esté unido a otros radicales (habitualmente otros anillos) (Suárez et al., 2009).

La asociación de diferentes tipos de cadenas lineales, junto con las características propias de este esqueleto básico formado por los dos anillos (llamado núcleo), modifica las propiedades del compuesto resultante y da lugar a los diferentes grupos de antibióticos betalactámicos: penicilinas, cefalosporinas, carbapenémicos, monobactamas e inhibidores de las betalactamasas. Dentro de cada grupo, pequeñas alteraciones en la estructura química son capaces de modificar las características del antibiótico (Suárez et al., 2009).

7.3.2 Antibióticos aminoglucósidos

Figura 2

Mecanismo de acción de los aminoglucósidos.



Fuente: Tomado de Villagrasa, V., et al. (2018).

En la figura 2, se muestra que los aminoglucósidos atraviesan la membrana de las bacterias gramnegativas y un sistema de transporte de oxígeno (afectando a las bacterias aerobias), lo que los conduce hacia el interior de la célula. Se unen de forma

irreversible a la fracción ribosómica 30S, interfiriendo en la traducción del ARNm y afectando la síntesis proteica mediante tres posibles mecanismos:

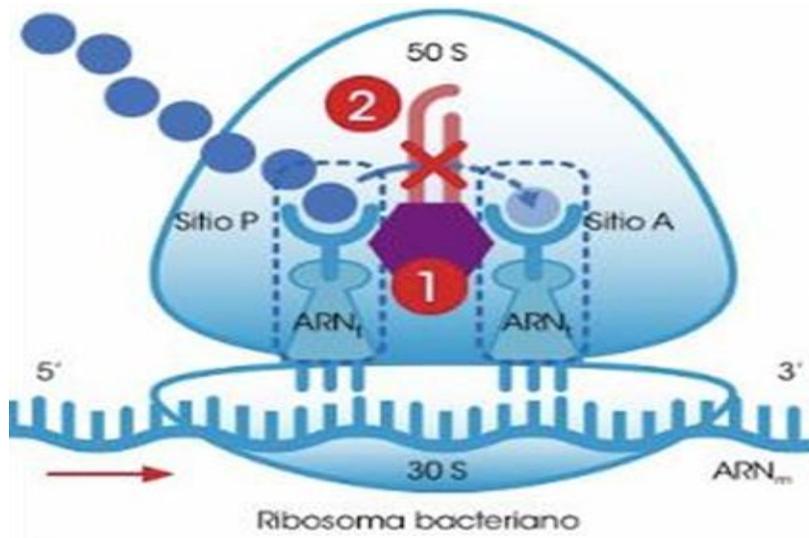
- Bloquean la formación del complejo ARNm y la subunidad 30S, lo que interrumpe la inicialización del proceso.
- Causan una finalización prematura de la cadena sintetizada.
- Permiten la incorporación de un aminoácido incorrecto en la proteína producto (marcado en rojo) (Villagrasa et al., 2018).

Dentro de los aminoglucósidos se encuentran: estreptomicina, neomicina, amikacina, kanamicina, tobramicina, gentamicina y espectinomicina. La resistencia bacteriana a la estreptomicina puede ocurrir por mutación, mientras que con los demás aminoglucósidos se asocia a la producción, mediada por plásmidos, de enzimas inactivadoras (Esparza, 2008).

7.3.3 Antibióticos anfenícolos

Figura 3

Mecanismo de acción del cloranfenicol.



Fuente: Villagrasa, V., et al., (2018).

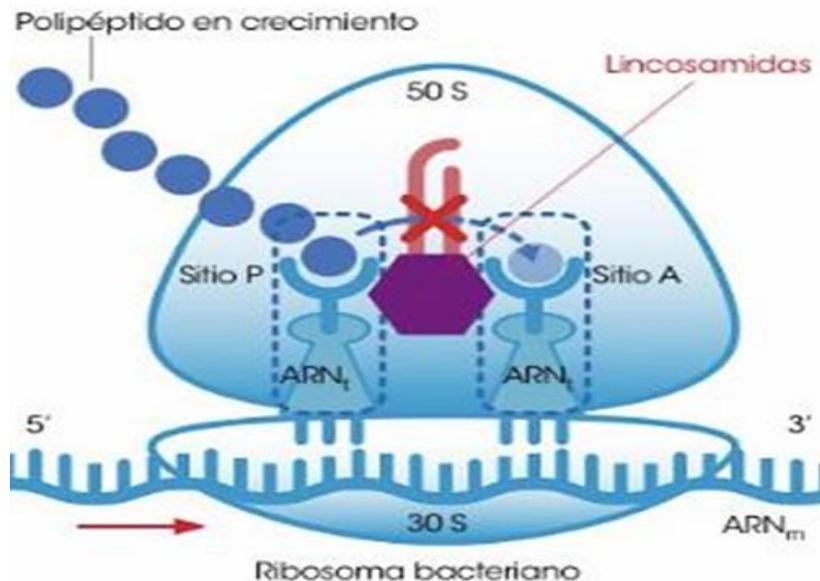
1. El cloranfenicol se fija de forma reversible a la subunidad 50S del ribosoma bacteriano. Este sitio de unión se superpone con el de los macrólidos y las lincosamidas.
2. Inhibe la enzima peptidil-transferasa y bloquea la formación de enlaces peptídicos (Villagrasa et al., 2018).

Los fenicoles penetran en la bacteria mediante un mecanismo activo. Interfieren en el crecimiento bacteriano inhibiendo la síntesis proteica a nivel de la subunidad 50S. Se unen al sitio de fijación del ácido ribonucleico (ARN) de transferencia, interrumpiendo la elongación de la cadena proteica durante la síntesis. Esta acción tiene un efecto bacteriostático sobre la mayoría de los gérmenes sensibles y se ha constatado un efecto bactericida con determinados patógenos. El cloranfenicol es el principal representante de este grupo (Calvo, 2009).

7.3.4 Antibióticos lincosamidas

Figura 4

Mecanismo de acción de las lincosamidas



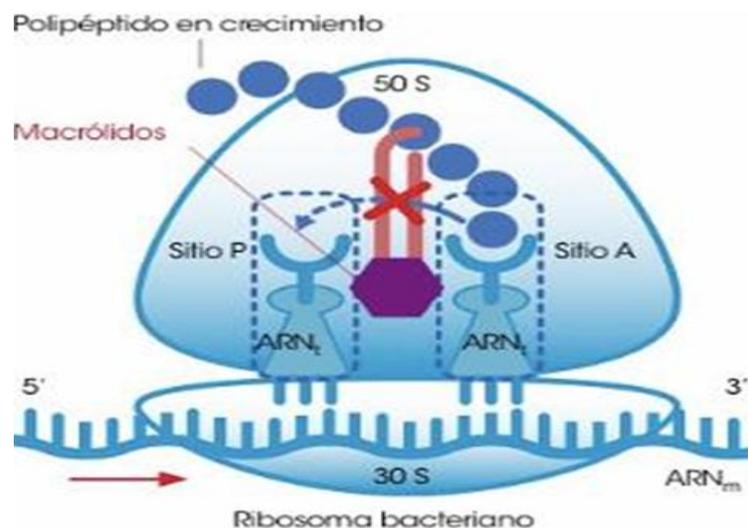
Fuente: Villagrasa, V., et al., (2018).

La clindamicina y la lincomicina son dos miembros de este grupo, siendo la primera una opción obvia para su uso por vía general cuando está indicada. El mecanismo de acción de las lincosamidas ocurre cuando se unen a la fracción 50S de los ribosomas bacterianos, interfiriendo en la síntesis proteica, de forma similar a los macrólidos. En cuanto a la resistencia, se puede afirmar que pueden aparecer resistencias cruzadas entre lincosamidas, macrólidos y estreptograminas (Esparza, 2008).

7.3.5 Antibióticos macrólidos

Figura 5

Mecanismo de acción de los macrólidos.



Fuente: Villagrasa, V., et al., (2018).

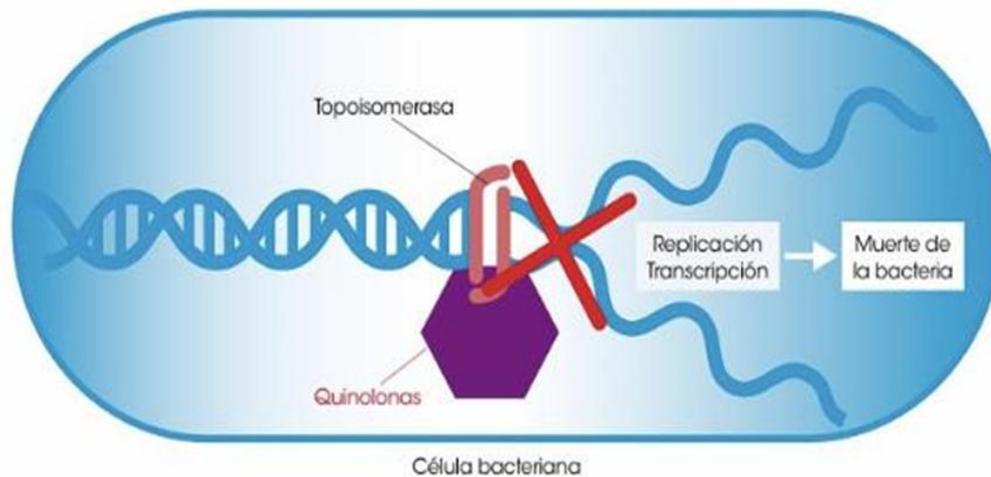
Entre los principales antibióticos que forman este grupo se encuentran la eritromicina, espiramicina, midecamicina, roxitromicina, azitromicina, claritromicina y telitromicina. Los macrólidos se fijan de forma reversible a la subunidad 50S del ribosoma bacteriano. Este sitio de unión se superpone con el de las lincosamidas y el cloranfenicol. Los macrólidos del grupo de la eritromicina inhiben el proceso de translocación del peptidil-ARNt en el ribosoma, tal como se muestra en la Figura 5, y causan el desprendimiento prematuro de cadenas polipeptídicas incompletas (Villagrasa et al., 2018). En cuanto a la resistencia, los macrólidos presentan

resistencias cruzadas entre los miembros del grupo, excepto la telitromicina (Esparza, 2008).

7.3.6 Antibióticos quinolonas.

Figura 6

Mecanismo de acción de las quinolonas.



