GRUPO BLR

EPIDEMIOLOGÍA Y SALUD PÚBLICA VETERINARIA

ISBN: 978-9907-802-84-9

Fernando Lenin Aguilar Gálvez

2026

EPIDEMIOLOGÍA Y SALUD PÚBLICA VETERINARIA

Fernando Lenin Aguilar Gálvez

AUTOR



Este libro ha sido debidamente examinado y valorado en la modalidad doble par ciego con fin de garantizar la calidad científica.

©Grupo Editorial BLR
Universidad Técnica de Machala
Riobamba – Ecuador
Correo: publicaciones@grupoblr.com
https://grupoblr.com/libros-investigo
REPOSITORIO



Aguilar, F. (2026) Epidemiología y salud pública veterinaria. Grupo Editorial BLR.

©Fernando Lenin Aguilar Gálvez

Epidemiología y salud pública veterinari.

ISBN: 978-9907-802-84-9

El copyright promueve la libertad de expresión, protege la diversidad de ideas y conocimiento, además apoya la libre expresión. Se prohíbe de manera rigurosa la producción o el almacenamiento de esta publicación, ya sea en su totalidad o en parte, está estrictamente prohibido por ley, incluyendo el diseño de la portada, así como su difusión a través de cualquiera de sus medios, ya sean electrónicos, mecánicos, ópticos, de grabación o incluso de fotocopia, sin permiso de los propietarios de los derechos de autor.

FILIACIÓN DEL AUTOR

Fernando Lenin Aguilar Gálvez
Universidad Técnica de Machala
Correo Electrónico: flaguilar@utmachala.edu.ec
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8245-9717

RESUMEN GENERAL

Este libro constituye una obra técnica de referencia diseñada para profesionales y académicos de las ciencias veterinarias, ofreciendo una visión integral y actualizada de la Epidemiología y la Salud Pública Veterinaria bajo el enfoque transdisciplinario de Una Salud (One Health). A través de un análisis riguroso, la obra transita desde los fundamentos teóricos hasta las aplicaciones biotecnológicas más avanzadas para el control de enfermedades.

El texto aborda la dinámica de las enfermedades en las poblaciones mediante el estudio de la triada epidemiológica y los modelos de causalidad, proporcionando herramientas metodológicas de epidemiología descriptiva y analítica para la cuantificación de riesgos y la interpretación de patrones espacio-temporales. Asimismo, se profundiza en la epidemiología molecular, integrando técnicas de secuenciación y herramientas bioinformáticas que permiten una caracterización precisa de patógenos y el rastreo de brotes infecciosos con alta resolución.

Un eje central de la obra es la interconexión entre la sanidad animal, el bienestar humano y la integridad ambiental. Se examinan con rigor las zoonosis emergentes y reemergentes, la seguridad alimentaria y la vigilancia de la resistencia antimicrobiana (RAM). Finalmente, el libro presenta estrategias críticas de vigilancia epidemiológica, gestión de crisis sanitarias y diseño de programas de control, consolidándose como una herramienta indispensable para la toma de decisiones basada en evidencia y la protección de la salud pública global.

ÍNDICE

RESUMEN GENERAL i

ÍNDICE DE FIGURAS xiii

CAPÍTULO I 14

1 INTRODUCCIÓN A LA EPIDEMIOLOGÍA 14

1.1 Elemento de apertura 14

1.1.1 Objetivos de aprendizaje: 14

1.1.2 Pregunta guía 14

1.2 Introducción 15

1.3 Introducción a la epidemiología veterinaria y la salud publica ……..17

1.3.1 Definición y raíces etimológicas 17

1.3.2 Evolución histórica y filosófica 21

1.3.3 La Tríada Ecológica 25

1.3.4 Determinantes y distribución 30

1.3.5 Determinación del origen de la enfermedad 34

1.4 Conceptos Generales de importancia en Epidemiologia y salud publica 40

1.4.1 Escenarios de Actuación del Epidemiólogo Veterinario 45

1.4.2 El enfoque unificador de "Una Salud" (One Health) 45

1.4.3 Vigilancia Epidemiológica y Alerta Temprana 46

1.4.4 Control de Zoonosis y Salud Pública 46

1.4.5 Garantía de la Seguridad Alimentaria 47

1.4.6 Prevención de Pandemias Globales 47

1.4.7 Análisis de Riesgo en el Comercio Internacional 48

1.4.8 Gestión de la Salud Productiva y Bienestar 48

1.4.9 Cadena Epidemiológica y sus componentes 49

1.4.10 Agente causal 49

1.4.11 Reservorio 50

1.4.12 Puerta de entrada 51

1.4.13 Puertas de salida 51

1.4.14 Modo de transmisión 52

1.4.15 Huésped susceptible 53

1.5 Conclusiones 54

1.6 Actividades de cierre 56

1.6.1 Resumen del capítulo 56

1.6.2 Autoevaluación 57

1.7 Actividad de aplicación:..... 58

CAPÍTULO II..... 59

2 EL PROCESO EPIDÉMICO Y LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS ENFERMEDADES ZOONÓTICAS..... 59

2.1 Elemento de apertura 59

2.1.1 Objetivos de aprendizaje:..... 59

2.1.2 Pregunta guía: 60

2.2 Introducción 60

2.3 El Proceso Epidémico 62

2.3.1 Características y dinámica de propagación 63

2.3.2 Clasificación de las epidemias 64

2.3.3 Definición y dinámica de la epidemia..... 66

2.3.4 Desequilibrio de la Tríada Ecológica 68

2.3.5 Clasificación de las epidemias según la fuente 69

2.3.6 Canales e Índices Endémicos 70

2.4 Organizaciones nacionales e internacionales que intervienen en salud pública..... 72

2.4.1 Marco Internacional de Referencia: La Gobernanza Global de la Sanidad 72

2.4.2 Estructura y Vigilancia Nacional en Ecuador 74

2.4.3 Sistemas de Información: El Eje de la Inteligencia Sanitaria 76

2.5 Principales enfermedades zoonóticas (Primera parte) 78

2.5.1 Concepto de Zoonosis y estadísticas actuales..... 78

2.5.2 Rabia: Ciclos de transmisión y control estratégico..... 79

2.5.3 Gripe Aviar: Vigilancia de los subtipos H5N1 y H7N1 81

2.5.4 Brucelosis: Impacto productivo y salud humana 82

2.6 Principales enfermedades zoonóticas (Segunda parte) 84

2.6.1 Tuberculosis Bovina: Transmisión y programas de control.. 84

2.6.2 Salmonelosis y Listeriosis: Desafíos en la seguridad alimentaria ……86

2.6.3 Zoonosis emergentes y pandemias: COVID-19, Ébola y H1N1 87

2.6.4 Enfermedad de Lyme y vectores: La ecología del riesgo 89

2.7 Investigación de epidemias 90

2.7.1 Detección y confirmación inicial: Vigilancia e inteligencia sanitaria……. 90

2.7.2 Definición Operacional de Caso: Criterios técnicos de clasificación…..... 91

2.8 Investigación de campo: Identificación de la cadena de transmisión 92

2.8.1 Análisis descriptivo: Tiempo, Lugar y Población 93

2.8.2 Formulación y verificación de hipótesis causales 94

2.8.3 Medidas de control y comunicación: La respuesta sanitaria. 95

2.9 Introducción a los métodos aplicados en epidemiología 96

2.9.1 Cuantificación y Medición: La base de la inteligencia sanitaria ……96

2.9.2 Medidas de Asociación e Impacto: Determinación del riesgo poblacional ……98

2.9.3 Evaluación de Pruebas Diagnósticas: Calidad y desempeño operativo ……100

2.10 Conclusiones 102

2.11 Actividades de cierre..... 105

2.11.1 Resumen del capítulo: 105

2.11.2 Autoevaluación: 106

2.11.3 Actividad de aplicación:..... 107

CAPÍTULO III 108

3 PRUEBAS DIAGNÓSTICAS Y VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA 108

3.1 Elemento de apertura 108

3.1.1 Objetivos de aprendizaje 108

3.1.2 Pregunta guía: 109

3.2 Introducción 109

3.3 Introducción a las pruebas diagnósticas (Screening/Tamizaje) ……11

1

3.3.1 Fundamentos del diagnóstico en medicina poblacional.....111

3.4 Diferenciación técnica: Tamizaje (Screening) vs. Pruebas de Diagnóstico..... 113

3.4.1 Clasificación de los resultados de las pruebas 115

3.4.2 El concepto de "Prueba de Oro" (Gold Standard)..... 116

3.4.3 Calidad de una prueba diagnóstica..... 118

3.5 Estudios de frecuencia y sensibilidad de las pruebas diagnósticas 119

3.5.1 Propiedades operativas: Sensibilidad (Se) y Especificidad (Es) …….119

3.5.2 Capacidad discriminatoria y el Punto de Corte (Cut-off value) ……..121

3.5.3 Influencia de la Prevalencia en la interpretación 122

3.5.4 Valores Predictivos (VPP y VPN) 124

3.5.5 Métodos avanzados de evaluación diagnóstica..... 125

3.5.6 Evaluación de la concordancia entre pruebas: El estadístico Kappa …….126

3.5.7 Estrategias de pruebas múltiples: En serie y en paralelo 128

3.6 Vigilancia epidemiológica..... 129

3.6.1 Definición y propósito de la vigilancia 129

3.6.2 Tipos de Vigilancia Epidemiológica 130

3.6.3 Elementos de un sistema de vigilancia robusto 132

3.6.4 Estructuras de información zoosanitaria 133

3.6.5 Seguimiento epidemiológico continuo y evaluación de riesgos …….134

3.7 Seguridad e inocuidad alimentaria 135

3.7.1 Interfaz Salud Animal - Seguridad Alimentaria 136

3.7.2 Abordaje de riesgos en la cadena de producción 137

3.7.3 Análisis de Riesgo asociado a las importaciones (MSF) 139

3.7.4 Normativa internacional y comercio seguro 141

3.7.5 El enfoque de "Una sola salud" (One Health) en la inocuidad ……..142

3.8 Conclusiones 144

3.9 Actividades de cierre..... 147

3.9.1 Resumen del capítulo 147

3.9.2 Autoevaluación 147

3.9.3 Actividad de aplicación:..... 148

CAPÍTULO IV 150

4 SALUD ANIMAL Y HUMANA (UNA SOLA SALUD). 150

4.1 Elemento de apertura 150

4.1.1 Objetivos de aprendizaje 150

4.1.2 Pregunta guía: 151

4.2 Introducción 151

4.3 Una sola salud (One health) 153

4.3.1 Salud Humana 155

4.3.2 Salud Animal 155

4.3.3 Salud Ambiental 156

4.3.4 Impacto global del enfoque Una Sola Salud 157

4.3.5 Enfermedades zoonóticas y vigilancia global 159

4.3.6 Seguridad alimentaria y sanidad animal 160

4.3.7 Resistencia a los antimicrobianos (RAM) 160

4.3.8 Desarrollo y reconocimiento de la fuerza laboral veterinaria 161

4.3.9 Salud de ecosistemas y conservación de la biodiversidad .. 161

4.3.10 Preparación y respuesta ante pandemias multilaterales 161

4.3.11 Investigación e innovación en salud global 162

4.3.12 Limitaciones de Una sola salud 162

4.3.13 Vocabularios incompatibles 164

4.3.14 Secuestro de datos 164

4.3.15 Beneficios de Una sola salud 165

4.4 Normativas y seguridad en el uso de antimicrobianos..... 167

4.4.1 La Resistencia a los Antimicrobianos (RAM) como amenaza global ……..167

4.4.2 Mecanismos de transmisión de resistencia 168

4.4.3 Vigilancia y monitoreo del uso de antimicrobianos..... 170

4.4.4 Marcos normativos internacionales 171

4.5 Bioseguridad en epidemiología veterinaria..... 172

4.5.1 Medidas de control en la fuente y el entorno 174

4.5.2 Bioseguridad en sistemas de producción y fauna silvestre . 175

4.5.3 Educación y comunicación en bioseguridad 177

4.6 Análisis de Riesgo en salud animal..... 178

4.6.1 Principios del análisis de riesgo: Transparencia y objetividad ……..180

4.6.2 Etapas del proceso de análisis de riesgo 181

4.6.3 Identificación de peligros..... 182

4.6.4 Evaluación del riesgo 182

4.6.5 Gestión del riesgo..... 184

4.6.6 Comunicación del riesgo..... 184

4.6.7 Tipos de evaluación: Cualitativa vs. Cuantitativa..... 185

4.6.8 Herramientas operativas de Una Salud y comercio seguro. 186

4.7 Conclusiones 187

4.8 Actividades de cierre..... 190

4.8.1 Resumen del capítulo: 190

4.8.2 Autoevaluación 190

4.8.3 Actividad de aplicación:..... 191

BIBLIOGRAFÍA..... 193

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.Equilibrio y Desequilibrio. Diagrama 26

Figura 2.Impacto de la Precisión en la Definición de Caso sobre el Análisis Epidemiológico. 36

Figura 3.Cuadro comparativo de las características distintivas de endemia y epidemia en epidemiología animal. 41

Figura 4.Representación de la transición entre la ocurrencia esporádica y el surgimiento de una epidemia 44

Figura 5.Esquema de la cadena epidemiológica y sus eslabones clave en la transmisión de enfermedades. 49

Figura 6.Dinámica de los Modos de Transmisión de Agentes Infecciosos 53

Figura 7.Dinámica Temporal del Proceso Epizoótico y Vigilancia Sanitaria 66

Figura 8.Ejemplo aplicado 98

Figura 9.Sensibilidad y especificidad: 101

Figura 10.Estrategias de pruebas múltiples: paralelo vs serie. ... 102

Figura 11.Esquema el concepto UNA SOLA SALUD 154

CAPÍTULO I

1 INTRODUCCIÓN A LA EPIDEMIOLOGÍA

1.1 Elemento de apertura

1.1.1 Objetivos de aprendizaje:

1. Analizar la epidemiología veterinaria como disciplina poblacional, contrastando su unidad de análisis (población) con la clínica individual y explicando cómo la distribución (tiempo–lugar–animal) orienta la formulación de hipótesis etiológicas.
2. Evaluar críticamente un evento sanitario en animales clasificándolo con precisión como endemia/enzootia, epidemia/epizootia, brote o pandemia/panzootia, y justificando la decisión mediante patrones temporales y espaciales.
3. Diseñar una investigación epidemiológica aplicada para determinar el origen de una enfermedad, integrando: definición operativa de caso, análisis descriptivo, métodos de formulación de hipótesis y selección de diseño analítico (cohortes o casos y controles) con medidas de asociación.
4. Crear un esquema operativo de intervención en un escenario profesional (vigilancia, control de zoonosis, inocuidad alimentaria o comercio), articulando la tríada ecológica, bioseguridad y análisis de riesgo bajo el enfoque One Health.

1.1.2 Pregunta guía

¿Cómo transforma la epidemiología veterinaria—al analizar poblaciones, determinantes y distribución—la toma de decisiones para

prevenir, investigar y controlar enfermedades en sistemas animales y su interfaz con la salud pública?

1.2 Introducción

La epidemiología veterinaria se configura en este capítulo como una disciplina científica de naturaleza poblacional y enfoque holístico, orientada a comprender la salud y la enfermedad no como eventos aislados, sino como fenómenos que emergen de interacciones complejas dentro de colectivos animales y sus entornos (Villarroel, 2021). El texto parte de una fundamentación etimológica (epi–demos–logos) que no se limita a un dato histórico, sino que delimita el núcleo metodológico de la disciplina: el estudio de "lo que ocurre sobre las poblaciones" y de los factores que gobiernan su comportamiento sanitario (Pardo Cobas, 2006). Esta premisa implica un desplazamiento del foco clínico individual hacia la inteligencia sanitaria, donde el médico veterinario se posiciona como gestor de salud en ecosistemas productivos, refugios o fauna silvestre, integrando herramientas de análisis de datos, medición y prevención (Villarroel, 2021; Manual de MSD, 2024).

En el panorama profesional actual, esta perspectiva resulta especialmente relevante porque los sistemas de producción y las redes de movilidad animal incrementan el potencial de diseminación de patógenos y amplifican el impacto económico y sanitario de brotes. El capítulo sostiene que las enfermedades no ocurren al azar, sino que exhiben patrones identificables; por ello, la epidemiología descriptiva (tiempo, lugar, animal) constituye el punto de partida para caracterizar la carga de enfermedad y construir hipótesis etiológicas que luego

pueden ser contrastadas mediante diseños analíticos (Noah, 2022; Villarroel, 2021). En esta lógica, conceptos como población en riesgo, definición operativa de caso y curva epidémica no son tecnicismos aislados: son condiciones de posibilidad para medir con rigor y evitar sesgos que distorsionen la interpretación de un evento sanitario. La relevancia práctica se refuerza cuando el texto vincula estas herramientas con decisiones concretas en granjas y contextos de control: cuarentenas, segregación, bioseguridad y acciones de contención para cortar transmisión (Pardo Cobas, 2006).

El capítulo también ofrece una contextualización histórica y filosófica que explica cómo la disciplina transita desde interpretaciones místicas hacia el rigor estadístico y metodológico moderno, destacando hitos como el razonamiento ambiental hipocrático, la noción de contagio, el desarrollo demográfico y la cartografía epidemiológica como antecedentes del enfoque contemporáneo (Pardo Cobas, 2006; Villarroel, 2021). Esta trayectoria histórica no se expone como un recuento lineal, sino como base para entender la evolución hacia la medicina veterinaria basada en evidencia y la toma de decisiones informada (López et al., 2021; Villarroel, 2021). Finalmente, el texto incorpora el enfoque de Una Salud como marco unificador, enfatizando la interdependencia entre salud animal, humana y ambiente, y situando al epidemiólogo veterinario en escenarios estratégicos como vigilancia, control de zoonosis, seguridad alimentaria, prevención de pandemias y análisis de riesgo en comercio internacional (OMSA, 2018; OMSA, 2025; FAO, 2023).