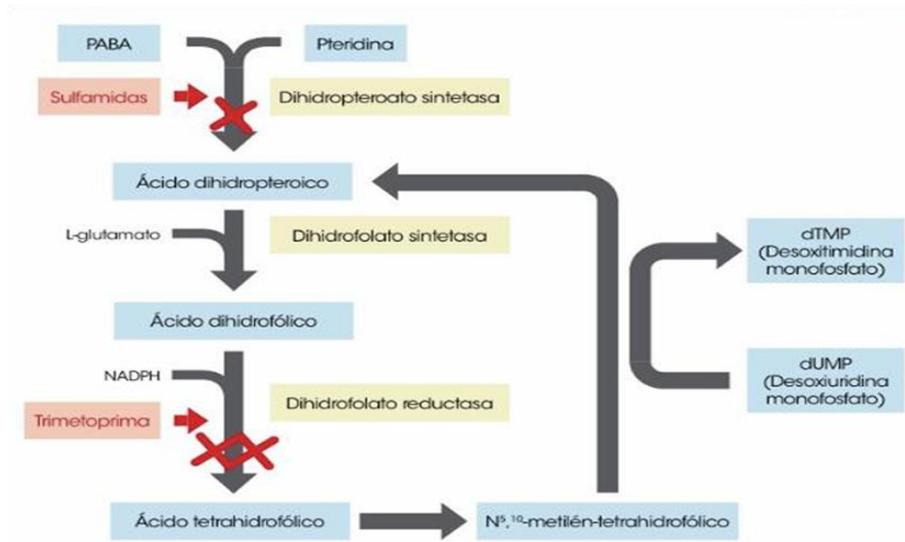
Fuente: Villagrasa, V., et al., (2018).

Las quinolonas de primera generación incluyen el ácido nalidíxico, mientras que las fluoroquinolonas comprenden ciprofloxacina, ofloxacina, levofloxacina, moxifloxacina y norfloxacina. Estos antibióticos son bactericidas, y su mecanismo de acción se desarrolla cuando inhiben selectivamente la ADN-girasa bacteriana, una enzima que juega un papel crucial en el plegamiento de la doble hélice del ADN, siendo esencial para la estructura tridimensional correcta del material genético. Es recomendable evitar su uso indiscriminado para prevenir la difusión de cepas resistentes (Esparza, 2008).

7.3.7 Antibióticos sulfamidas.

Figura 7

Mecanismo de acción de las sulfamidas.



Fuente: Villagrasa, V., et al., (2018).

Los antibióticos de sulfonamida son medicamentos antimicrobianos que contienen un grupo funcional de sulfonamida. El sulfametoxazol es el fármaco principal de esta clase. Otros antibióticos de sulfonamida incluyen: Sulfadiazina y sulfasoxazol

Medicamentos con un mecanismo de acción similar al de los antibióticos de sulfonamida (pero técnicamente no sulfonamidas) incluyen:

Trimetoprima: Es una diaminopirimidina que inhibe la síntesis del ácido fólico, pero en una fase metabólica diferente a las sulfamidas. Tiene un espectro de actividad similar a las sulfamidas y actúa sinérgicamente con ellas. Durante mucho tiempo, solo estuvo comercializada en asociación con sulfametoxazol (cotrimoxazol), pero actualmente también se utiliza sola en el tratamiento de infecciones del tracto urinario y respiratorio. El cotrimoxazol generalmente ha sustituido a las sulfamidas solas en el

tratamiento de infecciones sistémicas. Se une selectivamente a la dihidrofolato reductasa bacteriana.

Pirimetamina: Se une selectivamente a la dihidrofolato reductasa parasitaria, bloqueando la formación de tetrahidrofolato a partir del dihidrofolato. Esto interrumpe la síntesis de ADN bacteriano al impedir la síntesis de purinas.

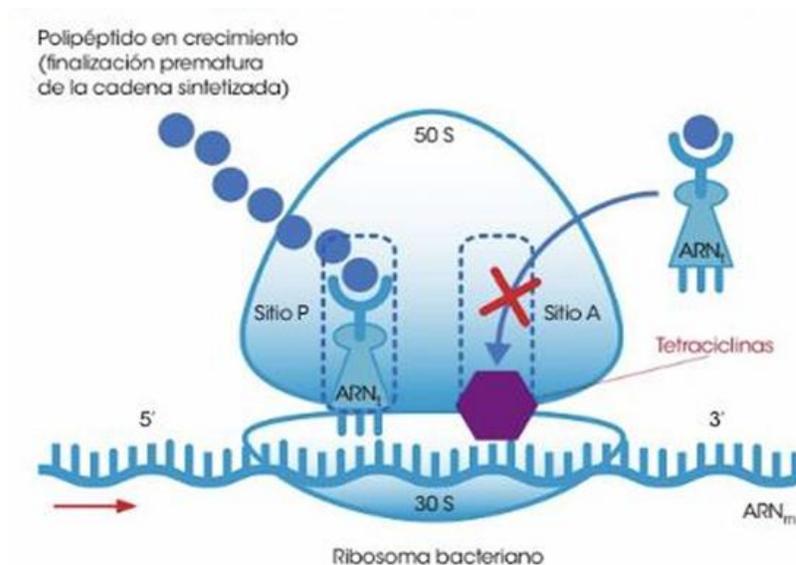
Los medicamentos son bacteriostáticos cuando se administran de forma independiente, pero bactericidas cuando se administran en combinación (Oiseth et al., 2022).

En cuanto a la resistencia, se pueden encontrar gérmenes que, en algún momento, fueron sumamente susceptibles a las sulfamidas y han dejado de serlo, como el estreptococo, estafilococo, meningococo, gonococo, shigella, entre otros (Esparza, 2008).

7.3.8 Antibióticos tetraciclinas

Figura 8

Mecanismo de acción de las tetraciclinas.



Fuente: Villagrasa, V., et al., (2018).

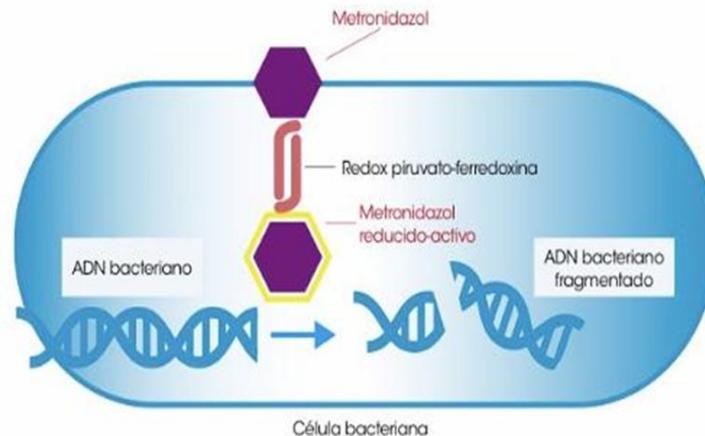
Componen este grupo: doxiciclina, minociclina, tetraciclina, oxitetraciclina y tigeciclina. A diferencia de las penicilinas y aminoglucósidos, estas se clasifican como bacteriostáticas a las concentraciones que alcanzan en los tejidos, pero actúan de manera similar a ellos, interfiriendo en la síntesis proteica de los organismos susceptibles (Villagrasa et al., 2018).

Las tetraciclinas son antibióticos bacteriostáticos que actúan inhibiendo la síntesis proteica de las bacterias. Penetran en el citoplasma a través de los poros de la pared bacteriana, se fijan a la subunidad ribosómica 30S y bloquean la fijación del aminoacil-ARN al sitio receptor del ARNm en el ribosoma. De esta manera, impiden la adición de nuevos aminoácidos y, por lo tanto, inhiben la síntesis proteica (Villagrasa et al., 2018).

7.3.9 Antibióticos nitroimidazoles

Figura 9

Mecanismo de acción de los Nitroimidazoles.



Fuente: Villagrasa, V., et al., (2018).

Los nitroimidazoles son pro-medicamentos compuestos por un anillo de imidazol unido a un grupo nitro. Estos antibióticos se utilizan principalmente como antimicrobianos y se reducen dentro de los microorganismos susceptibles, lo que da lugar a la formación de radicales libres y a la alteración de la integridad del ADN. El metronidazol y el tinidazol son los medicamentos más utilizados de este grupo (Oiseth et al., 2022).

Mecanismo de acción: Los nitroimidazoles se difunden de manera pasiva hacia la célula microbiana. Las nitrorreductasas, producidas por los organismos susceptibles, reducen el grupo nitro de la molécula, activándola y produciendo radicales libres y metabolitos citotóxicos que interactúan con el ADN bacteriano, causando rotura de hebras y desestabilización, lo que lleva a la muerte celular (Oiseth et al., 2022).

7.4 Clasificación de los antibióticos para uso en animales

Debido a la resistencia bacteriana adquirida, se ha hecho un gran énfasis en el uso prudente y responsable de los antibióticos en animales y humanos con el objetivo principal de reducir la resistencia bacteriana. En este sentido, el Grupo de Expertos Ad Hoc en Asesoramiento Antimicrobiano (Antimicrobial Advice Ad Hoc Expert Group, AMEG) clasificó los antibióticos en 4 categorías: A, B, C y D (Antimicrobial Advice Ad, 2023).

- **Categoría A:** Se encuentran los antibióticos que no están autorizados como medicamentos en la Unión Europea y que no deben usarse en animales de producción de alimentos ni en animales de compañía, salvo en circunstancias muy específicas. Por lo tanto, esta categoría se denomina "evitar" (Antimicrobial Advice Ad, 2023). Los antibióticos de la categoría A incluyen las cefalosporinas de última generación, carbapenemes, fosfomicina, glicopéptidos, gliciliclinas, lipopéptidos, monobactams, oxazolidinonas, riminofenazinas, sulfonas, y aquellos utilizados en el tratamiento de tuberculosis y otras micobacterias (Plan Nacional de Resistencia a los Antibióticos, 2022).
- **Categoría B:** Incluye antibióticos cuyo uso está limitado, debido a su importancia en la medicina humana. Se recomienda su uso restringido en animales de producción y siempre con estudios de susceptibilidad antimicrobiana. Deben usarse solo cuando no existan antibióticos de la categoría C o D disponibles. Los antibióticos de la categoría B incluyen las cefalosporinas de 3ª y 4ª generación (cefoperazona, cefovecina, cefquinoma, ceftiofur), las fluorquinolonas (colistina, polimixina B) y las polimixinas (Plan Nacional de Resistencia a los Antibióticos, 2022).

- **Categoría C:** Esta categoría incluye antibióticos cuyo uso debe ser cauteloso, y solo debe considerarse su uso cuando los antibióticos de la categoría D sean ineficaces. En humanos, existen alternativas dentro de esta categoría, mientras que en veterinaria se indican solo si no hay alternativas en la categoría D (Antimicrobial Advice Ad, 2023). Entre los antibióticos de la categoría C se encuentran los aminoglucósidos (excepto la expectinomicina), aminopenicilina + inhibidores de β -lactamasas, anfenicoles (florfenicol y tianfenicol), cefalosporinas de 1ª y 2ª generación, cefamicinas, macrólidos, lincosamidas, pleuromutilinas y rifamicinas (Plan Nacional de Resistencia a los Antibióticos, 2022).
- **Categoría D:** Son antibióticos de uso prudente o cauteloso. Estos antibióticos se utilizan como primera línea de tratamiento y deben emplearse con precaución, bajo un enfoque exclusivamente médico (Antimicrobial Advice Ad, 2023). Los antibióticos de la categoría D incluyen polipéptidos cíclicos, aminoglucósidos, nitroimidazoles, penicilinas naturales, antibacterianos esteroides, sulfonamidas, inhibidores del dihidrofolato reductasa y combinaciones, y tetraciclinas (Plan Nacional de Resistencia a los Antibióticos, 2022, citado en Sánchez, 2024).

7.5 Elección del antibiótico

La American Veterinary Medical Association (2022) define ciertas políticas para la elección adecuada de antibióticos, las cuales son las siguientes:

- El uso juicioso de antimicrobianos en animales debe ser supervisado por un veterinario.
- El uso juicioso de antimicrobianos y el uso extraetiquetado de antimicrobianos deben cumplir con los requisitos de una relación válida veterinario-cliente-paciente.
- El uso profiláctico rutinario de antimicrobianos nunca debe sustituir una buena gestión de la salud animal.

- Se deben reconocer los factores de riesgo de infecciones en gatos y perros, y prevenirlos o corregirlos siempre que sea posible.
- Se deben considerar alternativas terapéuticas antes o junto con la terapia antimicrobiana.
- Se debe evaluar si es necesario retrasar o modificar la terapia antimicrobiana según el estado del paciente.
- El uso terapéutico de antimicrobianos debe limitarse a las indicaciones clínicas apropiadas.
- El uso terapéutico de antimicrobianos debe aplicarse adecuadamente en el entorno quirúrgico.
- Los antimicrobianos considerados importantes para tratar infecciones refractarias en medicina humana o veterinaria deben usarse en animales solo después de una revisión cuidadosa y justificación razonable.
- Las pruebas de diagnóstico, incluidas las pruebas de cultivo y de susceptibilidad, son esenciales para seleccionar antimicrobianos de manera adecuada.
- Los regímenes terapéuticos de antimicrobianos deben optimizarse utilizando información y principios farmacológicos actuales.
- La terapia antimicrobiana debe prescribirse conforme a todas las leyes locales, estatales y federales (por ejemplo, uso fuera de etiqueta en los Estados Unidos).
- Se deben mantener registros precisos del tratamiento, los resultados y las indicaciones de uso para evaluar los regímenes terapéuticos.
- Los veterinarios deben colaborar con los propietarios y cuidadores de animales para garantizar el uso juicioso de los antimicrobianos.
- Se debe minimizar la contaminación ambiental con antimicrobianos siempre que sea posible.

Según Galarce Gálvez et al. (2021), se recomienda seleccionar el antimicrobiano con el espectro bacteriano más reducido posible, para generar el menor cambio en el microbiota del paciente. Además, se deben realizar cultivos del sitio de la infección antes de iniciar el tratamiento, excepto en pacientes con riesgo vital. En estos casos, se debe seleccionar un antimicrobiano de amplio espectro hasta obtener los resultados

de los análisis de laboratorio para identificar el microorganismo causal y su susceptibilidad. También se debe considerar la evaluación de los estudios epidemiológicos.

7.6 Susceptibilidad de la bacteria a los antibióticos

Se dispone de una amplia gama de antimicrobianos con registro veterinario y humano para su uso en medicina de animales pequeños. Aunque el uso extraetiqueta está permitido en esta área de la medicina veterinaria, debe evitarse el uso de antimicrobianos de uso humano, especialmente aquellos considerados críticos para la salud humana, ya que esto reduce el arsenal disponible para tratar enfermedades infecciosas en humanos causadas por microorganismos resistentes, multirresistentes o panresistentes (Galarce Gálvez et al., 2021).

La resistencia bacteriana es la principal causa de fracaso terapéutico, lo que puede aumentar la morbilidad y mortalidad, el tiempo de hospitalización, los costos para el propietario y generar una afectación directa al bienestar animal. Estas mismas consecuencias se presentan cuando el antimicrobiano seleccionado no es el adecuado. Además, los microorganismos resistentes pueden transmitirse de la mascota a sus dueños, representando un riesgo para la salud pública (Galarce Gálvez et al., 2021).

El escenario ideal es indicar antimicrobianos frente a los cuales las bacterias involucradas sean sensibles; por tanto, solo se deben seleccionar esos antimicrobianos como estrategia para lograr la mayor probabilidad de éxito terapéutico. En caso de requerirse una terapia empírica, se deben obtener las muestras clínicas necesarias para el aislamiento y la realización de pruebas de susceptibilidad antes de iniciar el tratamiento. Una vez disponibles los resultados, el médico veterinario debe sustituir el tratamiento empírico por un antimicrobiano de espectro más reducido que cubra al agente etiológico y alcance el sitio blanco (Galarce Gálvez et al., 2021).

Es fundamental considerar que el laboratorio que procesa las muestras debe ser un laboratorio veterinario con personal calificado, ya que los parámetros para definir

resistencia o susceptibilidad difieren en el ámbito veterinario. De lo contrario, se corre el riesgo de clasificar como sensible a una bacteria resistente si es analizada en un laboratorio humano, además de poder identificar erróneamente al agente etiológico (Galarce Gálvez et al., 2021).

7.7 Implicaciones en la salud pública y enfoque una salud

Se ha indicado que la resistencia bacteriana presente en animales puede transmitirse a los humanos de diversas formas, incluyendo el contacto directo, la dispersión en el ambiente, el agua e incluso el aire. Esta resistencia ha comprometido el tratamiento y la prevención de un número creciente de infecciones. Cada año, aproximadamente 480,000 personas padecen infecciones por tuberculosis multirresistente, como lo señala la Organización Mundial de Sanidad Animal (2023).

En la medicina moderna, la resistencia antimicrobiana se considera uno de los desafíos más importantes. En la última década, seis bacterias (*Enterococcus spp.*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Enterobacter spp.*) han desarrollado resistencia a múltiples antibióticos y son responsables de las principales infecciones hospitalarias en humanos (Chávez, 2020).

En 2015, la Asamblea Mundial de la Salud aprobó un Plan de Acción Mundial sobre la Resistencia a los Antimicrobianos. Posteriormente, en 2016, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) elaboró su propio plan de acción sobre la resistencia antimicrobiana (RAM), con el objetivo principal de apoyar la implementación del plan desarrollado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en los sectores de la alimentación y la agricultura, uniendo así los esfuerzos globales de las instituciones competentes para garantizar alimentos inocuos (Organización Mundial de la Salud, 2016).

7.8 Acciones para promover el uso responsable de antibióticos

Según la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE, 2011), los médicos veterinarios deben prescribir antibióticos únicamente a los animales bajo su cuidado.

Sus responsabilidades incluyen realizar un examen clínico adecuado y, posteriormente: Prescribir antimicrobianos solo cuando sea estrictamente necesario, elegir el antimicrobiano más apropiado, basándose en la experiencia clínica sobre su eficacia terapéutica.

La eficacia esperada del tratamiento se fundamenta en los siguientes criterios:

- La experiencia clínica del veterinario.
- La actividad del antimicrobiano frente a los patógenos implicados.
- La conveniencia de la vía de administración.
- El conocimiento de la farmacocinética y distribución tisular del fármaco, asegurando que el antimicrobiano actúe en el sitio de la infección.
- El historial epidemiológico de la unidad productiva, particularmente en lo relativo a los perfiles de resistencia antibiótica.

En caso de que falle el tratamiento antibiótico inicial o si la enfermedad se repite, la segunda terapia debe basarse, en la medida de lo posible, en pruebas diagnósticas que incluyan cultivos y pruebas de susceptibilidad. Para minimizar la aparición de resistencia, se recomienda utilizar antibióticos específicos contra los patógenos causales probables.

El uso de combinaciones antibióticas debe estar respaldado por evidencia científica. Estas combinaciones pueden ser utilizadas por su efecto sinérgico, ya sea para mejorar la eficacia terapéutica o para ampliar el espectro de acción. Al prescribir antibióticos, se debe especificar de forma clara el régimen terapéutico: dosis, intervalo, duración del tratamiento, periodo de retiro y cantidad de medicamento a adquirir en función del número de animales tratados.

Los registros sobre el uso de medicamentos antibióticos veterinarios deben mantenerse de acuerdo con la legislación nacional vigente. Estos registros deben incluir: Cantidad de medicamento administrado, registro detallado de medicamentos suministrados en cada explotación ganadera, periodos de retiro, resultados de pruebas de susceptibilidad antimicrobiana, comentarios sobre la respuesta clínica a la

medicación, registro de efectos adversos, incluyendo la falta de eficacia debida a resistencia, la cual debe ser notificada a las autoridades competentes.

Asimismo, las organizaciones profesionales veterinarias deben participar activamente en programas de formación continua. Se recomienda que estas organizaciones elaboren guías clínicas específicas por especie para fomentar el uso responsable de antimicrobianos en medicina veterinaria.

Según MSD Salud Animal (2023), en la clínica de animales de compañía, los veterinarios pueden implementar diversas acciones para preservar la efectividad de los antibióticos disponibles. Estas acciones incluyen la prevención de enfermedades mediante estrategias profilácticas y de manejo individual o poblacional, tales como:

- **Educación a tutores:** Es fundamental instruir a los tutores sobre la prevención de enfermedades mediante vacunación, control de parásitos, nutrición adecuada y cuidados dentales, reduciendo así la necesidad de tratamientos antibióticos.
- **Control de infecciones en entornos clínicos:** Los veterinarios deben diseñar e implementar planes de prevención y control de infecciones en hospitales y clínicas, para garantizar la seguridad de los pacientes.