Metodológicamente, el capítulo adopta un enfoque conceptual–aplicado: define, historiza y modela (tríada ecológica), para luego operacionalizar mediante categorías técnicas (endemia/epidemia/pandemia), instrumentos (definición de caso, medición de frecuencia, análisis temporal y espacial) y ámbitos de actuación profesional (Pardo Cobas, 2006; Noah, 2022; Villarroel, 2021). En conjunto, esta arquitectura convierte a la epidemiología veterinaria en una plataforma para explicar, predecir y controlar eventos sanitarios con impacto productivo y de salud pública

1.3 Introducción a la epidemiología veterinaria y la salud publica

1.3.1 Definición y raíces etimológicas

La epidemiología veterinaria se constituye como una disciplina científica fundamental y holística para el abordaje de la salud productiva y el bienestar animal en la actualidad. Etimológicamente, el término encuentra su génesis en las raíces griegas *epi* (que significa "sobre"), *demos* (traducido como "pueblo" o, en un sentido biológico más amplio, "población") y *logos* (que se refiere al "estudio", "tratado" o "discurso") (Pardo Cobas, 2006). Por consiguiente, en su acepción más purista y originaria, la epidemiología es el estudio de aquello que está "sobre las poblaciones", lo cual, en el lenguaje técnico contemporáneo, se traduce como el estudio de la salud y la enfermedad en los colectivos de animales y los diversos factores que rigen su comportamiento.

A diferencia de la medicina veterinaria clínica tradicional, cuya unidad de análisis primordial es el individuo —centrándose en el diagnóstico y tratamiento de un paciente singular—, la epidemiología veterinaria

adopta una perspectiva poblacional. Bajo este enfoque, el médico veterinario deja de ser únicamente un sanador de individuos para convertirse en un gestor de la salud dentro de ecosistemas complejos, donde las interacciones entre los sujetos y su entorno definen el estado sanitario global. Esta visión colectiva permite comprender que la esencia de la epidemiología radica en que las enfermedades no ocurren de manera azarosa, sino que siguen patrones específicos que deben ser descubiertos para su control efectivo (Villarroel, 2021).

Desde un punto de vista técnico y formal, la epidemiología veterinaria se define como la ciencia que estudia la distribución, frecuencia y los determinantes de las enfermedades, condiciones de salud o eventos biológicos en poblaciones animales específicas. El propósito final de este estudio no es meramente descriptivo, sino que busca identificar oportunidades de intervención para mejorar la salud, la productividad y el bienestar general (Manual de MSD, 2024). En este contexto, la "población" se define como el conjunto de individuos que conviven en una comunidad, ya sea una granja, un refugio de animales o la fauna silvestre de una región geográfica delimitada (Pardo Cobas, 2006).

El desarrollo histórico de estos conceptos ha transitado por diversos paradigmas que han moldeado la definición actual de la disciplina. Los antecedentes más remotos se sitúan en la antigua Grecia con Hipócrates (siglo V a.C.), quien en su tratado "Aires, aguas y lugares" rompió con las explicaciones místicas de la enfermedad al proponer que la salud dependía de un equilibrio dinámico entre el individuo y su medio. Fue precisamente Hipócrates quien introdujo los términos *endemeo* y *epidemeo*, los cuales son los precursores directos de los conceptos

técnicos de endemia y epidemia que utilizamos en la medicina moderna para describir la estabilidad o el incremento súbito de casos en una población.

Para profundizar en la definición, es imperativo analizar los pilares que la sustentan: distribución y determinantes. La distribución se refiere al análisis de cuándo ocurre la enfermedad (tiempo), dónde se concentra (lugar) y a quiénes afecta primordialmente (animal) (Villarroel, 2021). Por su parte, los determinantes son cualquier factor que provoca un cambio en el estado de salud o en una característica definida, lo que implica que la epidemiología investiga la multicausalidad de los fenómenos sanitarios (Manual de MSD, 2024). Un ejemplo veterinario claro de este concepto es el análisis de la cojera en ganado lechero: la distribución podría mostrar que es más frecuente en invierno (tiempo), en granjas con pisos de concreto (lugar) y en vacas de alta producción (animal); mientras que los determinantes incluirían la humedad del suelo y la presencia de patógenos como *Fusobacterium* (Pardo Cobas, 2006).

Otro concepto clave intrínseco a la definición de epidemiología es la distinción entre salud y enfermedad. La salud se define como un estado de bienestar físico, psíquico y social completo, mientras que la enfermedad representa la ausencia de dicho estado (Pardo Cobas, 2006). La epidemiología veterinaria utiliza herramientas estadísticas y análisis de datos para identificar los factores de riesgo que rompen este equilibrio, permitiendo establecer estrategias efectivas de manejo y prevención. Por ejemplo, en un brote de influenza aviar, los epidemiólogos analizan cómo se propaga el virus y aplican medidas

como la cuarentena y la bioseguridad basadas en el estudio previo de la distribución poblacional del patógeno (StudySmarter, 2024).

La importancia de una definición rigurosa se extiende también a la identificación de "un caso". Antes de cuantificar una enfermedad, es vital establecer criterios claros y exactos de qué constituye un individuo enfermo para evitar subestimaciones o sobreestimaciones de la realidad sanitaria. Por ejemplo, definir un caso de parvovirus canino simplemente como "un cachorro con diarrea" es insuficiente, pues existen otras causas de diarrea y también infecciones asintomáticas. Una definición epidemiológica precisa sería: "perros de menos de 9 meses de edad con una prueba positiva contra parvovirus en un ELISA fecal", lo que garantiza la nitidez de la imagen epidemiológica que se pretende analizar (Villarroel, 2021).

En la sanidad animal contemporánea, la epidemiología veterinaria ha evolucionado para integrarse plenamente en el concepto de "Una Salud" (*One Health*). Esta visión reconoce que la salud de los animales, los seres humanos y el medio ambiente son interdependientes. Dado que el 60% de los patógenos humanos tienen un origen animal y el 75% de las enfermedades emergentes son zoonóticas, la epidemiología veterinaria desempeña un papel estratégico en la salud pública mundial al detectar precozmente amenazas en las poblaciones animales antes de que estas trasciendan a la población humana (OMSA, 2025).

Finalmente, la epidemiología veterinaria no se limita al estudio de la patología, sino que incluye el seguimiento de la productividad y la seguridad alimentaria (Manual de MSD, 2024). Al garantizar que los

productos de origen animal, como la carne, la leche y los huevos, sean inocuos a través del control de enfermedades como la salmonelosis o la listeriosis, la epidemiología cumple una función social y económica vital. En conclusión, la definición y las raíces etimológicas de esta ciencia reflejan una disciplina dinámica que combina el rigor del método estadístico con la visión biológica del ecosistema, consolidándose como la herramienta definitiva para enfrentar los retos sanitarios del siglo XXI.

1.3.2 Evolución histórica y filosófica

El desarrollo del pensamiento epidemiológico no ha sido un proceso lineal, sino una transición de diversos paradigmas que han evolucionado desde explicaciones místicas y religiosas de la enfermedad hasta el rigor estadístico y molecular que caracteriza a la disciplina actual. La epidemiología veterinaria, al igual que su contraparte humana, se fundamenta en la premisa de que los problemas de salud en las poblaciones no ocurren de manera aleatoria, sino que exhiben una distribución no fortuita regida por patrones que pueden ser descubiertos y analizados. Comprender esta evolución histórica es esencial para el médico veterinario contemporáneo, ya que le proporciona el marco teórico necesario para actuar como gestor de salud en ecosistemas complejos y enfrentar retos globales actuales como las enfermedades zoonóticas emergentes (Villarroel, 2021).

Los orígenes clásicos de la epidemiología se sitúan en la antigua Grecia del siglo V a.C., teniendo como figura central a Hipócrates, quien en su obra fundamental "Aires, aguas y lugares" rompió con la idea de que la

enfermedad era un castigo divino o un evento puramente místico. Hipócrates propuso que la salud dependía de un equilibrio dinámico entre el individuo y su medio físico, introduciendo términos técnicos como *endemeo* y *epidemeo*, los cuales son los precursores directos de los conceptos modernos de endemia y epidemia. En el ámbito veterinario, este concepto se refleja en la importancia que tiene el microclima y el macroclima en la resistencia de los animales; por ejemplo, se sabe que las deficiencias nutricionales derivadas de la composición del suelo o el estrés por frío pueden disminuir la inmunidad poblacional, facilitando la aparición de enfermedades que antes estaban bajo control (Pardo Cobas, 2006).

Posteriormente, durante el siglo I a.C., el erudito romano Marco Terencio Varrón formuló una hipótesis revolucionaria sobre el contagio al prever la existencia de pequeños seres invisibles presentes en los miasmas, los cuales podían entrar al cuerpo y causar dolencias. Varrón no solo teorizó sobre la causa, sino que fue uno de los primeros en recomendar medidas prácticas de manejo sanitario que aún hoy son pilares de la epidemiología veterinaria, como el aislamiento de rebaños y la división de los animales en grupos menores para evitar la propagación masiva de enfermedades. Este principio es el antecesor directo de la segregación y las cuarentenas modernas que se aplican en las granjas actuales para controlar patógenos altamente contagiosos como el virus de la fiebre aftosa o la peste porcina africana (Pardo Cobas, 2006).

Durante la Edad Media, aunque el pensamiento científico sufrió retrocesos, figuras como Alberto Magno desafiaron las interpretaciones

religiosas predominantes de las pestes animales. Magno señaló que el "principio contagioso" residía en la sangre de los animales enfermos y se transmitía mediante el contacto directo o a través de fómites (objetos inanimados contaminados), adelantándose a la comprensión moderna de las vías de transmisión. En veterinaria, el concepto de fómite es crítico, ya que instrumentos de manejo, calzado del personal o vehículos de transporte pueden actuar como la "mecha" que inicia el "fuego de una epidemia" en una explotación previamente sana (Pardo Cobas, 2006).

La llegada del Renacimiento trajo consigo a Girolamo Fracastoro, quien en 1546 publicó su obra "De Contagione et Contagiosis Morbis", donde describió detalladamente tres formas de contagio: por contacto directo, por aire y a través de fómites. Fracastoro propuso que la enfermedad era causada por "semillas" de enfermedad (*seminaria*), una visión que se adelantó tres siglos a la teoría germinal de la enfermedad y que permitió entender que las infecciones podían propagarse horizontalmente entre miembros de una misma población animal. Un ejemplo veterinario de esta transmisión horizontal es la propagación de la influenza equina entre compañeros de establo a través de secreciones respiratorias expulsadas al aire o depositadas en bebederos comunes (Pardo Cobas, 2006).

El siglo XIX marcó el nacimiento de la metodología epidemiológica moderna con las investigaciones de John Snow sobre el cólera en Londres. Snow utilizó la cartografía epidemiológica y el análisis espacial para determinar que la distribución de los casos de cólera no era aleatoria, sino que estaba vinculada a una fuente común de agua contaminada. Su metodología de investigación de brotes, que incluye la

construcción de curvas epidémicas para diferenciar entre fuentes comunes y propagadas, sigue siendo el estándar de oro para los veterinarios que deben investigar, por ejemplo, una toxiinfección alimentaria masiva por *Salmonella* en un lote de aves comerciales (Villarroel, 2021).

En este mismo periodo, la medicina veterinaria experimentó una profesionalización y aplicación institucional de estos métodos sin precedentes, destacando la creación del *Bureau of Animal Industry* (BAI) en 1856 en los Estados. El BAI utilizó herramientas de epidemiología descriptiva para erradicar la pleuropneumonía contagiosa bovina en un tiempo récord de cinco años, demostrando la eficacia de la vigilancia poblacional sobre el tratamiento clínico individual.

A partir de la segunda mitad del siglo XX, la disciplina expandió su alcance desde el control de enfermedades infecciosas agudas hacia el estudio de procesos crónicos, patologías multifactoriales y el bienestar animal. David Sackett y otros investigadores introdujeron la epidemiología clínica, integrando la evidencia científica en la toma de decisiones para reducir la incertidumbre diagnóstica (López et al., 2021). Este enfoque culminó alrededor del año 2000 con el nacimiento de la Medicina Veterinaria Basada en la Evidencia (MVBE), la cual utiliza metaanálisis y revisiones sistemáticas para garantizar que los tratamientos y programas de prevención aplicados en las poblaciones animales tengan una base científica sólida y contrastada (Villarroel, 2021).

Finalmente, la evolución histórica de la epidemiología ha desembocado en el concepto integrador de "Una Salud" (*One Health*), el cual reconoce que la sanidad animal, la salud humana y el equilibrio de los ecosistemas son inseparables. Dado que el 60% de los patógenos humanos tienen origen animal y el 75% de las enfermedades emergentes son zoonóticas, el legado de figuras como Hipócrates, Graunt y Snow cobra más relevancia que nunca (OMSA, 2025). El veterinario actual, armado con estas herramientas históricas y metodológicas, es la primera línea de defensa contra pandemias globales, garantizando no solo la productividad del ganado, sino la seguridad de la salud pública mundial.

1.3.3 La Tríada Ecológica

La presentación de una enfermedad en una población animal no es un evento aleatorio ni fortuito, sino el resultado de un desequilibrio dinámico y complejo dentro de un ecosistema determinado. En la epidemiología veterinaria contemporánea, se utiliza el modelo de la tríada ecológica (también denominada tríada epizoótica) para explicar las interacciones fundamentales que rigen el proceso salud-enfermedad. Este modelo postula que la patología es el producto de la coexistencia y colisión de tres vértices o eslabones esenciales: el agente etiológico, el hospedador y el ambiente (Pardo Cobas, 2006). Bajo este paradigma, el médico veterinario trasciende la visión clínica individual para actuar como un gestor de la salud poblacional, analizando cómo las variaciones en cualquiera de estos componentes pueden inclinar la balanza hacia la eclosión de una epidemia o la persistencia de una endemia (Villarroel, 2021).

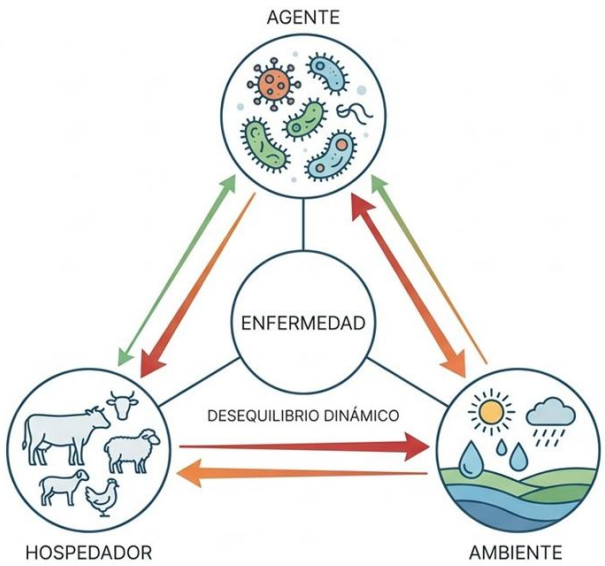


Figura 1.Equilibrio y Desequilibrio. Diagrama que muestra la tríada ecológica: hospedador, ambiente y agente, y cómo su desequilibrio dinámico causa la enfermedad.

El primer componente de la tríada es el agente etiológico, definido como el germen patógeno o factor capaz de producir alteraciones morfológicas y fisiológicas masivas en el organismo (Pardo Cobas, 2006). Los agentes pueden clasificarse en biológicos (virus, bacterias, hongos, parásitos), químicos (toxinas, venenos) o físicos (radiación, traumatismos, calor extremo). En el caso de los agentes biológicos, su capacidad de generar un brote depende de atributos críticos como su infectividad (aptitud para invadir y multiplicarse), su patogenicidad (capacidad de inducir enfermedad clínica) y su virulencia (grado de severidad del daño causado). Un ejemplo veterinario notable es la diferencia entre cepas de *Escherichia coli*; mientras que algunas son comensales normales del tracto digestivo, otras poseen una virulencia superior que provoca

diarreas masivas y fatales en lechones recién nacidos (Pardo Cobas, 2006).

Además de la virulencia, el agente posee propiedades como la especificidad, el tropismo y la tenacidad. La especificidad determina qué especies pueden ser afectadas; por ejemplo, el virus del cólera porcino tiene una afinidad estricta por el cerdo, mientras que el virus de la fiebre aftosa muestra una pluralidad antigénica compleja con múltiples tipos y variantes. El tropismo se refiere a la tendencia del agente a localizarse en tejidos específicos, como la predilección de ciertos virus por el sistema respiratorio o los órganos genitales. Por último, la tenacidad o resistencia ambiental permite al patógeno sobrevivir fuera del hospedador; las esporas de *Bacillus anthracis* (ántrax), por ejemplo, pueden permanecer viables en el suelo durante décadas, esperando que las condiciones ambientales faciliten un nuevo contacto con un hospedador susceptible (Pardo Cobas, 2006).

El segundo vértice es el hospedador u hospedero, el macroorganismo animal que proporciona el hábitat adecuado para que el agente crezca y se multiplique. La susceptibilidad del hospedador no es uniforme y está condicionada por factores intrínsecos como la especie, la raza, la edad, el sexo y la estructura genética. En veterinaria, la correspondencia de raza es un determinante claro de salud: el ganado Cebú posee una resistencia natural congénita a la tuberculosis muy superior a la del ganado Holstein, que ha sido seleccionado unilateralmente para la producción láctea, lo que a menudo conlleva un debilitamiento de sus mecanismos defensivos. Asimismo, la edad juega un papel vital; enfermedades como la colibacilosis son críticas en los primeros días de

vida, mientras que la tuberculosis bovina tiende a ser un problema crónico de animales adultos (Pardo Cobas, 2006).

La capacidad de respuesta del hospedador también depende de su estado inmunitario, que puede ser específico o no específico. La resistencia no específica incluye barreras mecánicas como la integridad de la piel y las mucosas, así como sistemas de limpieza biológica representados por las secreciones (lágrimas, saliva, jugo gástrico) (Pardo Cobas, 2006). Por otro lado, la inmunidad específica se basa en la formación de anticuerpos tras la exposición al agente o la vacunación (López et al., 2021). Un factor poblacional crítico es la densidad de individuos susceptibles; cuando un gran número de animales sin inmunidad convive en un espacio concentrado, la velocidad de propagación de una epidemia se acelera drásticamente, como ocurre frecuentemente en los sistemas de producción intensiva.