Uso de estrategias basadas en evidencia para la selección de antibióticos, considerando:

- **Guías de práctica clínica:** Por ejemplo, las guías publicadas por la Sociedad Internacional de Enfermedades Infecciosas en Animales de Compañía ofrecen directrices específicas para el diagnóstico y tratamiento de infecciones comunes en perros y gatos.
- **Protocolos clínicos postoperatorios:** En procedimientos como cirugías electivas y profilaxis dental, si se mantienen condiciones adecuadas de esterilización, no es necesario el uso rutinario de antibióticos.

Uso consciente de antibióticos basado en desenlaces terapéuticos, lo cual implica:

- Realizar un proceso diagnóstico completo para descartar causas no infecciosas.
- Identificar comorbilidades y evitar prescribir antibióticos por precaución.
- Confirmar la infección bacteriana mediante pruebas rápidas, moleculares o cultivos, seguidos de pruebas de susceptibilidad antibiótica siempre que sea posible.

Consideración de terapias alternativas o coadyuvantes, como:

- Fluidoterapia, manejo nutricional, intervenciones quirúrgicas (e.g., drenaje de abscesos), uso de probióticos en enfermedades gastrointestinales, y aplicación de antibióticos tópicos en lugar de sistémicos, cuando sea adecuado.

Monitoreo de la adherencia al tratamiento y su eficacia, incluyendo:

- Evaluar la respuesta clínica esperada.
- Investigar a fondo los casos de fracaso terapéutico antes de modificar el esquema antibiótico o recurrir a combinaciones.
- Implementar sistemas de medición y trazabilidad para identificar puntos críticos, evaluar prácticas de prescripción y analizar su impacto clínico.

VIII. MATERIALES Y METODOS

8.1 Ubicación del área de estudio

Figura 10

Mapa de Managua.



Fuente: Google maps, (2024)

El estudio se realizó en diversas clínicas veterinarias de animales de compañía ubicadas en el departamento de Managua, Nicaragua. Geográficamente, Managua se encuentra al suroeste del país, entre los 11° 45' y 12° 40' de latitud norte, y entre los 85° 50' y 86° 35' de longitud oeste.

Según datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), el clima del departamento de Managua se clasifica como de sabana tropical, caracterizado por una prolongada estación seca. Las temperaturas promedio oscilan entre los 27.5 °C y 28 °C, con una precipitación media anual que varía entre los 1,000 y 1,500 mm. Una excepción es el municipio de El Crucero, donde la temperatura promedio varía entre los 22 °C y 28 °C, siendo uno de los pocos lugares de la costa del Pacífico con estas condiciones climáticas particulares (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC], s. f.).

Límites geográficos del departamento de Managua:

Al norte: con los departamentos de Matagalpa y León.

Al sur: con el océano Pacífico y el departamento de Carazo.

Al este: con los departamentos de Boaco, Granada y Masaya.

Al oeste: con el departamento de León.

8.2 Diseño metodológico

Para el desarrollo de esta investigación, se solicitó el apoyo de un visitador médico veterinario, quien proporcionó una base de datos con 120 clínicas veterinarias ubicadas en Managua. A partir de esta base, se clasificaron y seleccionaron 31 clínicas que cumplieran con los criterios de inclusión establecidos para el estudio.

8.2.1 Tipo de estudio

El presente estudio es de tipo **transversal**, ya que la recolección de datos se realizó en un único momento mediante la aplicación de un instrumento tipo encuesta dirigido a médicos veterinarios que laboran en clínicas veterinarias. Asimismo, el estudio tiene un **enfoque observacional**, pues analiza variables recogidas en un periodo específico sobre una población muestra, y un **alcance descriptivo**, dado que se obtuvieron resultados cuantitativos para evaluar el uso responsable de fármacos antibióticos por parte de los profesionales veterinarios en el departamento de Managua.

8.2.2 Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de inclusión. Se incluyeron en el estudio médicos veterinarios titulados que laboran en clínicas u hospitales veterinarios que atienden animales de compañía y que ofrecen servicios de análisis de laboratorio y medicina interna.

Criterios de exclusión. Se excluyó a personal que ejerce como médico veterinario sin contar con un título profesional. También se excluyeron clínicas veterinarias que no ofrecen análisis de laboratorio en sus instalaciones, aquellas donde el personal médico

se dedica principalmente a la venta de productos, y médicos veterinarios titulados que se desempeñan en el área de animales de producción.

8.2.3 Fase de campo

Se realizaron visitas a las clínicas seleccionadas conforme a los criterios de inclusión, con el objetivo de explicar el propósito del estudio y solicitar la participación voluntaria de los médicos veterinarios mediante la aplicación del instrumento de recolección de datos (ver Anexo B). La encuesta fue diseñada específicamente para médicos veterinarios que trabajan en clínicas que atienden animales de compañía.

Cabe destacar que no se solicitó información confidencial ni datos personales identificables de los participantes.

Una vez recopilados los datos, se procedió al análisis para identificar los porcentajes de prescripción de antibióticos a los pacientes atendidos en las clínicas durante el día. Asimismo, se identificaron los antibióticos de uso más frecuente, los parámetros utilizados por los médicos para seleccionar los fármacos, y se evaluaron las características del antibiótico de mayor uso.

8.3 Variables a evaluar

Las variables consideradas para el desarrollo de la presente investigación se encuentran operacionalizadas en la tabla 2.

Tabla 1.

Variables.

Objetivos	Variables	Indicadores	Instrumento
Identificar los antibióticos más usados por el médico veterinario de las clínicas de animales afectivos.	Antibióticos	<ul style="list-style-type: none"> • Categorización A - No permitida B- Uso restringido C- Uso con cautela D- Uso con prudencia 	Tabla de categorías según Agencia Europea de Medicamentos (EMA) uso Veterinario.
Determinar los parámetros utilizados por el profesional veterinario en la selección del fármaco	Parámetros	<ul style="list-style-type: none"> - . Prevención de enfermedades comunes mediante estrategias de prevención y gestión - . Utilizar enfoques basados en la evidencia para tomar decisiones sobre medicamentos antimicrobianos - . Utilizar medicamentos antimicrobianos con prudencia y moderación al evaluar los resultados terapéuticos 	Directrices American Veterinary Medical Association (AVMA). The American Animal Hospital Association (AAHA) and the American Association of Feline Practitioners (AAFP)
Identificar los factores que pueden contribuir a la resistencia antimicrobiana	Factores	<ul style="list-style-type: none"> - . Mal uso de antibiótico. - . Incumplimiento de protocolo. - . Dosis inadecuada. - . Antibióticos sin prescripción medica. - . Periodo de prescripción del Antibiotico 	Encuesta.

Fuente: Elaboración propia

8.4 Recolección de datos

La versión final del instrumento tipo encuesta integró preguntas técnicas con respuestas de tipo cerrado y abierto, dirigidas a los médicos veterinarios de las clínicas seleccionadas. Dichas preguntas fueron diseñadas con el propósito de contribuir al cumplimiento de los objetivos de esta investigación. El instrumento fue distribuido a través de la plataforma **Google Forms**, enviándose por medio de correo electrónico y la aplicación **WhatsApp**.

8.5 Análisis de datos

La información recolectada fue tabulada mediante la herramienta **Microsoft Excel®** y posteriormente exportada al paquete estadístico **SPSS®** para llevar a cabo un análisis descriptivo de las variables, presentando los resultados a través de gráficos de barras.

Asimismo, se realizó un análisis estadístico comparativo mediante la prueba de **Chi-cuadrado**, relacionando los órganos y sistemas más frecuentemente afectados (motivo por el cual los propietarios acudieron a consulta) con los antibióticos más prescritos por los médicos veterinarios. Se consideró estadísticamente significativa cualquier asociación cuyo nivel de significancia (**p**) fuera menor a 0.05.

En las tablas de resultados, el nivel de significancia se expresa mediante asteriscos:

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

8.6 Materiales y equipos

Para el desarrollo del estudio se utilizaron los siguientes materiales y equipos:

- Computadora y conexión a internet
- Impresora y papel para impresiones
- Encuestas impresas
- Portapapeles
- Lapiceros

IX. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

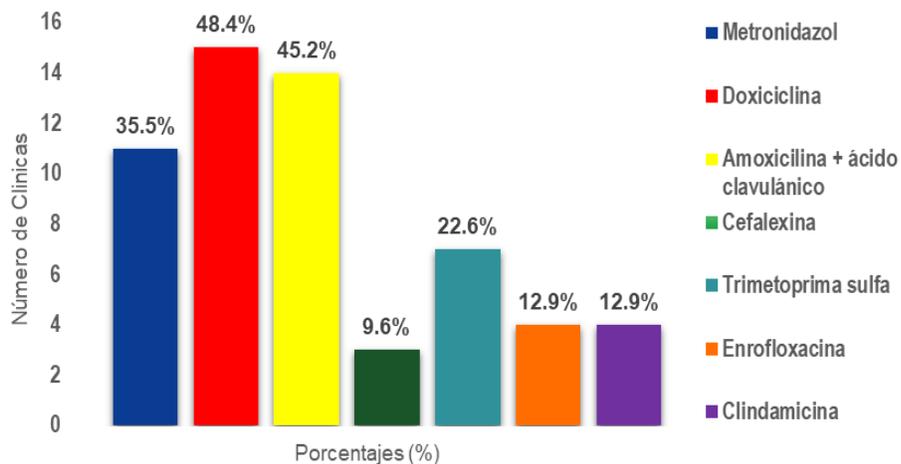
9.1 Identificación de los antibióticos más utilizados por los médicos veterinarios en clínicas de animales afectivos

Los médicos veterinarios de las 31 clínicas de atención a animales afectivos que respondieron a la encuesta indicaron que prescriben antibióticos a aproximadamente el 70 % de los pacientes que atienden diariamente. Este hallazgo es congruente con el estudio de Ogwuche et al. (2021), quienes reportaron que el 69.3 % (n = 266) de los médicos veterinarios encuestados prescribían antibióticos. De forma similar, Sánchez (2024) documentó que, durante un período de 18 semanas en una clínica veterinaria, el 71 % de los pacientes atendidos recibió tratamiento antibiótico.

Estos resultados sugieren que la prescripción de antibióticos por parte de médicos veterinarios en clínicas de animales afectivos es relativamente alta, alcanzando en promedio alrededor del 70 % de la población atendida.

Figura 1.

Antibióticos de mayor uso en clínicas veterinarias de animales afectivos



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 11 se muestran los antibióticos de mayor prescripción por parte de los médicos veterinarios que atienden en las clínicas de animales afectivos. Entre ellos, el primer lugar lo ocupa la doxiciclina, con un 48.4%, seguida de la amoxicilina más ácido clavulánico, con un 45.2%. En tercer lugar, se encuentra el metronidazol, con un 35.5%, y en menor prescripción se encuentran el trimetoprim-sulfa (22.6%), enrofloxacina (12.9%), clindamicina (12.9%) y cefalexina (9.6%). Según la categorización realizada por la Agencia Europea del Medicamento (EMA), estos antibióticos pertenecen a las siguientes clasificaciones: uso restringido (como en el caso de la enrofloxacina), grupo de precaución (como la amoxicilina más ácido clavulánico, la clindamicina y la cefalexina), y uso prudente (como la doxiciclina, metronidazol y trimetoprim-sulfa).

Estos resultados difieren de los estudios realizados por Ogwuche et al. (2021) y Sánchez (2024), que reportaron que el antibiótico más utilizado fue la oxitetraciclina, con un 82.6% y un 29% de prescripción, respectivamente. En cambio, en este estudio, la doxiciclina ocupa el primer lugar con un 48.4%. A pesar de que ambos fármacos pertenecen al grupo de las tetraciclinas, la doxiciclina, al ser más lipofílica que la oxitetraciclina, presenta mayor penetración tisular e intracelular, mayor volumen de distribución y mejores propiedades antibacterianas (Papich, 2018).

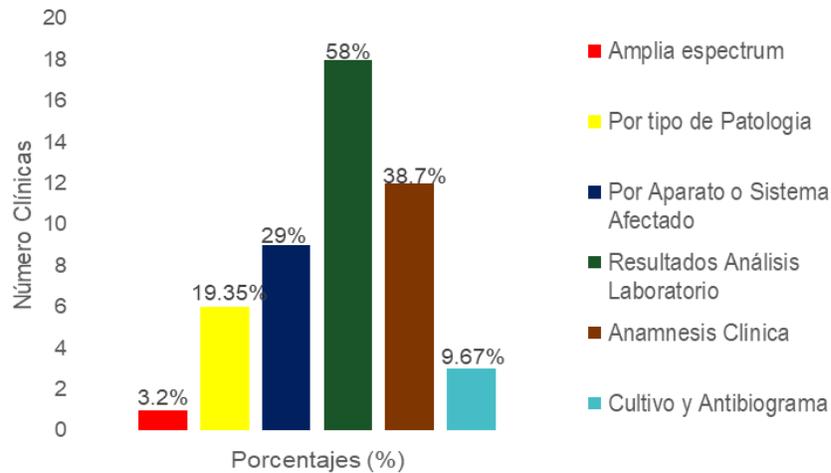
Sánchez (2024) evidenció que la ampicilina y el metronidazol ocupan el segundo lugar de prescripción, con un 14%. Por su parte, Zúñiga (2023) reportó que la cefalexina fue el segundo antibiótico más prescrito, con un 12%. Estos resultados difieren de los encontrados en nuestro estudio, donde la amoxicilina más ácido clavulánico fue el antibiótico más prescrito, con un 45.2%, seguida por el metronidazol con un 35.5%. Sin embargo, Zúñiga (2023), en una encuesta realizada a 81 médicos veterinarios, encontró que el antibiótico más utilizado fue la amoxicilina (22%), seguida de la amoxicilina + ácido clavulánico (11%).

La Agencia Europea del Medicamento (EMA) sugiere que el uso prudente de antibióticos, así como su uso fuera de lo indicado en la etiqueta, debe cumplir con todos los requisitos establecidos para una relación veterinario-cliente-paciente.

9.2 Determinación de los parámetros utilizados por el profesional veterinario en la selección del antibiótico

Figura 2.

Parámetros estratégicos utilizados por los médicos para la selección de antibióticos.



Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 12 se observa que los médicos veterinarios de las clínicas de animales afectivos, al momento de prescribir un fármaco antibacteriano, toman como acciones estratégicas los análisis laboratoriales en un 58%, la anamnesis clínica en un 38.7%, únicamente el sistema afectado en un 29%, el tipo de patología en un 19.35%, los resultados de cultivo y antibiograma en un 9.67%, y, en un 3.22%, prescriben de inmediato un antibiótico que tenga acción contra una amplia variedad de bacterias.

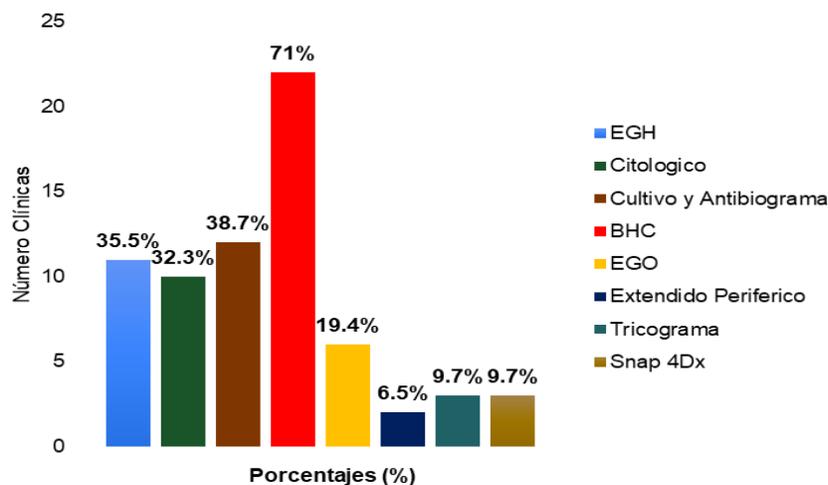
Según Ogwuche et al. (2021), los encuestados prescribían antibióticos según el tipo de patógeno, siendo el 98.7% de las prescripciones para infecciones bacterianas, el 81.3% para protozoarios, el 82.3% para virus, el 71% para helmintos y el 69% para hongos.

Ibarra (2024), en una encuesta realizada a 40 médicos veterinarios, encontró que el 38% de los encuestados opinó que el tipo de enfermedad es un factor predisponente en la selección del antibiótico, ya que la elección del fármaco favorece la eficacia del tratamiento y, por ende, la eliminación efectiva de los patógenos.

Asimismo, es fundamental considerar dentro de la anamnesis los factores específicos del paciente y del sitio que pueden limitar la respuesta antimicrobiana, como las alteraciones renales o hepáticas, que pueden influir en el metabolismo del fármaco, así como la presencia de otros fármacos concurrentes que pudieran afectar la efectividad del tratamiento.

Figura 3.

Pruebas de diagnóstico utilizadas por los médicos veterinarios de clínicas de animales afectivos.



Fuente: Elaboración propia.

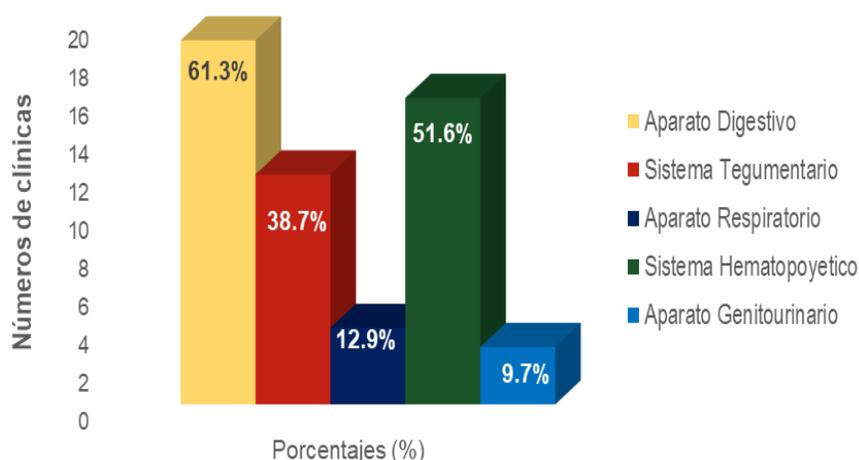
Las pruebas diagnósticas son una forma de evidenciar la decisión del médico veterinario para prescribir antibióticos, y se destacan los siguientes análisis: biometría hemática completa (70.96%), cultivo y antibiograma (38.70%), examen general de heces (35.48%), citología (32.25%), examen general de orina (19.35%) y, en menor escala, tricograma (9.67%), prueba rápida (Snap 4Dx) (9.67%) y extendido periférico (6.45%), como se muestra en la Figura 13.

A diferencia de los resultados de este estudio, Zúñiga (2023) muestra que el único análisis realizado para la selección de antibióticos es el cultivo y antibiograma, donde el 49% de los médicos lo realiza casi siempre, un 4% lo realiza siempre y un 47% no

lo realiza. En cambio, Ogwuche et al. (2021) expresaron que solo el 16.9% realizó pruebas de sensibilidad con frecuencia y el 42.7% las realiza a veces. Además, indicaron que el 39.5% de los encuestados solicitó cultivo microbiológico e identificación, el 1.6% realizó hematología y el 0.4% solicitó examen parasitológico, respectivamente.

Figura 14.

Principales Aparatos y Sistemas Afectados.



Fuente: Elaboración propia

Otra de las acciones utilizadas por el médico veterinario para la selección del antibiótico fue el reconocimiento de los sistemas y aparatos afectados. En la Gráfica 14, se puede observar que las principales causas de consulta en las clínicas de animales afectivos son las alteraciones del aparato digestivo (61.3%), seguidas por el sistema hematopoyético (51.6%), el sistema tegumentario (38.7%), el aparato respiratorio (12.9%) y el aparato genitourinario (9.7%). Estos resultados difieren de los obtenidos por Sánchez (2024), quien encontró que el sistema hematopoyético ocupa el primer lugar (40%), seguido por las patologías genitourinarias (20%) y, en tercer lugar, las enfermedades de la piel (10%).