El tercer componente es el ambiente, que abarca los factores físicos, biológicos y, fundamentalmente en veterinaria, los factores de manejo humano. El ambiente físico incluye variables climáticas como la temperatura, la humedad y las precipitaciones, las cuales pueden debilitar la resistencia del hospedador o favorecer la supervivencia del agente. Un ejemplo clásico es la mayor incidencia de pasteurelosis bovina durante las épocas de lluvia en los trópicos, donde el enfriamiento y la humedad actúan como factores estresantes que activan infecciones latentes. Además, la composición del suelo influye indirectamente a través de la nutrición; suelos deficientes en minerales producen forrajes de baja calidad que comprometen el sistema inmune de la población animal (Pardo Cobas, 2006).

En el contexto de la sanidad animal moderna, el manejo antropogénico es un componente ambiental determinante. Prácticas como el hacinamiento, la falta de zoohigiene, el estrés derivado del transporte y la explotación indiscriminada actúan como potentes catalizadores de enfermedades. El estrés por transporte, por ejemplo, puede provocar descensos bruscos en la inmunidad que permiten que la flora bacteriana normal se convierta en patógena, originando procesos de autoinfección. El ambiente también incluye la presencia de vectores (insectos, garrapatas) y reservorios de vida silvestre que facilitan el ciclo biológico de los patógenos y su transmisión ininterrumpida entre poblaciones domésticas y salvajes (Pardo Cobas, 2006).

La enfermedad es, en esencia, la interacción dinámica entre estos tres elementos bajo la influencia de las condiciones externas. Una epidemia (o epizootia) ocurre precisamente cuando la población se expone a factores inexistentes previamente o cuando surge un desequilibrio significativo en la tríada preexistente. Por ejemplo, la introducción de un nuevo semental infectado en una granja libre de brucelosis rompe el equilibrio al introducir un agente virulento en un grupo de hospedadores con baja inmunidad específica (Pardo Cobas, 2006). La comprensión de esta tríada es la base para la investigación de brotes, permitiendo identificar si la fuente es común (como un alimento contaminado en el ambiente) o si la transmisión es propagada (de animal a animal).

Finalmente, el modelo de la tríada ecológica es el pilar sobre el que se asienta el enfoque de "Una Salud" (*One Health*), integrando la sanidad animal, la salud humana y el equilibrio de los ecosistemas (OMSA, 2025). Al reconocer que el ambiente compartido por humanos y

animales es el escenario donde interactúan los patógenos, la epidemiología veterinaria se vuelve indispensable para anticipar riesgos globales (Manual de MSD, 2024). La labor del epidemiólogo veterinario consiste en identificar el "eslabón más débil" de esta cadena de interacciones para diseñar estrategias de bioseguridad, vacunación y manejo ambiental que prevengan la propagación de enfermedades y protejan la salud pública mundial.

1.3.4 Determinantes y distribución

La epidemiología veterinaria se fundamenta en la premisa científica de que las enfermedades y los eventos de salud no se distribuyen de manera aleatoria en las poblaciones, sino que obedecen a un patrón identificable regido por factores subyacentes. El análisis sistemático de estos fenómenos se divide en dos componentes críticos: la distribución, que se ocupa de la frecuencia y el patrón de los eventos sanitarios, y los determinantes, definidos como cualquier factor, característica o circunstancia que provoca un cambio en el estado de salud o en otra característica definida (Noah, 2022). Mientras que la epidemiología descriptiva se centra en el "quién", "dónde" y "cuándo" de la enfermedad, el estudio de los determinantes busca responder al "por qué" y al "cómo", proporcionando la base necesaria para identificar oportunidades de intervención eficaces que mejoren no solo la salud animal, sino también la productividad y el bienestar general (Manual de MSD, 2024).

El estudio de la distribución es la "medida reina" de la epidemiología descriptiva, permitiendo caracterizar la carga de enfermedad mediante

la observación de tres variables fundamentales: el individuo (animal), el lugar y el tiempo (Fajardo-Gutiérrez, 2017; Noah, 2022). Esta caracterización permite a los investigadores formular hipótesis etiológicas que posteriormente serán comprobadas mediante la epidemiología analítica (Fajardo-Gutiérrez, 2017). Para que este análisis sea válido, es imperativo definir correctamente la población en riesgo, que incluye únicamente a aquellos sujetos capaces de desarrollar la afección en cuestión; por ejemplo, un análisis sobre la distribución del cáncer de ovario sería metodológicamente erróneo si incluyera machos en el denominador poblacional (Noah, 2022).

La variable animal (o individuo) analiza a quiénes afecta la enfermedad, segmentando la población en subgrupos basados en características intrínsecas como la especie, raza, edad, sexo, estado inmunitario y aptitud productiva (Villarroel, 2021). En la práctica veterinaria, la edad es a menudo el determinante más influyente; por ejemplo, el parvovirus canino afecta primordialmente a cachorros debido a la inmadurez de su sistema inmune, mientras que patologías como la tuberculosis bovina suelen ser problemas crónicos detectados en animales adultos (Pardo Cobas, 2006; Villarroel, 2021). La raza también actúa como un factor determinante crítico: se ha documentado que el ganado Cebú presenta una resistencia congénita a la tuberculosis muy superior a la del ganado Holstein, lo que ilustra cómo la genética define la susceptibilidad poblacional (Pardo Cobas, 2006).

La variable lugar investiga dónde se concentra la enfermedad, identificando diferencias geográficas o de manejo que puedan actuar como factores de riesgo. En el contexto veterinario, el "lugar" trasciende

las fronteras nacionales o municipales para incluir detalles microambientales como el tipo de alojamiento (interior frente a exterior), el número de corral o la proximidad a áreas húmedas que favorezcan la presencia de vectores como mosquitos o garrapatas (Noah, 2022; Villarroel, 2021). Un ejemplo estratégico es la vigilancia de la peste porcina africana, donde el mapeo de los focos permite determinar si la propagación sigue un patrón lineal de contacto directo o si está vinculada a lugares específicos de comercio de animales vivos (Santos Luján, s.f.). El análisis espacial ayuda a diferenciar si un brote ocurre de forma aleatoria o si existe una "zona de amortiguación" que delimite el riesgo ambiental (StudySmarter, 2024).

La variable tiempo analiza cuándo ocurre la enfermedad y permite identificar patrones cíclicos, estacionales o tendencias seculares a largo plazo (Noah, 2022). El estudio de la distribución temporal es vital para comprender la dinámica de transmisión mediante la curva epidémica, la cual grafica el número de casos según su fecha de aparición (Villarroel, 2021). En veterinaria, una curva de "fuente puntual" sugiere una exposición simultánea a un agente común, como una toxiinfección alimentaria por *Salmonella* en un lote de aves, mientras que una curva "propagada" indica una transmisión de animal a animal, típica de enfermedades infectocontagiosas (Noah, 2022; Villarroel, 2021). El primer caso detectado en esta línea temporal se denomina "caso índice", y su identificación es crucial para rastrear el origen del desequilibrio sanitario (Villarroel, 2021).

Por otro lado, el análisis de los determinantes se sumerge en la multicausalidad de la enfermedad, reconociendo que rara vez un solo

factor es responsable de un evento de salud. Estos determinantes pueden clasificarse según su papel en la tríada ecológica: agentes biológicos (virus, bacterias), factores del hospedador (genética, comportamiento) y factores ambientales (clima, manejo humano). Un determinante puede ser una causa necesaria, sin la cual la enfermedad no puede ocurrir (como el virus del moquillo), o formar parte de una causa suficiente, que es el conjunto de condiciones que inevitablemente producen el efecto. En la producción intensiva, el manejo antropogénico —como el hacinamiento y el estrés por transporte— actúa como un determinante ambiental que debilita la inmunidad del hospedador, permitiendo que agentes comensales se vuelvan patógenos (Pardo Cobas, 2006).

La interacción entre la distribución y los determinantes se manifiesta claramente en el control de las zoonosis, donde el médico veterinario debe monitorear cómo factores como el cambio climático y el uso del suelo alteran la interfaz animal-humano (OMSA, 2025). Dado que el 60% de los patógenos humanos tienen origen animal, entender los determinantes que facilitan el "salto" de especie es una prioridad de salud pública (OMSA, 2025). Por ejemplo, en el caso de la influenza aviar, la vigilancia de la distribución temporal en aves silvestres migratorias funciona como un sistema de alerta temprana, permitiendo predecir el riesgo de exposición para las poblaciones domésticas y, eventualmente, para los humanos (OMSA, 2025).

Al interpretar los datos de distribución, el epidemiólogo debe precaverse de la falacia ecológica, que ocurre cuando se infiere que las asociaciones observadas a nivel de grupo son necesariamente ciertas a nivel individual (Noah, 2022). Por ejemplo, si se observa que los países con

mayor consumo de grasas tienen mayores tasas de mortalidad por ciertas patologías, no se puede asegurar que cada individuo enfermo consuma grasas en exceso. En veterinaria, esto implica que, aunque una raza braquicéfala tenga una mayor distribución de problemas cardíacos como grupo, cada paciente individual debe evaluarse según sus determinantes específicos de salud y manejo (Noah, 2022).

En conclusión, el análisis riguroso de la distribución según tiempo, lugar y animal, junto con la identificación de los determinantes multicausales, constituye el núcleo de la inteligencia sanitaria. Este enfoque permite al veterinario pasar de una respuesta reactiva ante animales enfermos a una gestión proactiva y preventiva de la salud poblacional (Villarroel, 2021). Bajo la visión de "Una Salud", el dominio de estas variables no solo protege la economía ganadera, sino que erige una barrera crítica contra las amenazas sanitarias globales, asegurando la inocuidad alimentaria y la estabilidad de los ecosistemas (OMSA, 2025).

1.3.5 Determinación del origen de la enfermedad

La determinación del origen de una patología representa el primer y más crítico objetivo de la epidemiología veterinaria cuando se enfrenta a eventos sanitarios inesperados o emergentes. Esta función se define como la investigación sistemática para identificar la etiología primaria de un proceso mórbido cuya causa no es evidente mediante el diagnóstico clínico tradicional (Pardo Cobas, 2006). A diferencia de la medicina individual, que busca el alivio inmediato del paciente, la investigación epidemiológica de una causa desconocida actúa como un proceso de "detective sanitario", donde se recopilan indicios

poblacionales para formular y comprobar hipótesis sobre factores biológicos, ambientales o de manejo que han roto el equilibrio de la tríada ecológica (Villarroel, 2021).

El punto de partida ineludible en este proceso es la definición de un caso. Antes de cuantificar la frecuencia de una enfermedad de origen desconocido, es imperativo establecer con claridad y exactitud qué caracteres genéricos y diferenciales definen a un animal como "enfermo". Una definición de caso defectuosa o demasiado amplia puede llevar a la inclusión de patologías diferentes, oscureciendo los patrones de distribución y dificultando el hallazgo de la causa real (Villarroel, 2021). Por ejemplo, si se investiga una mortalidad súbita en aves y se define el caso simplemente como "ave muerta", se podrían mezclar casos de intoxicación, predación o enfermedades virales; por ello, el epidemiólogo debe refinar la descripción basándose en signos clínicos específicos o hallazgos de necropsia consistentes para lograr una "nitidez de imagen" necesaria para el análisis (Villarroel, 2021).

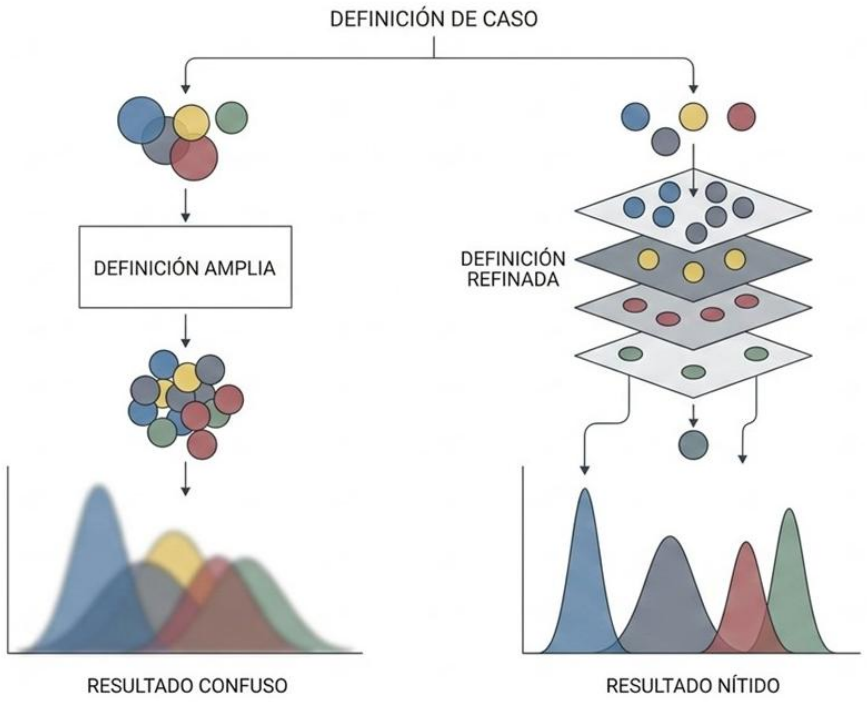


Figura 2.Impacto de la Precisión en la Definición de Caso sobre el Análisis Epidemiológico.

Nota: La definición de caso constituye el punto de partida crítico para distinguir caracteres genéricos de específicos en el estudio de poblaciones animales. Mientras que una definición amplia distorsiona los patrones al incluir patologías diversas, una descripción refinada basada en signos específicos asegura la nitidez analítica necesaria.

Una vez definido el caso, la investigación procede a través de la epidemiología descriptiva, que analiza la distribución del evento según las variables de animal (quién), lugar (dónde) y tiempo (cuándo) (Noah, 2022). Esta fase es vital porque las enfermedades no ocurren de manera aleatoria en las poblaciones; por el contrario, exhiben patrones que reflejan la interacción entre los determinantes de salud (Villarroel,

2021). El análisis del tiempo permite construir curvas epidémicas que orientan sobre el mecanismo de transmisión: una curva de "fuente puntual" sugiere que todos los animales se expusieron simultáneamente a un agente común, como una toxina en el alimento, mientras que una curva "propagada" indica una transmisión de animal a animal (Noah, 2022). Por ejemplo, el hallazgo de un "caso índice" (el primero detectado) en una línea temporal ayuda a rastrear el punto geográfico y el momento exacto donde la enfermedad pudo haberse introducido en la explotación (Villarroel, 2021).

El análisis espacial o de lugar aporta pistas fundamentales sobre la ecología de la enfermedad desconocida. La distribución geográfica puede revelar asociaciones con factores locales como deficiencias nutricionales del suelo, proximidad a áreas húmedas que alberguen vectores o deficiencias específicas en la bioseguridad de ciertos corrales. Del mismo modo, la caracterización del animal o población afectada —considerando edad, raza, sexo y estado inmunitario— permite identificar grupos de mayor susceptibilidad (Noah, 2022). Un ejemplo veterinario clásico es el carcinoma ocular de células escamosas, que afecta primordialmente al ganado Hereford; si la causa fuera inicialmente desconocida, esta predisposición racial sugeriría de inmediato un determinante genético o de pigmentación cutánea como hipótesis primaria (Pardo Cobas, 2006).

Para transitar desde la observación descriptiva hacia la confirmación de la causa, la epidemiología utiliza métodos lógicos de formulación de hipótesis. Uno de ellos es el método de diferencia, el cual postula que si la frecuencia de una enfermedad difiere marcadamente entre dos grupos

similares y solo un factor está presente en el grupo enfermo, ese factor es el sospechoso principal de ser la causa (Pardo Cobas, 2006). Complementariamente, el método de coincidencia busca un factor común en diversas circunstancias distintas donde aparece la enfermedad; por ejemplo, si múltiples granjas porcinas con manejos diferentes presentan el mismo cuadro de diarrea y la única coincidencia es el uso de una misma partida de harina de carne, ese insumo se identifica como la fuente probable de infección (Pardo Cobas, 2006).

Históricamente, la identificación del origen se basó en los postulados de Koch, que exigían el aislamiento del microorganismo y la reproducción experimental de la enfermedad para confirmar la causalidad. No obstante, la epidemiología moderna reconoce que muchas enfermedades son multifactoriales y no siempre cumplen con este protocolo rígido, especialmente cuando intervienen virus de difícil cultivo o factores ambientales complejos. Por ello, se aplican los postulados de Evans, que integran el análisis estadístico y exigen que la proporción de enfermos sea significativamente mayor entre los expuestos a la supuesta causa en comparación con los no expuestos. Bajo este enfoque, la relación causal debe ser biológicamente verosímil y la eliminación del factor sospechoso debe reducir sistemáticamente la frecuencia de la enfermedad en la población (Pardo Cobas, 2006).

La confirmación final del origen suele requerir el uso de la epidemiología analítica mediante estudios de cohortes o de casos y controles. En un estudio de casos y controles, se comparan animales que ya presentan la enfermedad desconocida con animales sanos del mismo entorno para identificar diferencias significativas en sus exposiciones

previas (Noah, 2022). Por ejemplo, en una investigación sobre una nueva enfermedad respiratoria en gatos de refugio, se compararía a los gatos afectados con los no afectados para determinar si factores como el tipo de desinfectante usado, la ventilación del box o la procedencia del animal actúan como determinantes primarios (Villarroel, 2021). Estos estudios buscan cuantificar la fuerza de la asociación mediante el cálculo del Riesgo Relativo (RR) o la Odds Ratio (OR), proporcionando una base científica para las medidas de control (Noah, 2022).

Finalmente, el papel del médico veterinario en la determinación del origen de enfermedades desconocidas es esencial para la salud pública, especialmente bajo el paradigma de "Una Salud" (*One Health*). Dado que el 75% de las enfermedades humanas emergentes tienen un origen animal, la identificación temprana de una nueva patología en poblaciones animales silvestres o domésticas funciona como un sistema de alerta temprana global (OMSA, 2025). La vigilancia activa y la investigación de brotes inusuales permiten al veterinario detectar agentes patógenos con potencial zoonótico antes de que ocurra una crisis sanitaria humana. En conclusión, la identificación de la causa primaria desconocida no es solo una tarea técnica de diagnóstico laboratorial, sino un ejercicio de inteligencia sanitaria que integra la observación de campo, la lógica estadística y la comprensión profunda de la ecología de las poblaciones (Pardo Cobas, 2006; Villarroel, 2021).