Tabla 2.*Uso del antibiótico respecto al sistema afectado.*

Sistemas	Fármacos						
	Metronidazol	Doxiciclina	Amoxicilina + ácido clavulánico	Cefalexina	Trimetoprim sulfamida	Enrofloxacin	Clindamicina
Aparato Digestivo	0.001***				0.017**		
Sistema Tegumentario			0.001***				
Aparato Respiratorio			0.018**	0.008**			
Sistema Hematopoyético		0.000***					
Aparato Genito-urinario				0.008**			

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 3 se presenta la comparación entre los aparatos y sistemas afectados por los cuales los propietarios acuden a la consulta y los antibióticos de mayor uso por los médicos veterinarios, destacando la relación relevante entre ambos.

Según los resultados obtenidos por Sánchez (2024), los antibióticos más utilizados para el sistema gastrointestinal fueron metronidazol (41%), sulfadiacina/trimetoprim (22%) y gentamicina (13%), coincidiendo con este estudio, donde los médicos veterinarios utilizaron los fármacos metronidazol y trimetoprima-sulfa. Aunque estos

fármacos pertenecen a diferentes grupos y poseen distintos mecanismos de acción, son los más utilizados en el sistema gastrointestinal debido a su acción bactericida y anti-protozoos. El metronidazol, por sí solo, es un antibiótico bactericida. Villagrasa et al. (2018) especifican que las sulfamidas son bacteriostáticas, pero, en combinación con trimetoprima, que también inhibe la formación de ácido fólico, pueden llegar a ser bactericidas.

Werth (2024) indica que la combinación de trimetoprima-sulfa es activa contra bacterias grampositivas, bacterias gramnegativas aerobias y protozoos como *Cystoisospora spp.* y *Cycloisospira spp.*, mientras que la revista *Vets and Clinics* señala que el metronidazol es activo frente a bacterias anaerobias y protozoos como *Trichomonas spp.*, *Giardia spp.* y Amebas.

Sánchez (2024) identificó que los antibióticos más utilizados en alteraciones del sistema tegumentario fueron cefalexina (68%), amoxicilina más ácido clavulánico (9%) y enrofloxacin (7%). Comparado con el presente estudio, la amoxicilina más ácido clavulánico tiene una alta correlación como tratamiento para este sistema. Según la revista *Access Medicina*, la amoxicilina es una penicilina de amplio espectro con propiedades bactericidas; sin embargo, es sensible a la betalactamasa. El ácido clavulánico, aunque tiene un efecto bactericida débil, no afecta el mecanismo de acción de la amoxicilina, pero evita la inactivación de la amoxicilina al unirse de manera irreversible a la betalactamasa, protegiéndola de la degradación enzimática y permitiendo su efecto en las bacterias que comúnmente se encuentran en el sistema tegumentario, como los *Staphylococcus spp.*

Con respecto al sistema genitourinario, se observó que la cefalexina tiene gran relevancia como tratamiento para las alteraciones de este sistema. Sin embargo, Sánchez (2024) indicó que el tratamiento de elección fue la enrofloxacin (59%), seguido por la amoxicilina (8%). Según la Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios, la cefalexina es resistente a la acción de la penicilinas estafilocócica y, por tanto, es activa contra cepas de *Staphylococcus spp.* que no son sensibles a la amoxicilina debido a la producción de penicilinas. Por lo tanto, la

amoxicilina, por sí sola, no es eficaz para el tratamiento de infecciones genitourinarias, y debe utilizarse en combinación con ácido clavulánico. Además, *Escherichia coli*, *Klebsiella spp.* y *Enterococcus spp.*, bacterias presentes en el sistema genitourinario, son sensibles a la cefalexina, lo que probablemente explique el uso de este antibiótico por parte de los médicos veterinarios encuestados.

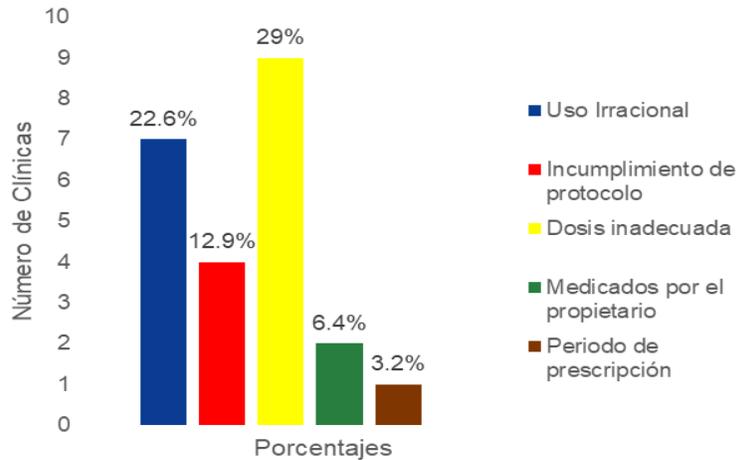
En el caso de las alteraciones en el sistema respiratorio, los antibióticos más seleccionados por los médicos veterinarios encuestados en este estudio fueron amoxicilina más ácido clavulánico y cefalexina, coincidiendo con el estudio de Sánchez (2024), donde la amoxicilina más ácido clavulánico fue prescrita en el 26% de los casos.

En el sistema hematopoyético, el antibiótico más utilizado fue la doxiciclina. Según la Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios, la doxiciclina es una tetraciclina de segunda generación de espectro amplio, activa frente a una gran cantidad de patógenos grampositivos y gramnegativos, incluidas las cepas resistentes a las tetraciclinas de primera generación. Es principalmente bacteriostática, inhibiendo la síntesis proteica bacteriana al bloquear la unión del ARN de transferencia al complejo ribosómico del ARN mensajero. Se conocen varios mecanismos de resistencia a las tetraciclinas, incluida la doxiciclina, siendo los más comunes los sistemas de salida dependientes de energía y las proteínas de protección ribosómica. La resistencia cruzada entre las tetraciclinas es habitual, pero depende de los mecanismos de resistencia. Por ejemplo, la mutación en las vías de salida que ofrece resistencia a la tetraciclina puede seguir siendo sensible a la doxiciclina. Algunas de las bacterias sensibles a la doxiciclina son Rickettsias y Micoplasmas, lo que sugiere que esta es la razón por la cual los médicos veterinarios encuestados utilizan la doxiciclina como antibiótico para el sistema hematopoyético. Son diversas las bacterias que se aíslan de animales con signos de infecciones en las vías respiratorias, así como sus patrones de resistencia antimicrobiana. En este contexto, Gómez (2022) encontró una alta resistencia de *Streptococcus spp.* a la doxiciclina.

9.3 Identificar los factores que pueden contribuir a la resistencia antimicrobiana

Figura 4.

Factores que pueden influir en el desarrollo de resistencia a antibióticos.



Fuente: Elaboración propia.

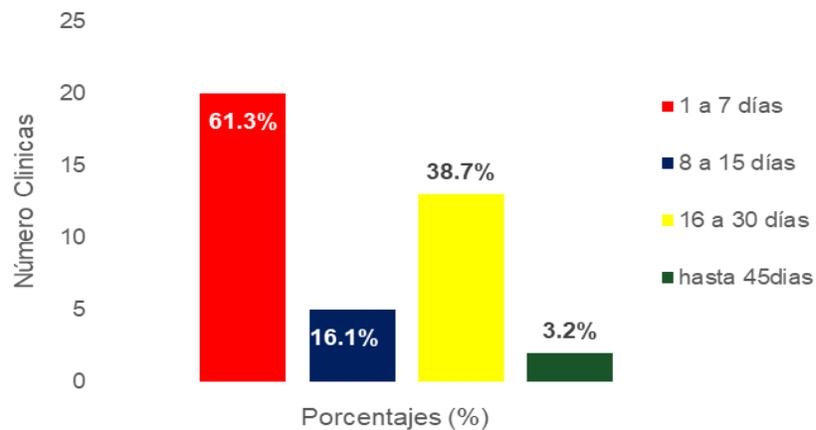
En la figura 15 se presenta la opinión de los médicos veterinarios sobre algunos factores que pueden influir en el desarrollo de resistencia a los antibióticos. De acuerdo con los resultados, el 29% considera que las dosis inadecuadas de antibióticos son un factor determinante, el 22.6% opina que la causa es un uso irracional, aunque sin especificar en qué sentido, el 12.9% atribuye la resistencia al incumplimiento de protocolos por parte de los propietarios, el 6.4% señala que los propietarios medicinan a sus mascotas sin prescripción del médico veterinario, y finalmente, el 3.2% indica que la prescripción de antibióticos por periodos demasiado cortos por parte de los veterinarios también contribuye al problema.

Según las encuestas realizadas durante el estudio de Ibarra (2024), el 45% de los médicos entrevistados afirmaron que la administración inadecuada o fácil acceso a los antibióticos es una causa clara del desarrollo de resistencia a estos fármacos. De igual manera, Zúñiga (2023) refiere que el 100% de los encuestados mencionaron que el uso irracional de antibióticos favorece la resistencia antimicrobiana, aunque ninguno de los estudios describió con detalle qué constituye el uso inadecuado o irracional.

Según Von Wintersdorff et al. (2016), Varela et al. (2021) y Tóth et al. (2022), se considera que cualquier antibiótico contribuye a la resistencia a los antimicrobianos (RAM), principalmente debido al uso excesivo y al mal uso de estos fármacos, ya sea de forma innecesaria o sin receta médica. Además, el uso de antibióticos en animales ha contribuido significativamente a la selección y transmisión de bacterias resistentes.

Figura 5.

Periodo de prescripción del antibiótico.



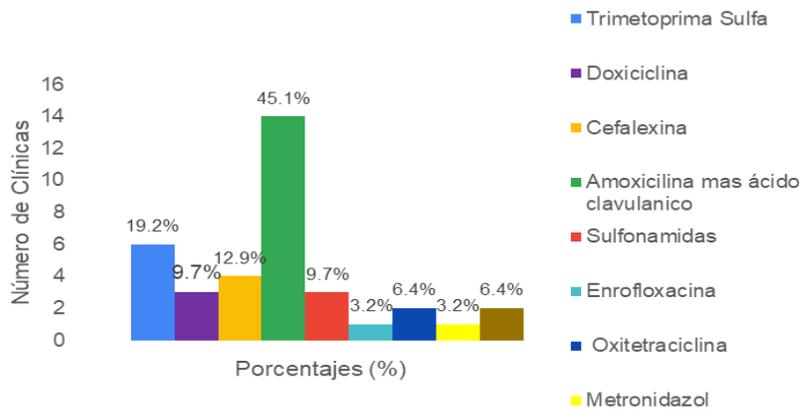
Fuente: Elaboración propia

En la ilustración 16 se observa que, de las 31 clínicas, el 61.3% prescriben antibióticos por un período de 1 a 7 días, el 38.7% por un período de 16 a 30 días, el 16.1% de 8 a 15 días y el 3.2% hasta 45 días.