1.4 Conceptos Generales de importancia en Epidemiologia y salud publica

La epidemiología veterinaria, en su afán por comprender la dinámica de la salud en los colectivos, clasifica la ocurrencia de las enfermedades no solo por su naturaleza biológica, sino primordialmente por su comportamiento temporal y espacial dentro de una población específica. Esta clasificación es fundamental para que el médico veterinario pueda distinguir entre una situación de equilibrio biológico y una emergencia sanitaria que requiera intervención inmediata (Villarroel, 2021). Los términos técnicos utilizados para describir estos patrones de frecuencia —endemia, epidemia, pandemia y casos esporádicos— permiten estandarizar la comunicación científica y diseñar estrategias de vigilancia eficaces bajo el marco de la sanidad animal y la salud pública (Pardo Cobas, 2006).

El concepto de endemia (o enzootia, en el contexto estrictamente animal) se define como la presencia constante o la frecuencia habitual de una enfermedad dentro de una zona geográfica o una población determinada (Salud Pública, 2022). La característica definitoria de una endemia no es el volumen absoluto de individuos afectados, sino la estabilidad de la situación a lo largo del tiempo (Pardo Cobas, 2006). Bajo este patrón, la proporción de animales enfermos se mantiene dentro de los niveles esperados para ese ecosistema. Un ejemplo veterinario representativo es el estudio de la toxoplasmosis en poblaciones de ovejas y perros; si los datos muestran que el porcentaje de seropositivos se mantiene estable año tras año (por ejemplo, entre un 45% y un 70%), se concluye que la infección es endémica en esa región (Pardo Cobas,

2006). Es vital destacar que el término endémico no solo se aplica a procesos infecciosos, sino también a patologías no infecciosas que presentan una ocurrencia constante bajo ciertas condiciones de manejo (Pardo Cobas, 2006).

Por el contrario, una epidemia (o epizootia) se produce cuando ocurre un incremento significativo en el número de casos de una enfermedad, superando claramente los niveles normales de endemia esperados para una población, tiempo y espacio geográfico definidos (Salud Pública, 2022; Noah, 2022). Para que una epidemia se genere, debe romperse el equilibrio de la tríada ecológica, ya sea por la introducción de un agente etiológico inexistente previamente en la población o por la aparición de factores ambientales y de hospedador que favorezcan una propagación descontrolada. En la práctica veterinaria, un brote de rabia en una zona previamente declarada libre de la enfermedad constituye una epizootia, ya que la aparición de incluso un pequeño número de casos rompe el nivel base de cero casos esperados (Pardo Cobas, 2006).

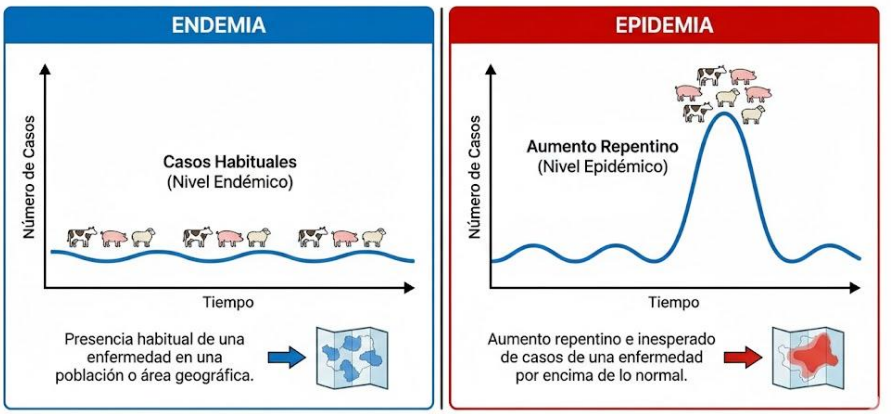


Figura 3.Cuadro comparativo de las características distintivas de endemia y epidemia en epidemiología animal.

Nota: Detalla las variaciones en la incidencia, duración, extensión geográfica y población afectada para cada fenómeno. Una herramienta esencial para el diagnóstico y control de enfermedades en poblaciones veterinarias.

Dentro del análisis de las epidemias, la epidemiología distingue subtipos basados en el mecanismo de exposición. Las epidemias de fuente común ocurren cuando múltiples individuos susceptibles se exponen simultáneamente a una misma fuente de infección, como puede ser un lote de pienso contaminado con *Salmonella*, generando un incremento súbito y masivo de casos (Salud Pública, 2022; Pardo Cobas, 2006). En contraste, las epidemias de fuente propagada son aquellas transmitidas de animal a animal (huésped a huésped), como el moquillo canino o la influenza equina, donde la curva epidémica muestra un ascenso más gradual y picos sucesivos que corresponden a los periodos de incubación de la enfermedad (Salud Pública, 2022; Noah, 2022). La velocidad de propagación en estos escenarios depende críticamente de la infectividad del agente y de la densidad de animales susceptibles en el espacio (Salud Pública, 2022).

Un concepto estrechamente relacionado con la epidemia es el brote, que técnicamente se describe como una epidemia limitada en tiempo y en un espacio geográfico muy restringido (Salud Pública, 2022). Un ejemplo clínico cotidiano sería la aparición súbita de varios casos de parvovirus canino dentro de un mismo refugio de animales o una perrera específica (Noah, 2022). La investigación de estos eventos requiere el establecimiento de una definición de caso rigurosa para verificar el diagnóstico y determinar la magnitud real del problema antes de implementar medidas de control como la cuarentena y la desinfección (Villarroel, 2021; Santos Luján, s.f.). El primer caso identificado en este

proceso se denomina "caso índice", y su estudio es vital para rastrear el origen de la desviación sanitaria (Villarroel, 2021).

Cuando una epidemia adquiere una amplia difusión territorial y alcanza una escala mundial, afectando a múltiples países o continentes y a una gran proporción de la población, se denomina pandemia (o panzootia) (Salud Pública, 2022; Pardo Cobas, 2006). Las pandemias representan el desafío más complejo para la salud global, ya que suelen involucrar patógenos con mecanismos de transmisión altamente eficientes y poblaciones con nula inmunidad previa (Noah, 2022). Bajo el enfoque de "Una Salud" (One Health), se reconoce que la mayoría de las pandemias humanas modernas, como la COVID-19 o la influenza H1N1, tienen orígenes zoonóticos, lo que sitúa a la epidemiología veterinaria en la vanguardia de la prevención mediante la vigilancia de virus con potencial pandémico en la fauna silvestre y los animales domésticos (OMSA, 2025). Finalmente, existen los casos esporádicos, que se refieren a la presentación de una enfermedad de forma irregular, fortuita y sin una tendencia clara en el tiempo o el espacio (Pardo Cobas, 2006).

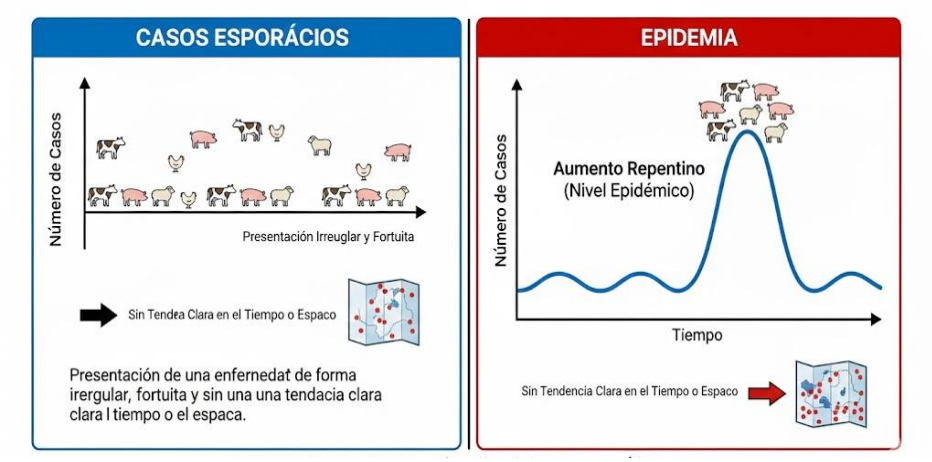


Figura 4.Representación de la transición entre la ocurrencia esporádica y el surgimiento de una epidemia

Nota: Contrasta los casos aislados y fortuitos frente al incremento súbito de contagios que supera los niveles esperados en la población. Un esquema fundamental para identificar la ruptura del equilibrio epidemiológico y activar protocolos de intervención inmediata.

En conclusión, la diferenciación técnica entre estos estados de salud poblacional es la piedra angular para la toma de decisiones en medicina preventiva. Mientras que la endemia exige programas de control de larga duración para minimizar su impacto económico y sanitario, la detección de una epidemia o un brote demanda una respuesta de emergencia para cortar las vías de transmisión (Pardo Cobas, 2006). El dominio de estos conceptos permite al veterinario no solo proteger la salud de los animales a su cargo, sino actuar como un componente esencial de la infraestructura de salud pública global, garantizando la seguridad alimentaria y la estabilidad de los ecosistemas compartidos (OMSA, 2025; Noah, 2022).

1.4.1 Escenarios de Actuación del Epidemiólogo Veterinario

La actuación del médico veterinario bajo el enfoque epidemiológico ha trascendido la atención clínica individual para convertirse en un eje estratégico de la gestión sanitaria global. En la actualidad, el epidemiólogo veterinario se desempeña como un gestor de la salud en ecosistemas complejos, donde su labor principal consiste en comprender y mitigar los factores que determinan la aparición de enfermedades en los colectivos animales (Pardo Cobas, 2006; Noah, 2022). Este cambio de paradigma permite que la intervención veterinaria no solo se enfoque en la recuperación de la salud animal, sino en la protección de la productividad, el bienestar y, fundamentalmente, la salud pública humana (Noah, 2022).

1.4.2 El enfoque unificador de "Una Salud" (One Health)

El escenario primordial de actuación contemporánea es el marco de "Una Salud", un concepto que reconoce la interdependencia absoluta entre la sanidad de los animales, los seres humanos, las plantas y el medio ambiente (OMSA, 2025). Dado que el 60% de los patógenos que causan enfermedades humanas tienen su origen en los animales domésticos o silvestres, el epidemiólogo veterinario actúa como la primera línea de defensa sanitaria (OMSA, 2025). Su intervención en este escenario busca equilibrar y optimizar de forma sostenible la salud de las personas y los ecosistemas, abordando desafíos transversales como el cambio climático y la pérdida de biodiversidad que facilitan el salto de especies de patógenos emergentes (OMSA, 2025; FAO, 2023).

1.4.3 Vigilancia Epidemiológica y Alerta Temprana

Un escenario crítico de trabajo es la implementación de sistemas de vigilancia epidemiológica, los cuales permiten la detección precoz de brotes para una toma de decisiones informada (Santos Luján, s.f.). El epidemiólogo veterinario utiliza la vigilancia pasiva, basada en reportes voluntarios de productores y clínicos, para monitorear tendencias a largo plazo de forma económica (Noah, 2022; Santos Luján, s.f.). Complementariamente, aplica la vigilancia activa, mediante búsquedas intencionadas y muestreos sistemáticos en poblaciones de riesgo, lo que permite una detección más precisa de enfermedades en curso a pesar de su mayor costo operativo (Santos Luján, s.f.; Noah, 2022). Asimismo, el uso de la vigilancia sindrómica permite identificar patrones de síntomas en tiempo real, ofreciendo alertas tempranas sobre enfermedades desconocidas antes de contar con una confirmación de laboratorio (Santos Luján, s.f.).

1.4.4 Control de Zoonosis y Salud Pública

El control de las zoonosis representa uno de los campos de mayor impacto para el veterinario, identificando y mitigando riesgos antes de que estos trasciendan a la población humana (Santos Luján, s.f.; OMSA, 2025). Enfermedades como la rabia, la brucelosis y la tuberculosis bovina son ejemplos de patologías donde la intervención epidemiológica en el reservorio animal reduce drásticamente la morbilidad y mortalidad en personas (OMSA, 2025).

1.4.5 Garantía de la Seguridad Alimentaria

En el ámbito de la seguridad alimentaria, el epidemiólogo veterinario garantiza que los productos de origen animal (carne, leche y huevos) sean inocuos y seguros para el consumo (OMSA, 2025). Su labor se centra en la prevención y control de enfermedades transmitidas por alimentos (ETA), como la salmonelosis y la listeriosis, que afectan la calidad sanitaria de la cadena productiva (Santos Luján, s.f.). Mediante el monitoreo constante en granjas y rastros, el veterinario identifica los puntos críticos donde los agentes patógenos pueden contaminar los alimentos, protegiendo así la salud de los consumidores y evitando brotes epidémicos de origen alimentario en las comunidades humanas (Santos Luján, s.f.; OMSA, 2025).

1.4.6 Prevención de Pandemias Globales

Tras crisis como la de la COVID-19, la prevención de pandemias se ha consolidado como un escenario de actuación urgente (OMSA, 2025). El epidemiólogo veterinario participa en el monitoreo de la fauna silvestre y el comercio de especies para detectar cepas virales con potencial pandémico antes de que ocurra un evento de propagación masiva (OMSA, 2025; Santos Luján, s.f.). Bajo la perspectiva de "Una Salud", la vigilancia de virus como la influenza aviar en aves migratorias funciona como un sistema de alerta temprana global, permitiendo a las autoridades de salud humana prepararse ante posibles mutaciones que faciliten la transmisión entre personas (Santos Luján, s.f.; OMSA, 2025).

1.4.7 Análisis de Riesgo en el Comercio Internacional

El comercio internacional de animales y productos derivados exige la aplicación rigurosa de análisis de riesgo para evitar la introducción de enfermedades exóticas (OMSA, 2018). El epidemiólogo veterinario ejecuta este proceso en cuatro etapas: identificación del peligro, evaluación del riesgo (probabilidad de introducción y exposición), gestión del riesgo (aplicación de medidas como cuarentenas) e información sobre el riesgo a las partes interesadas (OMSA, 2018). Este escenario es vital para proteger el estatus sanitario de un país y asegurar que las importaciones no pongan en peligro la economía ganadera nacional ni la salud pública (OMSA, 2018; Santos Luján, s.f.).

1.4.8 Gestión de la Salud Productiva y Bienestar

Finalmente, el epidemiólogo actúa en la mejora de la productividad animal mediante el análisis de los determinantes de salud y manejo (Noah, 2022; Pardo Cobas, 2006). Al identificar factores de riesgo como el hacinamiento, el estrés por transporte o deficiencias nutricionales, el veterinario diseña estrategias de bioseguridad que minimizan las pérdidas económicas (Noah, 2022; Santos Luján, s.f.). Un aspecto crucial en este escenario es la lucha contra la resistencia antimicrobiana (RAM), promoviendo el uso responsable de antibióticos en los animales para evitar que las bacterias resistentes se transmitan al ser humano, un desafío que la OMSA califica como una "pandemia silenciosa" (Santos Luján, s.f.; OMSA, 2025).

1.4.9 Cadena Epidemiológica y sus componentes

Es aquel análisis de los mecanismos de la transmisión para una enfermedad llegando a entender cómo se implementarán las medidas de control para evitar que se siga diseminando, conformada por conceptos para así tener más claro que es, como se transmite y qué medidas tomar.

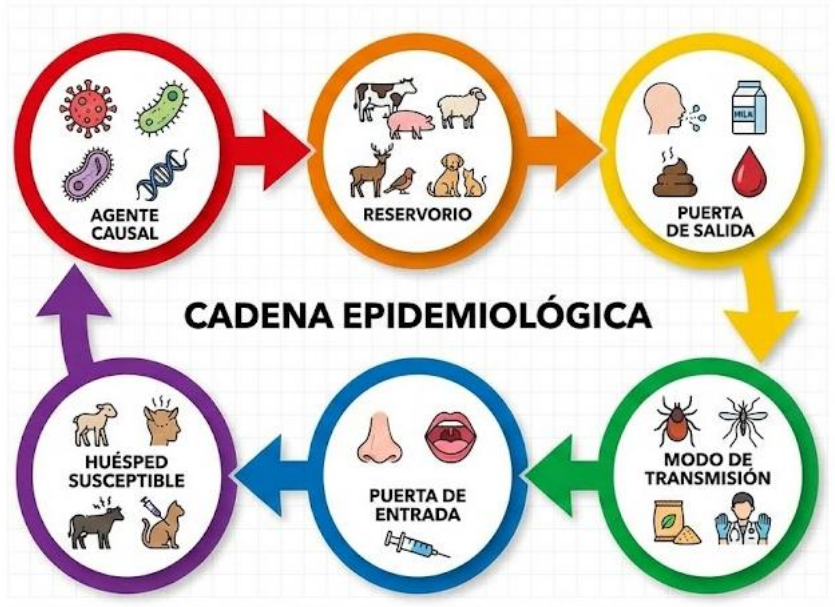


Figura 5.Esquema de la cadena epidemiológica y sus eslabones clave en la transmisión de enfermedades.

Ilustra la interacción secuencial entre el agente causal, el reservorio, las vías de salida y entrada, y el huésped. Su comprensión permite identificar los puntos críticos para romper el ciclo de contagio en poblaciones animales.

1.4.10 Agente causal

Un agente causal es cualquier ser vivo capaz de iniciar, desarrollar y mantener un proceso infeccioso en un huésped, lo que implica su entrada

y multiplicación dentro del organismo afectado. Los principales agentes causales en medicina veterinaria incluyen bacterias, virus, parásitos y rickettsias. Cada uno de ellos posee mecanismos distintos de acción: las bacterias pueden provocar enfermedad mediante la invasión directa de tejidos o la producción de toxinas; los virus ingresan a las células y se multiplican en su interior, dañándolas; los parásitos pueden clasificarse en protozoarios (microscópicos) y metazoarios (macroscópicos), y las rickettsias son microorganismos que suelen transmitirse a través de vectores artrópodos como pulgas, garrapatas o piojos. Desde el enfoque epidemiológico, es fundamental comprender ciertas propiedades de estos agentes infecciosos. La infectividad se refiere a su capacidad para invadir y multiplicarse en un huésped; la patogenicidad, a su habilidad para causar enfermedad; la virulencia, al grado de severidad o daño que pueden provocar; la letalidad, a su potencial para causar la muerte; el poder antigénico, a la capacidad para generar una respuesta inmunitaria o resistencia en el hospedador; y la mutación, a su facultad de modificar sus características genéticas y transmitir esos cambios a generaciones sucesivas, lo cual puede complicar su control y prevención (Salazar y col., 2017).