Según la Agencia Europea del Medicamento (EMA), la duración del tratamiento debe basarse en evidencia científica y clínica para obtener el resultado de salud deseado y minimizar la selección de resistencia a los antimicrobianos. Además, para condiciones específicas, es necesario consultar los recursos apropiados y las pautas de consenso. Para obtener información sobre la dosis, la vía, la frecuencia y la duración de la administración, se deben consultar las indicaciones de la etiqueta, los estándares de laboratorio y las pautas actuales de las organizaciones profesionales veterinarias.

Figura 6.

Antibióticos que usan los propietarios sin prescripción médica.



Fuente: *Elaboración propia.*

En la figura 17 se observa la administración de antibióticos sin prescripción médica antes de asistir a las consultas veterinarias. El antibiótico más utilizado por los propietarios es la amoxicilina más ácido clavulánico (45.1%), seguido de trimetoprim sulfam (19.2%), cefalexina (12.9%), doxiciclina (9.7%), oxitetraciclina (6.4%), azitromicina (6.4%), enrofloxacina (3.2%) y metronidazol (3.2%).

Los resultados obtenidos en el estudio realizado por Ibarra (2024) advierten que el 60% de los encuestados afirmó que existe un uso elevado de antibióticos en mascotas por parte de los propietarios. Al comparar estos resultados con los obtenidos en el presente estudio, se observa una diferencia significativa, ya que el 96.77% de los veterinarios encuestados señalaron que los propietarios que asisten a sus clínicas ya administran antibióticos a sus mascotas antes de la consulta.

Según Varela et al. (2021), la amenaza de la RAM se debe principalmente al uso excesivo y al mal uso de los antibióticos, a menudo de manera innecesaria o sin receta médica. Este hallazgo se relaciona con los resultados obtenidos, ya que, en la mayoría de las respuestas de la encuesta, los propietarios ya habían administrado antibióticos a sus mascotas antes de asistir a la consulta con el médico veterinario.

X. CONCLUSIONES

De un total de 120 clínicas veterinarias, únicamente 31 cuentan con médicos veterinarios titulados que prescriben antibióticos, mientras que 89 clínicas tienen personal que prescribe antibióticos sin ser médicos veterinarios titulados.

Los antibióticos más utilizados por los médicos veterinarios de las clínicas afectivas encuestados son la doxiciclina 48.4% (15) veterinarios, amoxicilina más ácido clavulánico 45.2% (14) veterinarios, metronidazol 35.5% (11) veterinarios y trimetoprim sulfamida 22.6% (7) veterinarios. Estos fármacos también son utilizados con frecuencia por los propietarios antes de acudir a consulta con su mascota.

Los médicos veterinarios encuestados utilizan como parámetros para la elección de antibióticos los resultados de exámenes de laboratorio 58% (18) veterinarios, anamnesis clínica 38.7% (12) veterinarios, aparato o sistema afectado 29% (9) veterinarios, tipo de patología 19.35% (6) veterinarios, cultivo y antibiograma 9.67% (3) veterinarios y amplio espectro del fármaco 3.2% (1) veterinario.

Los factores identificados en esta investigación que pueden contribuir a la resistencia a los antibióticos, según los médicos encuestados son: dosis inadecuada 29% (9) veterinarios, uso irracional 22.6% (7) veterinarios, incumplimiento del protocolo por parte del propietario 12.9% (4) veterinarios, propietarios que administran antibióticos a sus mascotas sin haber consultado previamente con un médico veterinario 6.4% (2) veterinarios, y tiempos de prescripción inadecuados 3.2% (1) veterinario.

No todos los médicos veterinarios prescriben antibióticos basados en evidencias ni siguen directrices para la elección de antibióticos y los médicos que lo realizan, no lo hacen de la forma adecuada.

XI. RECOMENDACIONES

Incluir en la entrevista al propietario una pregunta sobre el uso de antibióticos sin recomendación previa del médico veterinario, con el fin de evitar la prescripción repetida del mismo fármaco.

Promover capacitaciones, talleres y charlas sobre el correcto uso de antibióticos, así como sobre la dosificación adecuada y la duración apropiada del tratamiento. Esto con el objetivo de aplicar un mejor tratamiento a los pacientes y reducir el riesgo de resistencia antimicrobiana.

Crear campañas de concientización dirigidas específicamente a los propietarios de mascotas sobre los problemas relacionados con el uso indebido de antibióticos, y cómo esto afecta tanto la salud humana como la de sus mascotas. Además, enfatizar las pérdidas económicas que pueden generar el fracaso de un tratamiento antibiótico debido a la administración incorrecta de dosis o tiempos incompletos de medicación.

Realizar ajustes en los protocolos que implican el uso de doxiciclina, metronidazol, trimetoprim sulfamometoxazolona y amoxicilina con ácido clavulánico, modificando las dosis y los tiempos de administración. También incluir controles de seguimiento para evaluar la eficacia del tratamiento y monitorear posibles casos de resistencia.

Desarrollar protocolos clínicos que guíen el uso de antibióticos posterior a procedimientos, incluidos los quirúrgicos electivos y las profilaxis dentales, que son los procedimientos rutinarios más comunes en las clínicas veterinarias de animales afectivos.

XII. LITERATURA CITADA

Allerton, F., Prior, C., Bagcigil, A. F., Broens, E., Callens, B., Damborg, P., Dewulf, J., Filippitzi, M. E., Carmo, L. P., Gómez-Raja, J., et al. (2021). *Visión general y evaluación de las directrices existentes para el uso racional de los antimicrobianos en la práctica veterinaria animal en Europa*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33918617/>

Álvarez-Pérez, S., García-Sancho, M., Rodríguez-Franco, F., Sainz, A., Villaescusa, A., Harmanus, C., Kuijper, E., & García, M. E. (2017). *Presencia de Clostridium difficile en perros con problemas digestivos*. <https://www.portalveterinaria.com/animales-de-compania/articulos/28090/presencia-de-clostridium-difficile-en-perros-con-problemas-digestivos.html>

Amoxicilina y clavulanato: Antimicrobianos. (s. f.). *Vademécum académico de medicamentos*. Access Medicina. <https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?bookid=1552§ionid=90367310>

Antimicrobial resistance in veterinary medicine. (s. f.). *European Medicines Agency*. <https://www.ema.europa.eu/en/veterinary-regulatory-overview/antimicrobial-resistance-veterinary-medicine>

Calvo, J., & Martínez, L. (2009). Mecanismos de acción de los antimicrobianos. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, 44–52. <https://www.elsevier.es/es-revista-enfermedades-infecciosas-microbiologia-clinica-28-articulo-mecanismos-accion-los-antimicrobianos-S0213005X08000177>

Carrasco, O. (2012). Normas y estrategias para el uso racional de antibióticos. *Revista Médica La Paz*.

http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-89582012000100012

Cortés Sánchez, J. (2015). *Evaluación y comparación del uso racional de antibióticos en 120 clínicas veterinarias en Bogotá* [Trabajo de grado, Universidad de La Salle]. <https://ciencia.lasalle.edu.co/server/api/core/bitstreams/60667e26-4de9-4afb-a91b-b1bd3ebb594e/content>

Duke, M., & Uribe, N. (2021). *Patrones de resistencia en agentes bacterianos involucrados en otitis caninas en Medellín, Colombia, durante 2019: análisis retrospectivo*. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-1389157>

Galarce Gálvez, N., et al. (2021). *Buenas prácticas en el uso de antimicrobianos en animales pequeños*. Colegio Médico Veterinario de Chile. <https://www.sag.cl/content/manual-buenas-practicas-en-el-uso-de-antimicrobianos-en-animales-pequenos>

Gómez Beltrán, D. A. (2022). *Evaluación del uso de antimicrobianos por los veterinarios de pequeñas especies de Medellín (Antioquia) y de la resistencia bacteriana frente a las principales infecciones que requieren tratamiento antimicrobiano en caninos y felinos*. <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/entities/publication/5e93df36-ee0e-4b1c-ba7a-25e519425cbc>

Hernández-Barrera, J., et al. (2017). *Impacto del uso de antimicrobianos en medicina veterinaria*. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. <https://www.redalyc.org/journal/5600/560062888010/html/>

Ibarra, E. M. (2017). *Análisis del comportamiento de los principales géneros bacterianos frente a antimicrobianos*. https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/66364/Documento_completo___.pdf

Ibarra Armijos, K. A. (2024). *Estudio sobre el uso de antibióticos en centros de atención veterinaria de pequeños animales de la ciudad de Loja* [Trabajo de grado, Universidad Nacional de Loja]. https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/29997/1/KevinAlexis_IbarraArmijos.pdf

Loureiro, R., et al. (2016). O uso de antibióticos e as resistências bacterianas: breves notas sobre a sua evolução. *Revista Portuguesa de Saúde Pública*, 77–84. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S087090251500067X>

Metronidazol, perros e infecciones del tracto gastrointestinal. (s. f.). *Vets and Clinics, Medicina Interna*. <https://vetsandclinics.com/es/metronidazol-perros-e-infecciones-del-tracto-gastrointestinal>

Organización Mundial de la Salud. (2016). *Plan de acción mundial sobre la resistencia a los antimicrobianos*. <https://www.who.int/es/publications/i/item/9789241509763>

Organización Mundial de Sanidad Animal. (2023). *Resistencia a los antimicrobianos*. <https://www.woah.org/es/que-hacemos/iniciativas-mundiales/resistencia-a-los-antimicrobianos/>

Organización Panamericana de la Salud. (s. f.). *Resistencia a los antimicrobianos, una amenaza global a la salud pública*. <https://www.paho.org/es/panaftosa/resistencia-antimicrobiana-produccion-animal>

Papich, M., & Riviere, J. E. (2018). Tetracycline antibiotics. En J. E. Riviere & M. G. Papich (Eds.), *Veterinary pharmacology and therapeutics* (10.^a ed.). https://www.academia.edu/45666571/Veterinary_Pharmacology_and_Therapeutics_J_Riviere_M_Papich