1.4.11 Reservorio

El reservorio es todo ser, animado o inanimado, en el que el agente etiológico se reproduce y se perpetúa en un ambiente natural (hábitat del agente infeccioso), del que depende para su supervivencia. Si se refiere al suelo, se habla de reservorio adicional o de depósito. Cuando el agente pasa desde el reservorio al animal susceptible, éste (reservorio) actúa como fuente, por lo que pueden ser o no coincidentes; otras veces es

necesario un ciclo intermedio en animales domésticos, roedores o parásitos (garrapatas, etc.). Los agentes pueden transmitirse desde el ser humano, animal o desde el medio ambiente (Osakidetza, 2022).

Existen diferentes tipos de reservorios. El reservorio enfermo debe poder eliminar microorganismos y puede presentarse en formas típicas o atípicas de la enfermedad, incluyendo formas abortivas, subclínicas e inaparentes. El reservorio portador es un sujeto que sin presentar signos de infección alberga un agente que puede eliminar y transmitir a otros. Estos portadores pueden ser paradójicos, precoces, convalecientes, crónicos, sanos o pasivos. El reservorio telúrico comprende suelo, agua y fómites, importante para microorganismos que presentan formas de resistencia, requieren condiciones ambientales específicas, o completan parte de su ciclo evolutivo en el medio ambiente (Guzmán y col, 2016).

1.4.12 Puerta de entrada

Una puerta de entrada es aquella en la que el patógeno ingresa a las vías de ingreso como: tracto respiratorio, genitourinario, gastrointestinal, piel, mucosa, y transplacentaria. En el que si ingresa de manera gastrointestinal primero ingresa por vía oral, ayudándose de sus mecanismos para llegar a donde este tendrá afinidad y se replicará causando un daño como enfermedad. (Larrieu, 2021)

1.4.13 Puertas de salida

Las puertas de salida corresponden a las vías por las cuales un agente infeccioso abandona la fuente de infección. Las rutas principales generalmente coinciden con las vías de penetración e incluyen las vías

respiratorias (tuberculosis, moquillo canino), genitourinarias (brucelosis, leptospirosis), digestivas (parvovirosis canina, parasitosis) y cutáneas (micosis, sarnas). Los individuos pueden actuar como fuentes de infección siendo enfermos, portadores o vectores que transportan el agente hasta un nuevo huésped susceptible. (Coliman, 1999).

1.4.14 Modo de transmisión

El modo de transmisión es el mecanismo esencial para que el agente infeccioso se transporte desde la puerta de salida de la fuente de infección hasta la puerta de entrada del hospedero. La transmisión directa ocurre por contacto mediante mordeduras, contacto sexual, lactación o proximidad con gotas de aerosol. Dos tipos específicos de transmisión directa se relacionan con la reproducción: a través del servicio (natural o artificial) y la transmisión intrauterina de madre a progenie. (Arango, y col, 2010).

La transmisión indirecta puede ocurrir mediante vectores, donde un invertebrado traslada al agente desde una fuente de infección hasta el hospedero susceptible. Este traslado puede ser mecánico (simple reubicación) o evolutivo (parte del ciclo del agente se desarrolla dentro del vector). También existen mecanismos abióticos de transmisión como el polvo, agua, suelo y alimentos, que actúan como vehículos para transportar agentes patógenos entre huéspedes. (Iowa State University, 2019).

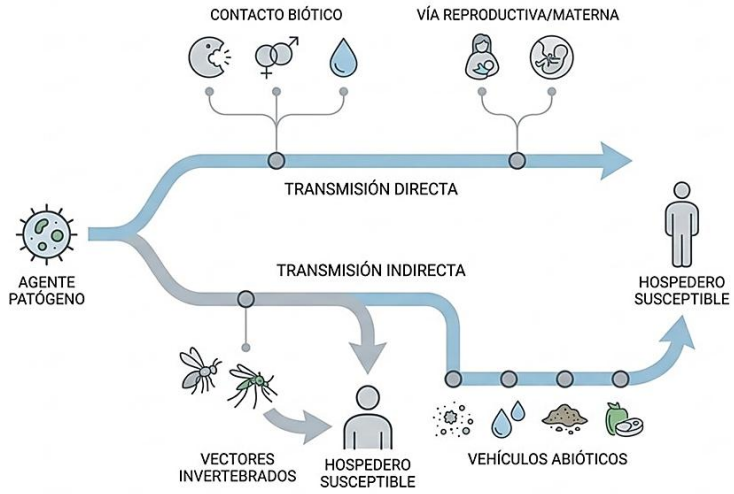


Figura 6.Dinámica de los Modos de Transmisión de Agentes Infecciosos

Representación esquemática de las rutas críticas de diseminación, diferenciando entre el contacto físico directo (biótico y reproductivo) y la mediación indirecta. La vía indirecta integra la participación de vectores invertebrados y el transporte mediante vehículos abióticos, como fómites o sustratos ambientales.

1.4.15 Huésped susceptible

Es un animal o persona carente de defensas, es decir por parte del sistema inmune que sean efectivas contra un agente patógeno (virus, bacteria, hongo, protozoos), factores que hacen al huésped más vulnerable como: edad, sexo, desnutrición, traumas, en donde se puede producir una enfermedad, debido a que estos factores que causaron la susceptibilidad, formaran parte de la propagación. Además, que un huésped susceptible puede llegar a ser portador, es decir, siendo asintomático no mostrando síntomas donde puede llegar a transmitir a otros sin saberlo. (Unahalekhaka, 2011). La información obtenida del estudio del huésped susceptible se utiliza para diseñar estrategias de

prevención y control de enfermedades, como vacunas dirigidas a grupos vulnerables, medidas de higiene personal, o programas de tratamiento. (Pérez, y col, 2024).

1.5 Conclusiones

El capítulo permite sostener, con base en sus ejes conceptuales y operativos, que la epidemiología veterinaria no es un complemento de la clínica, sino un marco de decisión que reorganiza la práctica profesional alrededor de la salud colectiva, la prevención y el control racional de eventos sanitarios. La primera implicación crítica es la revalorización de la población como unidad de análisis: al priorizar la distribución por tiempo, lugar y animal, el profesional puede identificar patrones no evidentes en el examen individual y convertir la observación sistemática en hipótesis etiológicas plausibles (Villarroel, 2021; Noah, 2022). Este cambio de escala transforma la intervención: la pregunta ya no es únicamente "¿qué tiene este animal?", sino "¿por qué ocurre aquí, ahora y en este subgrupo?", lo cual es decisivo para interrumpir transmisión y reducir pérdidas productivas (Pardo Cobas, 2006).

Un segundo hallazgo del capítulo es la centralidad de la tríada ecológica como modelo explicativo que organiza la multicausalidad: agente–hospedador–ambiente. Su utilidad no es teórica, sino estratégica, porque orienta la búsqueda del "eslabón más débil" susceptible de intervención: disminuir exposición del hospedador, reducir la carga del agente o modificar condiciones ambientales y de manejo que facilitan la ocurrencia del evento (Pardo Cobas, 2006). En términos operativos, esta mirada respalda decisiones como bioseguridad, cuarentenas,

segregación, control de vectores y medidas de saneamiento, que el texto presenta como pilares preventivos y de contención, especialmente en sistemas intensivos donde la densidad de susceptibles acelera la propagación (Noah, 2022).

La tercera contribución relevante es la insistencia en la precisión definicional como condición de rigor: la definición de caso se establece como un requisito metodológico para evitar la mezcla de entidades clínicas diferentes y construir una "imagen epidemiológica" nítida. Esta exigencia tiene implicaciones directas en vigilancia, investigación de brotes y evaluación de programas; una definición defectuosa puede subestimar o sobreestimar el problema y conducir a decisiones de control ineficientes (Villarroel, 2021; Noah, 2022). En la misma línea, la diferenciación técnica entre endemia/enzootia, epidemia/epizootia, brote y pandemia/panzootia aporta un lenguaje estandarizado que permite comunicar riesgo y seleccionar respuestas proporcionales: control sostenido ante endemia, respuesta de emergencia ante epidemia o brote y coordinación ampliada ante eventos de difusión global (Pardo Cobas, 2006; Noah, 2022).

Desde una lectura aplicada, el capítulo proyecta al epidemiólogo veterinario a escenarios donde la competencia técnica se traduce en impacto social: vigilancia y alerta temprana, control de zoonosis, seguridad alimentaria, prevención de pandemias y análisis de riesgo en comercio internacional. En particular, la integración con One Health sitúa al profesional como actor clave de salud pública, al reconocer la interdependencia entre sanidad animal, salud humana y ambiente, y al enfatizar que la detección temprana en poblaciones animales funciona

como barrera preventiva frente a crisis sanitarias mayores (OMSA, 2025; FAO, 2023). Asimismo, el análisis de riesgo descrito (identificación del peligro, evaluación, gestión y comunicación) se consolida como herramienta de gobernanza sanitaria para decisiones justificables y comparables, especialmente en importaciones y protección del estatus sanitario (OMSA, 2018).

Los desafíos futuros, coherentes con el enfoque del capítulo, se relacionan con fortalecer capacidades de medición (prevalencia, incidencia y otras medidas), mejorar la calidad y oportunidad de los datos, y sostener intervenciones basadas en evidencia en contextos productivos heterogéneos (Fajardo-Gutiérrez, 2017; Villarroel, 2021). Prospectivamente, el impacto real de la epidemiología veterinaria dependerá de su capacidad para institucionalizarse como práctica rutinaria de gestión: definir casos con rigor, vigilar con criterio, analizar patrones y traducir hallazgos en medidas preventivas y de control que protejan productividad, bienestar animal e inocuidad, articuladas con la agenda One Health (Pardo Cobas, 2006; Manual de MSD, 2024; OMSA, 2025).

1.6 Actividades de cierre

1.6.1 Resumen del capítulo

El capítulo introduce la epidemiología veterinaria como una disciplina orientada al análisis de la salud y la enfermedad en poblaciones animales, explicando por qué los eventos sanitarios siguen patrones y no ocurren al azar. Presenta su evolución histórica, define conceptos esenciales (endemia/epidemia/brote/pandemia) y desarrolla la tríada

agente–hospedador–ambiente como modelo para comprender la multicausalidad. Además, vincula la epidemiología con decisiones operativas en vigilancia, bioseguridad, investigación de brotes y control, integrando su proyección profesional en salud pública y el enfoque Una Sola Salud.

1.6.2 Autoevaluación

1. Escala y unidad de análisis: ¿Qué decisiones profesionales cambiarían si interpretas un problema sanitario desde la población (tiempo–lugar–animal) en lugar de enfocarte solo en el animal enfermo, y qué evidencias necesitarías para sostener ese cambio de enfoque?
2. Patrones vs. azar: Ante un aumento de casos en un hato o piara, ¿cómo demostrarías que el evento no es aleatorio? Explica qué indicadores, comparaciones y representaciones (p. ej., curva epidémica, distribución espacial) usarías y por qué.
3. Tríada ecológica aplicada: Elige una enfermedad frecuente en tu contexto y analiza cómo interactúan agente, hospedador y ambiente. ¿Cuál sería el "punto de intervención" más eficiente y qué riesgos tendría intervenir solo en uno de los tres componentes?
4. Clasificación del evento sanitario: Plantea un escenario hipotético y clasifícalo como endemia/epidemia/brote/pandemia (o sus equivalentes veterinarios). ¿Qué criterios temporales, espaciales y poblacionales sustentan tu clasificación y qué acciones cambiarían según la categoría?

5. Rigor metodológico y definición de caso: ¿Cómo impacta una definición de caso imprecisa en la vigilancia, la estimación de prevalencia/incidencia y la investigación de brotes? Describe un ejemplo donde una mala definición conduzca a conclusiones erróneas y cómo la corregirías.

1.7 Actividad de aplicación:

Investigación rápida de un evento sanitario en una población animal

Propósito: aplicar los conceptos del capítulo (población, epidemiología descriptiva, tríada ecológica, definición de caso y clasificación del evento) para tomar decisiones profesionales basadas en evidencia.

CAPÍTULO II

2 EL PROCESO EPIDÉMICO Y LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS ENFERMEDADES ZOONÓTICAS

2.1 Elemento de apertura

2.1.1 Objetivos de aprendizaje:

1. Analizar el proceso epizoótico como ruptura del equilibrio agente–hospedador–ambiente, explicando cómo los cambios en infectividad, periodo de incubación, densidad de susceptibles y condiciones de manejo determinan velocidad, duración y magnitud de una epidemia en poblaciones animales.
2. Evaluar la naturaleza de un brote a partir de la morfología de la curva epidémica, distinguiendo epidemias de fuente común (puntual, continua o intermitente), propagadas y mixtas, y justificando la clasificación con base en el mecanismo de exposición y transmisión.
3. Diseñar un canal endémico con método de mediana y cuartiles (Q1–Me–Q3) para una enfermedad de notificación o interés productivo, interpretando zonas (éxito, seguridad, alarma, epidémica) y derivando decisiones de vigilancia e intervención escalonadas.
4. Crear un protocolo operativo de investigación y control de brotes que integre: detección y confirmación inicial, definición operacional de caso, búsqueda activa, análisis por tiempo–lugar–población, verificación de hipótesis (cohorte/casos-controles) y medidas de control/comunicación con reporte final.

2.1.2 Pregunta guía:

¿Cómo convertir la información temprana de un aumento de casos en decisiones rápidas y justificables para identificar la fuente, cortar la transmisión y evitar que un brote animal escale a crisis de salud pública?

2.2 Introducción

El capítulo aborda el proceso epidémico en sanidad animal —denominado con propiedad *epizootia*— como un fenómeno epidemiológico que emerge cuando la frecuencia de una enfermedad supera de manera significativa el umbral esperado para una población, un tiempo y un espacio determinados (Noah, 2022; Jaramillo Arango & Martínez Maya, 2010). Lejos de interpretarse como un evento fortuito, el texto sostiene que la epidemia representa la ruptura de un equilibrio biológico previo, evidenciable estadísticamente, y que su declaración depende de la línea basal o nivel endémico, el cual puede ser extremadamente bajo en enfermedades exóticas o erradicadas, donde incluso un solo caso constituye una emergencia sanitaria por sus implicaciones productivas y comerciales (Pardo Cobas, 2006; Noah, 2022; Jaramillo Arango, 2010). Esta precisión conceptual resulta clave para profesionales de posgrado, porque introduce una lógica de decisión que trasciende la clínica individual: la epidemia es, ante todo, un problema de dinámica poblacional y de gestión del riesgo.

La relevancia del tema se amplifica por el lugar central que ocupan las enfermedades zoonóticas en el panorama sanitario contemporáneo. El capítulo expone que una proporción significativa de agentes infecciosos humanos tiene origen animal y que las enfermedades emergentes se

asocian con mayor frecuencia a zoonosis, lo que convierte a la epidemiología veterinaria en un componente estructural de la salud pública bajo el enfoque One Health (Rahman et al., 2020; Salajegheh Tazerji et al., 2022; OMSA, 2025). En este marco, comprender el proceso epizoótico no solo permite proteger productividad y bienestar animal, sino también anticipar escenarios de spillover y reducir la carga social y económica de brotes con potencial de expansión regional o global (Salyer et al., 2017; Vourc'h et al., 2022).

Desde el punto de vista analítico, el capítulo organiza la explicación del desencadenamiento epidémico mediante el desequilibrio de la tríada ecológica (agente–hospedador–ambiente), destacando que la presencia del agente no es suficiente para producir brotes masivos si no concurren condiciones favorables de susceptibilidad y ambiente, incluidas variables de manejo y estrés en sistemas intensivos (Romero López & Martínez Maya, 2010; Pardo Cobas, 2006). Complementa este marco con la historia natural de la enfermedad, enfatizando el "horizonte clínico" como punto de transición donde la infección se hace visible y donde las acciones de prevención primaria, secundaria y terciaria adquieren sentido operativo (Villarroel, 2021; Romero López & Martínez Maya, 2010). A ello se suma una caracterización de la dinámica de propagación —velocidad, duración, estacionalidad y ciclos epizoóticos— como propiedades derivadas de infectividad, periodos de incubación, densidad de susceptibles y duración de la exposición (Noah, 2022; Salud Pública, 2022; Pardo Cobas, 2006).

En cuanto a objetivos, el texto persigue dotar al profesional de instrumentos para clasificar epidemias según su fuente (común

puntual/continua, propagada, mixta) a través de la curva epidémica, y para sostener una vigilancia predictiva mediante la construcción de canales endémicos con mediana y cuartiles, que operacionalizan zonas de éxito, seguridad, alarma y epidémica (Jaramillo Arango, 2010; Villarroel, 2021). Finalmente, incorpora una dimensión de gobernanza: describe el rol de organizaciones internacionales (OMSA, OMS, FAO, PNUMA) y nacionales (Agrocalidad, MSP), así como la importancia de sistemas de información (p. ej., WAHIS) y vigilancia sindrómica para transformar el "dato" en alerta temprana (OMSA, 2018; OMSA, 2025; Astudillo et al., 1980; Vargas García, 2010). Metodológicamente, el capítulo adopta un enfoque conceptual–operativo, articulando definiciones, criterios de clasificación y herramientas de medición con procedimientos aplicados de investigación de brotes, desde la detección y definición de caso hasta la implementación de medidas y reporte final (Jaramillo Arango & Martínez Maya, 2010; Villarroel, 2021).

2.3 El Proceso Epidémico

En el ámbito de la medicina poblacional, el proceso epidémico —técnicamente denominado epizootia en poblaciones animales— se define como el incremento significativo del número de casos de una enfermedad por encima de su nivel normal o nivel de endemia esperado, dentro de una población, tiempo y espacio geográfico determinados . Este fenómeno no es un evento aleatorio, sino que representa la ruptura de un equilibrio biológico previo, donde la presentación de la patología (ya sea infecciosa o no infecciosa, aguda o crónica) excede la frecuencia habitual registrada estadísticamente (Jaramillo Arango, 2010; Pardo Cobas, 2006). Un aspecto crítico en la epidemiología veterinaria es que

el umbral para declarar una epidemia puede ser extremadamente bajo si se trata de enfermedades exóticas o erradicadas; por ejemplo, la detección de un solo caso de fiebre aftosa en una región declarada libre constituye, por sí misma, una emergencia epidémica debido a sus graves implicaciones sanitarias y económicas (Noah, 2022; Jaramillo Arango, 2010).

El desencadenamiento de este proceso se explica a través del desequilibrio de la tríada ecológica, conformada por la interacción dinámica entre el agente etiológico, el hospedador (u hospedero) y el ambiente (Romero López & Martínez Maya, 2010). Para que se genere una epidemia, la población debe verse expuesta a factores inexistentes previamente o debe ocurrir una alteración drástica en los factores preexistentes, como la introducción de una nueva cepa viral altamente virulenta o un cambio brusco en las condiciones de manejo que aumente el estrés poblacional (Pardo Cobas, 2006; Santos Luján, s.f.). La comprensión de la historia natural de la enfermedad, que abarca desde el periodo prepatogénico hasta la resolución del proceso, es fundamental para que el veterinario pueda identificar el "horizonte clínico" donde los síntomas se vuelven manifiestos y aplicar medidas de prevención primaria, secundaria o terciaria (Romero López & Martínez Maya, 2010; Villarroel, 2021).

2.3.1 Características y dinámica de propagación

La dinámica de una epidemia se define primordialmente por su velocidad y su duración. La velocidad con la que un brote se difunde y alcanza su cenit depende de la infectividad del agente causal, la duración

del periodo de incubación y la densidad poblacional de los individuos susceptibles en un espacio determinado (Salud Pública, 2022; Noah, 2022). En sistemas de producción intensiva, la alta concentración de animales facilita una propagación explosiva de patógenos respiratorios o digestivos (Villarroel, 2021). Por su parte, la duración del suceso epidémico estará condicionada por el tiempo de exposición a la fuente de infección, el número total de animales que efectivamente se infectan y los periodos de incubación mínimos y máximos específicos del patógeno involucrado (Salud Pública, 2022).

Otra característica esencial es el comportamiento temporal, el cual puede ser estacional o cíclico. La estacionalidad se refiere a la oscilación regular del número de casos dentro de un año, vinculada a periodos anuales específicos; por ejemplo, el aumento de problemas respiratorios en terneros durante los meses de invierno (Pardo Cobas, 2006). El carácter cíclico se destaca por oscilaciones que abarcan periodos mayores a un año, denominados ciclos epizoóticos, los cuales dependen de la biología de la población, la rotación de animales susceptibles y los niveles de inmunidad colectiva (Pardo Cobas, 2006; Jaramillo Arango, 2010). El primer caso diagnosticado en este proceso se denomina caso índice, y su identificación es vital para rastrear el origen del desequilibrio sanitario (Villarroel, 2021).

2.3.2 Clasificación de las epidemias

La clasificación técnica de las epidemias se basa principalmente en el mecanismo de exposición de los individuos a la fuente de infección, lo

cual se visualiza gráficamente mediante la morfología de la curva epidémica (Noah, 2022; Villarroel, 2021).

1. Epidemia de fuente común: Ocurre cuando múltiples individuos susceptibles se exponen de forma simultánea a un mismo vehículo de transmisión, como agua, alimento o medicamentos contaminados (Jaramillo Arango, 2010; Salud Pública, 2022). Si la exposición es breve y sincrónica, se denomina fuente puntual, generando un brote súbito con ascenso y descenso rápidos en la curva, como sucede en una toxiinfección alimentaria por *Salmonella* en un lote avícola (Noah, 2022; Villarroel, 2021). Si la fuente persiste en el tiempo, puede ser de exposición continua o intermitente (Noah, 2022).

2. Epidemia de fuente propagada o progresiva: Se caracteriza por una transmisión diacrónica de huésped a huésped, ya sea por contacto directo o a través de vectores (Jaramillo Arango, 2010; Salud Pública, 2022). La curva epidémica muestra un aumento paulatino y picos sucesivos separados por un periodo de incubación, reflejando los ciclos de contagio. Ejemplos clásicos incluyen enfermedades infectocontagiosas como el moquillo canino o la influenza equina (Villarroel, 2021; Pardo Cobas, 2006).

3. Epidemia mixta: Involucra inicialmente una exposición a una fuente común y, de forma secundaria, se mantiene mediante una propagación entre los individuos infectados (Salud Pública, 2022; Jaramillo Arango, 2010).

Finalmente, el proceso epizoótico puede dividirse en estadios operativos: interepizootico (fase de calma con alta inmunidad),

preepizootico (aumento de susceptibles), ascendente (explosión de casos), de culminación (punto máximo), descendente (aumento de la resistencia) y postepizootico (retorno a casos esporádicos o portadores latentes) (Pardo Cobas, 2006). El dominio de estos conceptos permite al médico veterinario diseñar canales endémicos precisos para detectar desviaciones sanitarias y actuar como un gestor eficaz de la salud pública y la productividad animal (Jaramillo Arango, 2010; Noah, 2022).

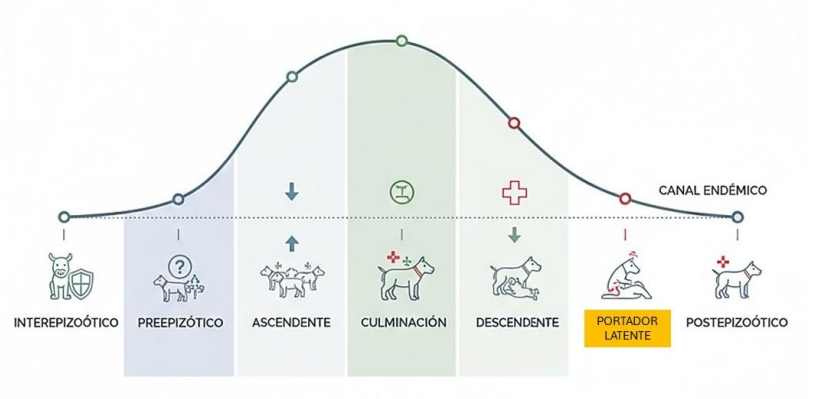


Figura 7.Dinámica Temporal del Proceso Epizoótico y Vigilancia Sanitaria

Nota: Representación de las seis fases operativas de una enfermedad poblacional, desde el silencio epidemiológico hasta el retorno al estado postepizootico. El modelo destaca la progresión crítica de la curva de incidencia, permitiendo al clínico establecer canales endémicos para la detección temprana de brotes.

2.3.3 Definición y dinámica de la epidemia

En el ámbito de la sanidad animal, una epidemia —conocida técnicamente como epizootia cuando afecta a poblaciones veterinarias— se define como el incremento significativo del número de casos de una enfermedad por encima de su nivel normal o nivel de

endemia esperado, dentro de una población, tiempo y espacio geográfico determinados (Noah, 2022; Santos Luján, s.f.). Este fenómeno no ocurre de manera fortuita, sino que representa la ruptura de un equilibrio previo, donde la presentación de la patología (ya sea infecciosa o no infecciosa, aguda o crónica) excede la frecuencia habitual (Jaramillo Arango & Martínez Maya, 2010). Un aspecto crítico en la definición veterinaria es que el umbral epidémico puede ser extremadamente bajo en situaciones de enfermedades exóticas o erradicadas; por ejemplo, la detección de un solo caso de fiebre aftosa en una región libre constituye, por sí misma, una emergencia epidémica debido a sus profundas implicaciones sanitarias y económicas (Jaramillo Arango, 2010; Noah, 2022).

La dinámica de propagación de una epidemia está sujeta a variables biológicas y poblacionales que determinan su magnitud y alcance. La velocidad con la que un brote se difunde y alcanza su punto máximo depende intrínsecamente de la infectividad del agente causal, la duración del periodo de incubación y la densidad de individuos susceptibles concentrados en un espacio (Salud Pública, 2022). Por su parte, la duración de la epidemia estará condicionada por el número total de animales susceptibles expuestos que efectivamente se infectan, el tiempo que dura dicha exposición a la fuente de infección y los periodos de incubación mínimos y máximos específicos del patógeno (Salud Pública, 2022; Noah, 2022). En términos de vigilancia, entender esta dinámica permite al epidemiólogo distinguir entre un evento esporádico —fortuito e irregular— y una verdadera tendencia epidémica que requiere intervención inmediata para proteger la productividad ganadera y la salud pública (Pardo Cobas, 2006; Santos Luján, s.f.).

2.3.4 Desequilibrio de la Tríada Ecológica

El proceso epidémico es el resultado directo de la ruptura del equilibrio homeostático entre los componentes de la tríada ecológica: el agente etiológico, el hospedador (u hospedero) y el ambiente (Romero López & Martínez Maya, 2010; Santos Luján, s.f.). Según los principios de la medicina poblacional, la salud depende de una interdependencia armónica en el ecosistema, y cuando esta balanza se inclina contra el hospedador debido a factores desencadenantes, surge el proceso nosológico (Romero López & Martínez Maya, 2010). Para que se genere una epidemia, la población debe verse expuesta a factores inexistentes previamente o debe ocurrir un desequilibrio drástico en las interacciones preexistentes, como la introducción de una nueva cepa viral o un cambio brusco en las condiciones de manejo (Pardo Cobas, 2006). Este modelo multicausal es fundamental para comprender que la sola presencia del agente no es suficiente para desencadenar un brote masivo si no concurren condiciones favorables en los otros dos vértices (Noah, 2022; Romero López & Martínez Maya, 2010).

En el análisis del agente, factores como su patogenicidad (capacidad de inducir enfermedad clínica), virulencia (gravedad del daño) e inmunogenicidad (capacidad de inducir respuesta inmune) son determinantes primarios de la escala del brote (Noah, 2022; Romero López & Martínez Maya, 2010). El hospedador aporta variables de susceptibilidad intrínseca como la genética, edad, sexo y estado fisiológico; por ejemplo, se reconoce que el ganado cebú presenta una mayor resistencia a la piroplasmosis en comparación con razas europeas, lo que influye en la estabilidad endémica o la eclosión

epidémica según la composición del hato (Pardo Cobas, 2006; Romero López & Martínez Maya, 2010). Finalmente, el ambiente actúa como catalizador; factores físicos como el clima (humedad y temperatura) afectan la viabilidad de los patógenos, mientras que factores socioeconómicos y de manejo, como el hacinamiento, la falta de higiene y el estrés por transporte en sistemas de producción intensiva, incrementan drásticamente el riesgo de aparición de epizootias (Noah, 2022; Santos Luján, s.f.).

2.3.5 Clasificación de las epidemias según la fuente

La epidemiología veterinaria clasifica las epidemias según el mecanismo de exposición de los individuos a la fuente de infección, lo cual se visualiza a través de la morfología de la curva epidémica (Noah, 2022; Salud Pública, 2022). Las epidemias de fuente común ocurren cuando varios individuos susceptibles se exponen de forma simultánea o sincrónica a un mismo vehículo de transmisión, como agua, alimento o medicamentos contaminados (Jaramillo Arango, 2010; Salud Pública, 2022). Dentro de esta categoría, se distinguen las de fuente puntual, donde la exposición es breve y simultánea, generando un brote súbito con un ascenso y descenso rápidos en la gráfica, típico de las toxiinfecciones alimentarias por *Salmonella* en lotes avícolas (Jaramillo Arango, 2010; Noah, 2022). También existen las de fuente común continua o intermitente, donde los picos de casos aparecen de forma irregular según los momentos de exposición a la fuente persistente (Noah, 2022).

En contraste, las epidemias de fuente propagada o progresiva se caracterizan por una transmisión diacrónica de huésped a huésped, ya sea por contacto directo o a través de vectores (Jaramillo Arango, 2010). En este escenario, la curva epidémica muestra un aumento paulatino y picos sucesivos que suelen estar separados por un periodo de incubación, lo que refleja los ciclos de transmisión dentro de la población (Noah, 2022; Salud Pública, 2022). Ejemplos clásicos en veterinaria incluyen enfermedades altamente infectocontagiosas como el moquillo canino, la influenza equina o la peste porcina clásica, donde un animal infectado contagia a varios otros, perpetuando el brote (Jaramillo Arango, 2010; Santos Luján, s.f.). Finalmente, se identifican las epidemias mixtas, que inician con una exposición a una fuente común (como un mercado de animales vivos) y continúan mediante una propagación secundaria entre los individuos que regresan a sus granjas de origen (Jaramillo Arango, 2010; Salud Pública, 2022).

2.3.6 Canales e Índices Endémicos

Para que un sistema de vigilancia sea preventivo y no solo reactivo, es imperativo conocer la frecuencia regular de una enfermedad endémica mediante la construcción de canales e índices endémicos (Jaramillo Arango, 2010; Salud Pública, 2022). El índice endémico representa el comportamiento habitual y predecible de una patología en un área, mientras que el canal endémico ilustra las variaciones máximas y mínimas esperadas basadas en datos históricos (Jaramillo Arango, 2010). El método estadístico más recomendado por su sencillez y robustez es el de la mediana (Me) y los cuartiles (Q), el cual requiere recopilar datos de la enfermedad de interés —idealmente de los últimos

5 a 7 años— organizados de manera mensual (Jaramillo Arango, 2010). Este análisis permite ordenar los valores de menor a mayor para cada mes y calcular el primer cuartil (Q1), la mediana (Me) y el tercer cuartil (Q3), estableciendo límites de control estadístico (Jaramillo Arango, 2010).

A partir de estos cálculos, se elabora una representación gráfica que delimita cuatro áreas operacionales de vital importancia para la toma de decisiones sanitarias:

1. Zona de éxito: Ubicada por debajo de los valores del Q1, indica una frecuencia excepcionalmente baja de la enfermedad en la población.

2. Zona de seguridad: Comprendida entre el Q1 y la mediana; representa el rango óptimo donde la enfermedad se mantiene bajo control habitual.

3. Zona de alarma: Situada entre la mediana y el Q3; indica una desviación del comportamiento habitual que amerita una vigilancia estrecha y la posible implementación de medidas preventivas.

4. Zona epidémica: Se sitúa por encima del tercer cuartil (Q3); en este momento, el número de focos o casos notificados sobrepasa lo esperado estadísticamente, confirmando la existencia de una epidemia o epizootia (Jaramillo Arango, 2010).

Este instrumento es indispensable para enfermedades de notificación obligatoria como la fiebre porcina clásica o la rabia paralítica, ya que permite detectar picos estacionales y anticiparse a brotes mediante la ejecución de medidas correctivas oportunas antes de que la situación

alcance niveles descontrolados (Jaramillo Arango, 2010; Santos Luján, s.f.).

2.4 Organizaciones nacionales e internacionales que intervienen en salud pública

2.4.1 Marco Internacional de Referencia: La Gobernanza Global de la Sanidad

La gestión de la salud pública contemporánea se fundamenta en un complejo entramado de organizaciones interconectadas que operan bajo el paradigma de "Una sola salud" (One Health). Este enfoque integrador reconoce que la sanidad de los animales, la salud de los seres humanos y el equilibrio de los ecosistemas son interdependientes y están vinculados con los entornos en los que coexisten (OMSA, 2025; FAO, 2023). La necesidad de una gobernanza sanitaria mundial robusta se ha vuelto imperativa ante desafíos como la globalización, el cambio climático y la creciente frecuencia de enfermedades zoonóticas, las cuales representan el 75% de las patologías infecciosas emergentes en humanos (OMSA, 2025; Noah, 2022). En este escenario, las directrices emanadas de organismos de referencia internacional establecen las bases técnicas para que los países puedan anticipar y mitigar riesgos biológicos de alcance global (Jaramillo Arango, 2010; Noah, 2022).

La Organización Mundial de Sanidad Animal (OMSA), fundada en 1924 como la Oficina Internacional de Epizootias (OIE), constituye la autoridad máxima en materia de sanidad animal a nivel mundial (OMSA, 2025; OMSA, 2018). Su misión central es difundir información epidemiológica de manera transparente y mejorar la

sanidad animal global mediante la elaboración de normas que faciliten el comercio seguro de animales y sus productos (OMSA, 2025; OMSA, 2018). Un concepto clave en su labor es la transparencia, definida como la documentación detallada de datos y métodos que justifican las medidas sanitarias impuestas, permitiendo una comunicación clara entre países exportadores e importadores (OMSA, 2018; Jaramillo Arango, 2010). Un ejemplo de su intervención es la gestión de la Influenza Aviar Altamente Patógena, donde la OMSA coordina redes de expertos para intercambiar datos científicos críticos que fundamentan las políticas de vigilancia y control ante el potencial pandémico de ciertas cepas (OMSA, 2025).

Por su parte, la Organización Mundial de la Salud (OMS) es el organismo rector de la salud pública humana, cuya intervención en la interfaz animal-humano es vital para el control de las zoonosis (Noah, 2022). La OMS implementa el Reglamento Sanitario Internacional (RSI), un marco legal vinculante que obliga a los estados miembros a evaluar y notificar eventos que puedan constituir una emergencia de salud pública de importancia internacional (Noah, 2022; Vargas García, 2010). Este sistema permite identificar de forma temprana amenazas inusuales o imprevistas, como brotes de Ébola o nuevas variantes de gripe, garantizando una respuesta coordinada que minimice el impacto en la salud y el comercio (Noah, 2022; OMSA, 2025). La colaboración entre la OMS y la OMSA asegura que la vigilancia en el reservorio animal actúe como un sistema de alerta temprana para proteger a las poblaciones humanas (Jaramillo Arango, 2010).

La consolidación de este esfuerzo cooperativo se materializa en la Alianza Cuatripartita, integrada por la OMSA, la OMS, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) (OMSA, 2025; FAO, 2023). Esta alianza estratégica, formalizada plenamente en 2022, busca abordar de forma conjunta problemas transversales como la resistencia a los antimicrobianos (RAM), considerada una "pandemia silenciosa" que amenaza la eficacia de los tratamientos tanto en medicina humana como veterinaria (OMSA, 2025; Santos Luján, s.f.). A través del Plan de Acción Conjunto "Una sola salud", la Cuatripartita proporciona un marco operativo para fortalecer los sistemas nacionales de salud, reducir el riesgo de pandemias y controlar enfermedades tropicales desatendidas mediante la integración de expertos de múltiples disciplinas (OMSA, 2025; Lustgarten et al., 2020).