Papich, M. (2023). *Antimicrobial agent use in small animals: What are the prescribing practices, use of PK-PD principles, and extralabel use in the United States?*

https://www.researchgate.net/publication/346393319_Antimicrobial_agent_use_in_small_animals_what_are_the_prescribing_practices_use_of_PK

Pomba, C., Rantala, M., Greko, C., Baptiste, K. E., Catry, B., van Duijkeren, E., Mateus, A., Moreno, M. A., Pyörälä, S., Ružauskas, M., et al. (2017). Public health risk of antimicrobial resistance transfer from companion animals. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 72(4), 957–968.
<https://academic.oup.com/jac/article/72/4/957/2629141?login=false>

Rosas de Andraca, A. M., Galarce Gálvez, N., Muñoz Arenas, L., Borie Polanco, C., Anticevic Cáceres, S., Iragüen Contreras, D., ... Hormazábal Opazo, C. (2021). *Buenas prácticas en el uso de antimicrobianos en animales pequeños*. Colegio Médico Veterinario de Chile.
<https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/Manual%20Buenas%20Pr%C3%A1cticas%20de%20Uso%20%20Mascotas.pdf>

Sánchez, I. (2022). *Comportamiento comercial de los antibióticos en la medicina veterinaria*.
<https://repository.unilasallista.edu.co/server/api/core/bitstreams/39120a4f-778f-4260-84df-82d7f5f62e7e/content>

Sánchez, M. (2024). *Guía para el manejo racional de antibióticos de la categoría D y sus interacciones medicamentosas, en la “Clínica Veterinaria Mascotas Gold”* [Trabajo de grado, Universidad Cooperativa de Colombia].
<https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/a432d6b0-582b-4320-b0d6-bbec6e5de74b/content>

Stanley, O., et al. (2022). *Nitroimidazoles*. *Lecturio*.
<https://www.lecturio.com/es/concepts/nitroimidazoles/>

Suárez, C. (2009). Antibióticos betalactámicos. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, 116–122.
<https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/ibc-61733?lang=es>

Tóth, A. G., Tóth, I., Rózsa, B., Dubecz, A., Patai, Á. V., Németh, T., Kaplan, S., Kovács, E. G., Makrai, L., & Solymosi, N. (2022). *Canine saliva as a possible source of antimicrobial resistance genes*. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9686479/>

Universo de la salud animal. (2023). *Uso responsable de antibióticos en animales de compañía*. <https://www.universodelasaludanimal.com/one-health/el-uso-responsable-de-los-antibioticos-en-los-animales/>

Varela, M. F., Stephen, J., Lekshmi, M., Ojha, M., Wenzel, N., Sanford, L. M., Hernandez, A. J., Parvathi, A., & Kumar, S. H. (2021). *Bacterial resistance to antimicrobial agents*. https://www.researchgate.net/publication/351636581_Bacterial_Resistance_to_Antimicrobial_Agents

Villagrasa Sebastián Victoria, L. B. (2018). *Manual de antibioterapia en pequeños animales*. Grupo Asis Biomedica. <https://web.telegram.org/k/#@mvetnotes>

Von Wintersdorff, C. J. H., Penders, J., van Niekerk, J. M., Mills, N. D., Majumder, S., van Alphen, L. B., Savelkoul, P. H. M., & Wolffs, P. F. G. (2016). *Dissemination of antimicrobial resistance in microbial ecosystems through horizontal gene transfer*. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4759269/>

Werth, B. (2024). *Trimetoprima y sulfametoxazol. Manual MSD versión para profesionales*. <https://www.msmanuals.com/es/professional/enfermedades-infecciosas/bacterias-y-f%C3%A1rmacos-antibacterianos/trimetoprima-y-sulfametoxazol#Efectos-adversos...>

XIII. ANEXOS

Anexo a.

Clasificación de los antibióticos para uso en animales. (Antimicrobial Advice Ad, 2023).

A	Aminopenicilinas mecilinam pivmecilinam	Carbapenemes meropenem doripenem	Fármacos utilizados exclusivamente para tratar la tuberculosis u otras enfermedades micobacterianas. isoniazida etambutol pirazinamida etionamida	Glucopéptidos vancomicina	EVITAR	
	Ketólidos telitromicina	Lipopéptidos daptomicina		Gliciliclinas tigeciclina		
	Monobactámicos aztreonam	Oxazolidinonas linezolid		Derivados del ácido fosfónico fosfomicina		
	Rifamicinas (excepto rifamixina) rifampicina	Riminofenazinas clofazimina		Otras cefalosporinas y penemes (Código ATC J01DI), incluidas las combinaciones de cefalosporinas de 3ª generación con inhibidores de las beta-lactamasas. ceftobiprol ceftarolina cefzolozano-tazobactam faropenem		Ácidos pseudomónicos mupirocina
	Carboxipenicilina y ureidopenicilina, incluidas las combinaciones con inhibidores de beta-lactamasas. piperacilina-tazobactam	Sulfonas dapsona		Estreptograminas pristinamicina virginiamicina		Sustancias nuevas autorizadas para medicina humana tras la publicación de la clasificación del AMEG. por determinar
B	Cefalosporinas, de 3ª y 4ª generación, excepto las combinaciones con inhibidores de beta-lactamasas cefoperazona cefovecina cefquinoma ceftiofur	Polimixinas colistina polimixina B	Quinolonas: fluoroquinolonas y otras quinolonas cinoxacino danofloxacino difloxacino enrofloxacino flumequina ibafloxacino marbofloxacino norfloxacino orbifloxacino ácido oxolínic pradofloxacino		LIMITAR	
	C	Aminoglucósidos (excepto espectinomocina) amikacina apramicina dihidroestreptomicina framicetina gentamicina kanamicina neomicina paromomicina estreptomocina tobramicina	Aminopenicilinas, en combinación con inhibidores de la beta-lactamasa amoxicilina+ácido clavulánico ampicilina + sulbactam	Anfenicoles cloranfenicol florfenicol tianfenicol		Macrólidos eritromicina gamitromicina oleandomicina espiramicina bidipirosina bilmicosina tulatromicina tilosina tilvalosina
Cefalosporinas, de 1ª y 2ª generación, y cefamicinas cefacetilo cefadroxilo cefalexina cefalonio cefalotina cefapirina cefazolina		Lincosamidas clindamicina lincomicina pirimicina	Pleuromutilinas tiamulina valnemulina	Rifamicinas: rifaximina en monoterapia rifaximina		
D		Aminopenicilinas, sin inhibidores de la beta-lactamasa amoxicilina ampicilina metampicilina	Aminoglucósidos, espectinomocina en monoterapia espectinomocina	Sulfonamidas, inhibidores de la dihidrofolato reductasa y combinaciones formosulfatiazol ftalilsulfatiazol sulfacetamida sulfaclopiridazina sulfadiazina sulfadimetoxina sulfadimidina sulfadoxina sulfafurazol sulfaquanidina sulfaleno sulfamerazina sulfametizol sulfametoxazol sulfametoxipiridazina sulfamonometoxina sulfanilamida sulfapiridina sulfaguinoxalina sulfafiazol trimetoprima		CAUTELA
	Tetraciclinas clortetraciclina doxiciclina oxitetraciclina tetraciclina	Penicilinas antiestafilocócicas (penicilinas resistentes a beta-lactamasas) cloxacilina dicloxacilina nafcilina oxacilina	Polipéptidos cíclicos bacitracina	Nitroimidazoles metronidazol		
	Penicilinas naturales de espectro reducido (penicilinas sensibles a beta-lactamasas) bencilpenicilina benzatina fenoximetilpenicilina benzatina bencilpenicilina penetamato hidróido	feneticilina fenoximetilpenicilina bencilpenicilina procaína	Esteroides antibacterianos ácido fusídico	Derivados de nitrofurano furaltidona furazolidona		

Anexo b.

Encuesta realizada a médicos veterinarios de animales de compañía en el departamento de Managua.



ENCUESTA A MEDICOS VETERINARIOS

Fecha: _____

Clínica N°: _____

1. De los pacientes que tiene en consulta diariamente, ¿Qué porcentaje requieren prescripción de antibióticos?
 - a. Del 10 al 20%
 - b. Del 30 al 70%
 - c. Mas del 70%

2. En cuanto a la prescripción de antibióticos, ¿Cuál es el principal sistema afectado?
 - a. Sistema respiratorio
 - b. Sistema gastrointestinal
 - c. Sistema genitourinario
 - d. Sistema tegumentario
 - e. Sistema hematopoyético
 - f. Otro: _____

3. Según el sistema de mayor afectación seleccionado en la pregunta número 2, ¿Cuál es el principal antibiótico de elección?
 - a. Doxiciclina
 - b. Amoxicilina + acido clavulánico
 - c. Trimethoprim sulfa
 - d. Metronidazol
 - e. Enrofloxacina
 - f. Clindamicina
 - g. Otros: _____



4. ¿Por cuánto tiempo prescribe el antibiótico mencionado anteriormente?

- a. 1 a 7 días
- b. 8 a 15 días
- c. 16 a 30 días

Otros: _____

5. ¿Qué criterios utiliza para la selección del antibiótico?

R:

6. ¿Realiza algún tipo de examen de laboratorio para ayudarse a prescribir un antibiótico? En caso de que la respuesta sea positiva, ¿Qué exámenes realiza?

R:

7. ¿Ha tenido pacientes que presenten resistencia a algún de los antibióticos prescritos?

- a. Si
- b. No



8. Si la respuesta anterior fue si, ¿cuál cree que es la causa?

R: _____

9. De los pacientes que recibe en su consulta, ¿Qué porcentaje de los propietarios han solicitado algún antibiótico en específico para que sea prescrito?

- a. Menos de 10%
- b. De 10 a 30%
- c. De 30 a 70%
- d. Más del 70%

10. En cuanto a la pregunta número 10, ¿ha sido necesario prescribir el medicamento solicitado por los propietarios?

- a. Si
- b. No

11. ¿Usted ha accedido a prescribir medicamentos solo por la solicitud del propietario?

- a. Si
- b. No

12. ¿Ha recibido pacientes que ya han sido automedicados por los propietarios con fármacos antibióticos de uso humano o veterinario?

- a. Si
- b. No

13. Si la respuesta anterior es la opción A, ¿Cuál ha sido el antibiótico que más utilizan los propietarios?

R: _____