2.4.2 Estructura y Vigilancia Nacional en Ecuador

En el nivel nacional, la aplicación de las normativas internacionales y la salvaguarda de la sanidad pecuaria en Ecuador son responsabilidad de la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario (Agrocalidad). Esta entidad ejerce las funciones de los servicios veterinarios oficiales, encargándose de la vigilancia epizootiológica permanente para detectar y prever cambios en la conducta de las enfermedades (OMSA, 2018; Vargas García, 2010). Agrocalidad implementa diversos tipos de vigilancia: la pasiva, que recolecta informes voluntarios de médicos veterinarios y productores, y la activa, en la cual se extraen datos específicos mediante muestreos sistemáticos y encuestas en poblaciones

de riesgo (Noah, 2022; Jaramillo Arango, 2010). Un ejemplo veterinario crítico es la vigilancia de la Peste Porcina Africana o la Fiebre Aftosa, donde el control estricto de focos y la cuarentena son esenciales para mantener el estatus sanitario nacional y proteger la economía ganadera (Santos Luján, s.f.; Jaramillo Arango, 2010).

El componente de salud humana en la gestión de zoonosis en Ecuador es liderado por el Ministerio de Salud Pública (MSP). Esta institución es la encargada de la vigilancia de enfermedades de notificación obligatoria que afectan a la población, coordinando con el sector veterinario la investigación de brotes donde el origen es animal (Noah, 2022; Jaramillo Arango, 2010). Bajo el enfoque de "Una Salud", el MSP y Agrocalidad deben colaborar estrechamente ante patologías como la Brucelosis o la Rabia, donde la identificación de animales infectados es el paso previo indispensable para evitar casos humanos (Santos Luján, s.f.; Jaramillo Arango & Martínez Maya, 2010). Esta coordinación intersectorial permite que, ante una sospecha clínica en una comunidad, se activen equipos multidisciplinarios que realicen investigaciones epidemiológicas de campo tanto en el ambiente como en los hospedadores susceptibles (Vargas García, 2010; Romero López & Martínez Maya, 2010).

Un pilar fundamental de estas organizaciones nacionales es el uso del Análisis de Riesgo como herramienta para la toma de decisiones objetivas (Zepeda, 2010; OMSA, 1998). El proceso, lógicamente estructurado, incluye la identificación de peligros, donde se listan los agentes patógenos que podrían introducirse mediante la importación de mercancías; la evaluación del riesgo, que estima la probabilidad de

entrada y difusión; y el manejo del riesgo, donde se seleccionan medidas de mitigación como pruebas de diagnóstico y periodos de aislamiento (Zepeda, 2010; OMSA, 2018). Por ejemplo, Agrocalidad debe realizar una evaluación de la exposición para determinar si el uso previsto de un producto importado representa un riesgo significativo para las poblaciones animales locales, decidiendo si se autoriza la importación basándose en evidencias científicas y no en barreras comerciales injustificadas (Zepeda, 2010; OMSA, 1998).

2.4.3 Sistemas de Información: El Eje de la Inteligencia Sanitaria

La operatividad de la vigilancia epidemiológica depende de la eficiencia de sus Sistemas de Información, los cuales constituyen el subsistema encargado de la recolección, proceso y difusión de datos para la acción oportuna (Astudillo et al., 1980; Santos Luján, s.f.). A nivel mundial, la OMSA gestiona el Sistema Mundial de Información Zoosanitaria (WAHIS), una interfaz que permite a los países notificar de manera inmediata eventos sanitarios excepcionales y enviar informes periódicos sobre la situación de enfermedades de la lista oficial (OMSA, 2025; Jaramillo Arango, 2010). Este sistema garantiza que la comunidad internacional cuente con información veraz y oportuna para ajustar sus políticas de comercio y bioseguridad ante la aparición de focos de infección en cualquier parte del planeta (Jaramillo Arango, 2010; OMSA, 2018).

En el ámbito nacional, el sistema de información debe contar con componentes sólidos de entrada, transformación y salida de datos (Astudillo et al., 1980). Las fuentes de información incluyen los

registros de morbilidad y mortalidad, las investigaciones de laboratorio y el reporte de epidemias (Vargas García, 2010). Es vital que el sistema sea dinámico, buscando activamente el dato sin esperar a recibirlo de forma pasiva, especialmente para enfermedades bajo programas de erradicación (Vargas García, 2010; Noah, 2022). Un componente emergente en estos sistemas es la vigilancia sindrómica, que utiliza datos que describen síntomas en tiempo real —como incrementos inusuales en problemas respiratorios o muertes súbitas— para detectar brotes antes incluso de contar con una confirmación laboratorial definitiva (StudySmarter, 2024).

Finalmente, el flujo de información debe culminar en la difusión oportuna de boletines y reportes que retroalimenten a los informantes y apoyen la toma de decisiones de las autoridades (Vargas García, 2010). El uso de herramientas informáticas y bases de datos centralizadas permite realizar análisis de tendencias a largo plazo, elaborar canales endémicos y mapear focos de infección con precisión geográfica (Jaramillo Arango, 2010; Astudillo et al., 1980). En conclusión, la integración de las organizaciones internacionales (OMSA, OMS, Cuatripartita) con las nacionales (Agrocalidad, MSP) y el soporte de sistemas de información robustos, constituye la infraestructura crítica necesaria para que el médico veterinario actúe eficazmente como guardián de la salud pública y la productividad en un mundo interconectado (OMSA, 2025; Santos Luján, s.f.; Jaramillo Arango, 2010).

2.5 Principales enfermedades zoonóticas (Primera parte)

2.5.1 Concepto de Zoonosis y estadísticas actuales

El término zoonosis encuentra su raíz etimológica en los vocablos griegos *zoon* (animal) y *nosos* (enfermedad), concepto acuñado a finales del siglo XIX por el médico Rudolph Virchow para designar aquellas afecciones humanas causadas por agentes patógenos provenientes de los animales (Vourc'h et al., 2022; Chomel, 2014). De acuerdo con la definición moderna de la Organización Mundial de la Salud (OMS), las zoonosis se describen como enfermedades e infecciones que se transmiten de manera natural entre los animales vertebrados y los seres humanos (Rahman et al., 2020; Chomel, 2009). Esta relación biológica es bidireccional, denominándose antropozoonosis cuando la infección se desplaza del animal al hombre, y zooantroponosis (o zoonosis inversa) cuando el flujo de patógenos ocurre del humano hacia las poblaciones animales, como se ha observado recientemente con casos de sarampión en primates no humanos o la transmisión de COVID-19 hacia visones y mascotas (Chomel, 2014; Vourc'h et al., 2022).

En la actualidad, las estadísticas globales subrayan la trascendencia crítica de la medicina veterinaria dentro de la infraestructura de la salud pública. Se estima que el 60% de los agentes patógenos que causan enfermedades humanas tienen su origen en animales domésticos o silvestres (OMSA, 2025; Rahman et al., 2020). Esta cifra es aún más alarmante cuando se analiza la dinámica de las patologías emergentes, ya que el 75% de las nuevas enfermedades infecciosas humanas detectadas en las últimas décadas son de origen zoonótico (Salajegheh

Tazerji et al., 2022; OMSA, 2025). Estos datos evidencian que la interfaz humano-animal-ambiente es el escenario principal donde los patógenos evolucionan y logran el "salto de especie" (*spillover*), impulsados por factores antropogénicos como la urbanización descontrolada, el comercio de fauna silvestre y el cambio climático (Esposito & Turku, 2023; Salajegheh Tazerji et al., 2022).

El impacto de estas enfermedades no es únicamente sanitario, sino que representa una carga económica devastadora para la sociedad. Se calcula que las zoonosis son responsables de aproximadamente 2,400 millones de casos de enfermedad humana y 2.7 millones de muertes anuales en todo el mundo, afectando desproporcionadamente a los trabajadores pecuarios y comunidades rurales en países de bajos ingresos (Salyer et al., 2017; Rahman et al., 2020). Bajo el enfoque de "Una sola salud" (One Health), se reconoce que la sanidad animal es el pilar fundamental para prevenir crisis de salud humana, ya que controlar la infección en el reservorio animal no solo protege la biodiversidad y la productividad, sino que constituye la medida de prevención más costo-efectiva para la humanidad (OMSA, 2025; Deiana et al., 2024).

2.5.2 Rabia: Ciclos de transmisión y control estratégico

La rabia es una de las zoonosis más antiguas y letales conocidas por la ciencia, caracterizada por una encefalomielitis progresiva que presenta una tasa de letalidad cercana al 100% una vez que se manifiestan los signos clínicos (Noah, 2022; Rahman et al., 2020). El agente causal es un virus de ARN de cadena sencilla perteneciente al género *Lyssavirus*, familia *Rhabdoviridae*, el cual infecta a todos los mamíferos, aunque

solo ciertas especies actúan como reservorios principales (Salajegheh Tazerji et al., 2022; Rahman et al., 2020). La transmisión se produce primordialmente a través de la saliva de animales infectados inoculada mediante mordeduras, aunque también puede ocurrir por arañazos o contacto con mucosas (Noah, 2022; Chomel, 2009).

Epidemiológicamente, la rabia se mantiene a través de dos ciclos principales que a menudo se solapan: el ciclo urbano y el ciclo silvestre (Salajegheh Tazerji et al., 2022). En el ciclo urbano, el perro doméstico (*Canis familiaris*) es el principal transmisor y responsable del 95% de las muertes humanas por rabia en África y Asia (Rahman et al., 2020; Esposito & Turku, 2023). Por otro lado, el ciclo silvestre involucra a una amplia variedad de fauna salvaje, como zorros, mofetas y mapaches en el hemisferio norte, y de manera crítica en América Latina, al murciélago hematófago *Desmodus rotundus* (vampiro común) (Chomel, 2009; Noah, 2022). Este último es responsable de la rabia paralítica bovina (RPB) o derriengue, una enfermedad que causa graves pérdidas económicas en la industria ganadera al afectar al ganado vacuno, equino y ocasionalmente al hombre en zonas rurales y tropicales (Jaramillo Arango & Martínez Maya, 1998; Romero López & Martínez Maya, 2010).

El control efectivo de la rabia requiere una estrategia integral basada en la inmunización y la vigilancia activa. La vacunación masiva de las poblaciones de perros domésticos y callejeros es la intervención más eficaz para interrumpir el ciclo de transmisión urbana y proteger a los humanos (Chomel, 2009). En el caso del ciclo silvestre asociado a murciélagos, el control se enfoca en la inmunización sistemática del

ganado en zonas de riesgo y el monitoreo de las colonias de vampiros (Jaramillo Arango & Martínez Maya, 1998). Un ejemplo veterinario de éxito es la reducción de casos mediante programas de vacunación de anillo y la educación pública sobre el manejo de animales sospechosos, los cuales deben someterse a una cuarentena de observación de 10 días para verificar si estaban eliminando el virus al momento de la agresión (Noah, 2022; Chomel, 2009).

2.5.3 Gripe Aviar: Vigilancia de los subtipos H5N1 y H7N1

La influenza aviar es una enfermedad vírica altamente contagiosa causada por virus de la familia *Orthomyxoviridae*, que afecta a aves de corral y silvestres, y posee un elevado potencial pandémico debido a la capacidad del virus para sufrir mutaciones y recombinaciones genéticas (OMSA, 2025; Rahman et al., 2020). Los virus se clasifican en categorías de baja o alta patogenicidad según su capacidad de causar enfermedad grave en las aves; los subtipos de Influenza Aviar Altamente Patógena (IAAP), como el H5N1 y H7N1, pueden provocar mortalidades cercanas al 100% en parvadas comerciales en menos de 48 horas (OMSA, 2018; Santos Luján, s.f.). Las aves migratorias, especialmente las acuáticas, actúan como reservorios naturales que diseminan el virus a través de largas distancias, facilitando la introducción del patógeno en granjas tecnificadas y de traspatio (Romero López & Martínez Maya, 2010).

El riesgo para la salud pública es significativo, ya que estos virus pueden infectar directamente a los seres humanos que están en contacto estrecho con aves enfermas o sus secreciones. El subtipo H5N1 ha sido objeto de

vigilancia global debido a su capacidad de causar neumonías graves y una alta tasa de mortalidad en humanos (Deiana et al., 2024; Rahman et al., 2020). En sistemas de producción intensiva, la alta densidad animal actúa como un catalizador para la amplificación viral, lo que obliga a la implementación de medidas de bioseguridad estrictas para evitar el contacto entre aves domésticas y silvestres (StudySmarter, 2024; Santos Luján, s.f.). Un ejemplo crítico de manejo epidemiológico ante un brote confirmado es el sacrificio sanitario (despoblamiento) de todas las aves infectadas y expuestas, seguido de una desinfección profunda y el establecimiento de zonas de cuarentena para evitar la propagación transfronteriza (OMSA, 2018).

La vigilancia epidemiológica de la influenza aviar debe ser tanto activa como pasiva. La red OFFLU (red global de expertos en influenza animal de la OMSA y la FAO) colabora con la OMS proporcionando datos científicos en tiempo real sobre las cepas circulantes, lo que permite la preparación de vacunas humanas y animales adaptadas (OMSA, 2025; Santos Luján, s.f.). El médico veterinario desempeña un papel vital en el monitoreo de "puntos críticos" como los mercados de aves vivas y humedales, utilizando técnicas de diagnóstico molecular para la identificación temprana de virus con potencial zoonótico (StudySmarter, 2024).

2.5.4 Brucelosis: Impacto productivo y salud humana

La brucelosis es una enfermedad infecciosa crónica causada por bacterias gramnegativas del género *Brucella*, considerada una de las zoonosis más extendidas y descuidadas a nivel mundial, con más de

500,000 casos humanos nuevos reportados anualmente (Rahman et al., 2020; Salyer et al., 2017). Las especies de mayor importancia zoonótica son *Brucella melitensis* (procedente de cabras y ovejas), *B. abortus* (de bovinos) y *B. suis* (de cerdos). En los animales, la enfermedad se manifiesta primordialmente por problemas reproductivos como abortos en el último tercio de la gestación, retención de placenta, orquitis e infertilidad, lo que genera pérdidas económicas masivas debido a la disminución de la producción de leche y carne (Rahman et al., 2020; Chomel, 2009).

La transmisión al ser humano ocurre principalmente a través de dos vías: el consumo de leche o productos lácteos no pasteurizados provenientes de animales infectados, y el contacto directo con tejidos o fluidos durante el parto, aborto o necropsia de los animales (Noah, 2022; Rahman et al., 2020). En el hombre, la brucelosis se presenta como una enfermedad febril aguda o crónica (fiebre ondulante), acompañada de debilidad, mialgias, artralgias y sudoración nocturna, pudiendo derivar en complicaciones graves como endocarditis o meningitis. Debido a este riesgo ocupacional, los veterinarios, trabajadores de rastros y ganaderos constituyen el grupo de población con mayor probabilidad de exposición (Chomel, 2009; Salyer et al., 2017).

El control de la brucelosis se fundamenta en la estrategia de detección y sacrificio de animales reactores, apoyada por la vacunación sistemática de las hembras jóvenes para aumentar la inmunidad del hato (Jaramillo Arango, 2010). Para el diagnóstico poblacional, se recomienda el uso de pruebas en serie: una prueba tamiz de alta sensibilidad y bajo costo, como la prueba de tarjeta o BPA (antígeno bufferado en placa), seguida

de una prueba confirmatoria de alta especificidad, como la fijación de complemento o el ELISA, para identificar a los verdaderos positivos y evitar sacrificios innecesarios (León & Duffy, 2006; Rodríguez Buenfil, 2010). Un ejemplo de éxito en salud pública es la implementación de la pasteurización obligatoria de los lácteos, medida que ha logrado erradicar prácticamente los casos humanos en muchos países desarrollados, a pesar de que la infección pueda persistir en algunas poblaciones animales (Noah, 2022; Chomel, 2009).

2.6 Principales enfermedades zoonóticas (Segunda parte)

2.6.1 Tuberculosis Bovina: Transmisión y programas de control

La tuberculosis bovina es una zoonosis de impacto masivo causada primordialmente por *Mycobacterium bovis*, una bacteria ácido-alcohol resistente que forma parte del complejo *M. tuberculosis* (Noah, 2022). En las poblaciones animales, la enfermedad se manifiesta de forma crónica con la formación de lesiones granulomatosas denominadas "tubérculos", las cuales pueden afectar diversos órganos, siendo los pulmones y los ganglios linfáticos los sitios de predilección (Rodríguez Buenfil, 2010). Epidemiológicamente, se considera una enfermedad isosintomática, ya que las manifestaciones clínicas y las lesiones patológicas son muy similares tanto en el ganado como en los seres humanos que resultan infectados (Chomel, 2014; Rahman et al., 2020).

El mecanismo de transmisión hacia el humano ocurre principalmente a través de la vía láctea, mediante el consumo de leche cruda o productos lácteos no pasteurizados provenientes de vacas enfermas, y de forma aerógena a través de la inhalación de gotas de aerosol expulsadas por

animales que tosen (Noah, 2022; Rahman et al., 2020). En entornos rurales y sistemas de producción intensiva con alta densidad poblacional, los trabajadores del campo, médicos veterinarios y personal de mataderos enfrentan un riesgo ocupacional elevado por el contacto directo con fluidos y tejidos infectados (Noah, 2022; Jaramillo Arango & Martínez Maya, 2010). Un ejemplo veterinario crítico es la transmisión en el establo, donde una vaca con tuberculosis respiratoria puede diseminar el bacilo a sus compañeras y al personal encargado del ordeño (Pardo Cobas, 2006).

Para mitigar este riesgo, los servicios veterinarios oficiales implementan programas de detección y sacrificio sanitario (culling) de animales reactores. El diagnóstico poblacional se fundamenta en la prueba de la tuberculina (PPD), que mide la respuesta de hipersensibilidad retardada tras la inyección del antígeno, complementada en ocasiones con ensayos de interferón gamma (IFN-γ) para detectar casos en etapas tempranas (Rodríguez Buenfil, 2010; Jaramillo Arango, 2010). El sacrificio de los animales positivos busca eliminar las fuentes de infección para lograr el estatus de "hato libre", garantizando así la inocuidad alimentaria (Jaramillo Arango, 2010). Además, la vigilancia centinela mediante la inspección post-mortem en los mataderos permite detectar focos activos de la enfermedad en animales que no mostraron signos clínicos previos (Noah, 2022; Jaramillo Arango & Martínez Maya, 2010).

2.6.2 Salmonelosis y Listeriosis: Desafíos en la seguridad alimentaria

La salmonelosis es una de las zoonosis más extendidas y una de las principales causas de enfermedades transmitidas por alimentos (ETA) a nivel mundial, provocada por diversos serotipos de *Salmonella enterica* (Rahman et al., 2020). Estas bacterias habitan de forma común en el tracto intestinal de aves de corral y cerdos, quienes suelen actuar como reservorios asintomáticos, contaminando productos de consumo masivo como el huevo y la carne durante el proceso de producción y faenado (Chomel, 2009; Deiana et al., 2024). Un factor de alarma creciente es la detección de cepas con resistencia antimicrobiana multidrogas en granjas industriales, lo que compromete seriamente el tratamiento de infecciones graves en medicina humana (Rahman et al., 2020; Salajegheh Tazerji et al., 2022).

Por su parte, la listeriosis, causada por *Listeria monocytogenes*, se clasifica como una saprozoonosis, lo que significa que el agente tiene la capacidad de sobrevivir y multiplicarse en reservorios inanimados como el suelo, el agua y materia orgánica en descomposición (Chomel, 2014). Esta bacteria posee una tenacidad ambiental extraordinaria, siendo capaz de persistir en plantas procesadoras de alimentos bajo condiciones de refrigeración, afectando especialmente la inocuidad de lácteos y productos de pescado listos para el consumo (Rahman et al., 2020; Chomel, 2009). Aunque su incidencia es menor en comparación con la salmonelosis, la listeriosis presenta una alta tasa de letalidad, afectando de manera desproporcionada a mujeres gestantes e individuos inmunocomprometidos (Noah, 2022).

El impacto económico y sanitario de estas patologías obliga a la implementación de sistemas de vigilancia estrictos en toda la cadena agroalimentaria. El médico veterinario desempeña un papel vital en el monitoreo de puntos críticos de control en las granjas y rastros, asegurando que las medidas de bioseguridad impidan la entrada y diseminación de estos patógenos (StudySmarter, 2024). Por ejemplo, el control de la temperatura durante el almacenamiento de la leche y la desinfección de las naves avícolas son medidas epidemiológicas preventivas básicas para evitar brotes masivos que afecten la salud pública y la estabilidad del mercado alimentario (OMSA, 2025).

2.6.3 Zoonosis emergentes y pandemias: COVID-19, Ébola y H1N1

La emergencia de nuevas patologías zoonóticas es el resultado de desequilibrios en la tríada ecológica provocados por acciones antropogénicas como la deforestación, la urbanización y el comercio de fauna silvestre (Salajegheh Tazerji et al., 2022; Esposito & Turku, 2023). El caso del SARS-CoV-2 (COVID-19) ejemplifica cómo un virus de origen animal —probablemente de murciélagos con un hospedador intermediario— puede adaptarse hasta lograr una transmisión sostenida de humano a humano, desencadenando una crisis sistémica mundial (Vourc'h et al., 2022; Noah, 2022). Epidemiológicamente, este evento se clasifica como una etapa avanzada en la evolución de las enfermedades animales, donde el patógeno trasciende su nicho original para convertirse en una amenaza global (Vourc'h et al., 2022; Rahman et al., 2020).

La fiebre hemorrágica por el virus del Ébola representa otro riesgo extremo derivado de la fragmentación de los bosques y el contacto estrecho con reservorios silvestres como primates y murciélagos frugívoros (Salajegheh Tazerji et al., 2022). Se ha documentado que la degradación forestal altera el comportamiento de estas especies, forzándolas a interactuar con asentamientos humanos y facilitando el evento de "salto de especie" o *spillover* (Salajegheh Tazerji et al., 2022; Esposito & Turku, 2023). Por otro lado, la gripe H1N1 puso de relieve la importancia de los animales de producción como cerdos y aves en la recombinación genética de virus de influenza (Noah, 2022; OMSA, 2025). Estos animales pueden actuar como "vasos de mezcla" donde cepas aviares, porcinas y humanas intercambian material genético, dando origen a variantes con potencial pandémico (Noah, 2022).

La prevención de futuras crisis pandémicas requiere una vigilancia epidemiológica continua basada en la detección temprana de agentes inusuales bajo el marco del Reglamento Sanitario Internacional (RSI) (Noah, 2022). El monitoreo de la fauna silvestre y la regulación estricta de los mercados de animales vivos son intervenciones críticas para identificar riesgos antes de que ocurra una propagación masiva (Salajegheh Tazerji et al., 2022; Santos Luján, s.f.). La labor veterinaria en este ámbito es estratégica, ya que actuar sobre el reservorio animal permite mitigar la amenaza en su origen, garantizando la seguridad de la salud colectiva y minimizando los costos económicos derivados de las cuarentenas y cierres de fronteras (Salyer et al., 2017; OMSA, 2025).

2.6.4 Enfermedad de Lyme y vectores: La ecología del riesgo

La enfermedad de Lyme (o borreliosis de Lyme) es una de las infecciones transmitidas por vectores más comunes en el hemisferio norte, causada por la espiroqueta *Borrelia burgdorferi* (Chomel, 2014). El ciclo de transmisión involucra a garrapatas de patas negras del género *Ixodes* (como *I. scapularis*), las cuales adquieren la bacteria de reservorios silvestres como el ratón de patas blancas (*Peromyscus leucopus*) y aves migratorias (Esposito & Turku, 2023; Chomel, 2009). El ser humano actúa como un hospedador accidental cuando es picado por una garrapata infectada, desarrollando síntomas que van desde una erupción cutánea característica (eritema migrans) hasta complicaciones neurológicas y articulares crónicas (Chomel, 2014; Noah, 2022).

La dinámica de esta pherozoonosis (zoonosis transmitida por vectores) se ha visto fuertemente influenciada por cambios en el paisaje, particularmente por la reforestación y la expansión de zonas residenciales hacia hábitats silvestres (Esposito & Turku, 2023). Este fenómeno ha propiciado un incremento masivo en las poblaciones de ciervos de cola blanca, los cuales son esenciales para el ciclo de vida de la garrapata adulta, aumentando la densidad de vectores en áreas periurbanas (Chomel, 2014; Esposito & Turku, 2023). Además de las garrapatas, otros artrópodos como los ácaros han sido implicados en la transmisión de patógenos en poblaciones de aves y pequeños mamíferos, subrayando la necesidad de un control integrado de plagas bajo el enfoque de "Una Salud" (Rahman et al., 2020; Esposito & Turku, 2023).

El manejo epidemiológico de las enfermedades transmitidas por vectores se basa en la comprensión de los ecotonos —zonas de transición entre ecosistemas— y en el monitoreo de los cambios climáticos que aceleran el ciclo biológico de los artrópodos (Esposito & Turku, 2023; Salajegheh Tazerji et al., 2022). El epidemiólogo veterinario analiza estas variables ambientales para predecir zonas de alto riesgo y diseñar campañas de educación pública que promuevan medidas preventivas (StudySmarter, 2024; Noah, 2022). En conclusión, el estudio de las zoonosis, desde la tuberculosis hasta las emergencias pandémicas y las infecciones por vectores, demuestra que la salud humana no puede ser desligada de la sanidad de los animales y la integridad de los ecosistemas compartidos (OMSA, 2025; Rahman et al., 2020).

2.7 Investigación de epidemias

2.7.1 Detección y confirmación inicial: Vigilancia e inteligencia sanitaria

La investigación de epidemias constituye uno de los componentes más críticos de la epidemiología aplicada y la salud pública veterinaria, funcionando como un elemento dinámico de la vigilancia sanitaria. A diferencia de otros estudios epidemiológicos, la investigación de un brote exige una respuesta inmediata debido a la urgencia de identificar la fuente de infección y detener la propagación de la enfermedad en la población (Jaramillo & Martínez, 2010). Este proceso se activa ante la detección de un incremento inusual en la frecuencia de casos o una

gravedad atípica que supera los niveles esperados para un tiempo y lugar determinados (Noah, 2022).

El sistema de detección se fundamenta en un flujo constante de información que incluye reportes oficiales de morbilidad y mortalidad, datos de vigilancia laboratorial y mecanismos menos formales pero vitales, como los rumores y las noticias en medios de comunicación. La astucia clínica de los médicos veterinarios de campo y el personal técnico de laboratorio es fundamental; por ejemplo, la epidemia de enfermedad hemorrágica viral de los conejos en México fue detectada inicialmente gracias a un veterinario particular que alertó sobre una mortalidad del 80% en una granja, permitiendo la activación de los protocolos de emergencia. Una condición ineludible para el éxito de esta fase es contar con un subsistema de información veraz y oportuno que garantice que el "dato" se transforme en una alerta temprana (Astudillo et al., 1980; Jaramillo & Martínez, 2010).

2.7.2 Definición Operacional de Caso: Criterios técnicos de clasificación

Una vez detectada la anomalía sanitaria, el paso metodológico más importante es establecer una definición operacional de caso, la cual permite estandarizar quién será incluido en el recuento y análisis epidemiológico (Villarroel, 2021). Según los principios de la epidemiología clínica, una definición precisa debe exponer con claridad los caracteres genéricos y diferenciales de la patología para lograr una "nitidez de imagen" que evite sesgos de clasificación (Villarroel, 2021; Jaramillo & Martínez, 2010). Esta definición es dinámica y puede

ajustarse conforme se obtiene más información sobre el agente y su comportamiento poblacional (Noah, 2022).

Los criterios para construir esta definición se dividen en tres áreas: clínicos (signos y síntomas específicos), de laboratorio (evidencias de aislamiento o serología) y epidemiológicos (vínculos con fuentes sospechosas, tiempos y lugares específicos). A partir de estos, los individuos se clasifican en categorías como: caso confirmado (cumple todos los criterios), caso sospechoso (solo evidencia clínica), caso asociado con el brote (vínculo epidemiológico claro) o caso no asociado (cumple clínica pero no pertenece al evento temporal o espacial). Por ejemplo, en un brote de encefalitis equina, la definición podría exigir que el animal presente fiebre alta y signos neurológicos profundos, pero solo se consideraría asociado si ocurrió dentro de la zona de restricción y en el periodo de riesgo definido (Jaramillo & Martínez, 2010).

2.8 Investigación de campo: Identificación de la cadena de transmisión

La investigación de campo busca reconstruir de forma retrospectiva y prospectiva la dinámica del brote mediante la búsqueda activa de casos en la población afectada y sus alrededores. En esta fase se emplean cuestionarios precodificados y entrevistas detalladas con los propietarios para obtener datos sobre manejo, movimientos de animales, ingreso de sementales o cambios en la dieta. El objetivo primordial es examinar minuciosamente a los animales —tanto enfermos como sanos (posibles portadores subclínicos)— y recolectar muestras biológicas

bajo estrictas medidas de bioseguridad para su análisis serológico o anatomopatológico (Jaramillo & Martínez, 2010; Villarroel, 2021).

Dentro de esta búsqueda, es vital clasificar a los animales según su papel en el inicio del brote: el caso índice es el primer animal detectado por el sistema de vigilancia y el que orienta la investigación. Sin embargo, la investigación profunda suele revelar un caso primario, que es el primer animal que realmente introdujo la infección tras exponerse a la fuente original. A partir de ellos aparecen los casos coprimarios (expuestos simultáneamente a la misma fuente) y los casos secundarios (originados por contacto directo con los anteriores). En veterinaria, identificar estos eslabones permite rastrear, por ejemplo, si el brote de una toxiinfección inició con un lote específico de alimento o con la llegada de un animal portador de otra explotación (Noah, 2022; Jaramillo & Martínez, 2010).

2.8.1 Análisis descriptivo: Tiempo, Lugar y Población

La caracterización epidemiológica descriptiva es la herramienta que permite organizar la información recolectada para identificar patrones de enfermedad (Villarroel, 2021). El análisis del tiempo se realiza mediante la construcción de la curva epidémica, un gráfico que coloca la frecuencia de casos en el eje vertical y el tiempo en el horizontal (Salud Pública, 2022). La forma de esta curva indica el origen del brote: una curva de fuente común puntual muestra un ascenso y descenso bruscos, sugiriendo una exposición simultánea (como una intoxicación); por el contrario, una curva propagada presenta picos sucesivos separados por un periodo de incubación, indicativo de transmisión de animal a animal (Jaramillo & Martínez, 2010; Noah, 2022).

El análisis del lugar implica la elaboración de mapas y croquis detallados para visualizar la distribución espacial de los focos e identificar si el brote es localizado o difuso, lo que ayuda a sospechar de vectores ambientales o rutas de transporte. Finalmente, el análisis de la población segmenta a los individuos según variables como edad, raza, sexo y fin zootécnico, permitiendo calcular la tasa de ataque (proporción de expuestos que enferman). Por ejemplo, si en un brote de mastitis la tasa de ataque es significativamente superior en vacas de alta producción frente a las de baja, este dato poblacional orienta la investigación hacia el manejo del ordeño como factor de riesgo principal (Villarroel, 2021; Jaramillo & Martínez, 2010).

2.8.2 Formulación y verificación de hipótesis causales

A partir de la información descriptiva generada (quién, dónde y cuándo), el epidemiólogo debe formular conjeturas o hipótesis sobre la etiología, la fuente de exposición y el modo de transmisión del agente. Estas hipótesis no son suposiciones al azar, sino que deben poseer un marco biológico verosímil sustentado en la historia natural de la enfermedad (Romero López & Martínez Maya, 2010; Jaramillo & Martínez, 2010). La verificación de estas hipótesis requiere el uso de la epidemiología analítica, empleando diseños de estudios comparativos para determinar si la asociación observada es estadísticamente significativa (Pardo Cobas, 2006).

Los estudios de casos y controles son especialmente útiles en situaciones de brotes, ya que parten del efecto hacia la causa, permitiendo comparar animales enfermos con sanos del mismo entorno para identificar

diferencias en su exposición previa. Por otro lado, los estudios de cohortes (de causa hacia efecto) permiten calcular directamente el riesgo relativo en grupos expuestos frente a no expuestos (Pardo Cobas, 2006; Jaramillo & Martínez, 2010). Un ejemplo de verificación de hipótesis es el estudio de un brote de diarrea neonatal en cerdos, donde se comparan camadas tratadas con diferentes protocolos de desinfección para confirmar si una deficiencia en la higiene ambiental es la causa suficiente para el proceso epidémico (Noah, 2022; Romero López & Martínez Maya, 2010).

2.8.3 Medidas de control y comunicación: La respuesta sanitaria

El objetivo último de la investigación es la implementación de medidas correctivas para detener el brote y prevenir su recurrencia. Estas medidas se clasifican en preliminares, aplicadas ante la sospecha inicial (como la cuarentena inmediata), y terminales, que se ejecutan una vez confirmada la fuente y el modo de transmisión. Las intervenciones se dirigen a tres frentes: la destrucción del agente (sacrificio sanitario, desinfección, incineración), la protección del hospedador (vacunación de anillo, tratamiento profiláctico, aislamiento) y la mejora del ambiente (adecuación de instalaciones, manejo de desechos) (Jaramillo & Martínez, 2010).

Finalmente, el proceso debe culminar con la redacción de un informe detallado de resultados que documente las acciones realizadas y los hallazgos alcanzados. Este documento es una pieza fundamental de la inteligencia sanitaria, ya que no solo satisface los requisitos de los niveles superiores, sino que, al publicarse, sirve como base de

conocimiento para enfrentar epidemias futuras. La comunicación efectiva de estos resultados a los productores y a la comunidad científica garantiza la transparencia y fortalece la resiliencia del sistema de salud animal y pública global (OMSA, 2025; Jaramillo & Martínez, 2010).

2.9 Introducción a los métodos aplicados en epidemiología

2.9.1 Cuantificación y Medición: La base de la inteligencia sanitaria

La medición de los fenómenos de salud y enfermedad en las poblaciones animales constituye la piedra angular de la epidemiología veterinaria, permitiendo transformar observaciones clínicas en datos objetivos para la toma de decisiones. Para evaluar la extensión de un problema sanitario, es imperativo relacionar el número de individuos afectados con la población en riesgo, definida como aquellos miembros de la comunidad biológica capaces de desarrollar la afección en cuestión. El epidemiólogo veterinario utiliza valores relativos —razones, proporciones y tasas— para contextualizar la morbilidad, evitando el error de interpretar cifras absolutas sin referencia al tamaño poblacional, el tiempo y el lugar del evento (Jaramillo Arango & Martínez Maya, 2010; Noah, 2022).

Dentro de las medidas de frecuencia, se distinguen dos conceptos fundamentales: la prevalencia y la incidencia. La prevalencia es una proporción que describe el número de casos existentes (antiguos y nuevos) en un punto específico del tiempo, funcionando como una "fotografía" que captura la magnitud estática de la enfermedad en la población. Por su parte, la incidencia es una tasa que mide la velocidad de aparición de casos nuevos en una población inicialmente sana durante

un periodo definido, actuando como una "película" que muestra la dinámica de propagación del evento (Villarroel, 2021; Fajardo-Gutiérrez, 2017). Un ejemplo veterinario claro se observa en el control de las cojeras: mientras que la prevalencia indica cuántas vacas están cojas hoy en el hato, la incidencia revela cuántas vacas nuevas se lesionan por mes, proporcionando una idea mucho más clara de la efectividad de las medidas preventivas implementadas (Villarroel, 2021).

La cuantificación precisa exige diferenciar entre la incidencia acumulada (IA) y la incidencia verdadera o densidad de incidencia (Iv). La IA cuantifica la probabilidad o riesgo individual de enfermar en un tiempo dado, asumiendo una población cerrada y estable. En contraste, la Iv es una medida de frecuencia más robusta para poblaciones dinámicas, ya que utiliza en su denominador la suma de los periodos de tiempo-animal durante los cuales cada individuo estuvo realmente en riesgo de contraer la patología (Jaramillo Arango & Martínez Maya, 2010; Fajardo-Gutiérrez, 2017). Esta distinción es vital en sistemas de producción intensiva, donde el movimiento constante de animales —entradas y salidas— obliga al epidemiólogo a calcular el tiempo-en-riesgo exacto (como días-vaca o meses-cerdo) para no subestimar o sobreestimar la verdadera rapidez de una infección (Pardo Cobas, 2006).Un desafío crítico en la medición poblacional surge de las limitaciones de las herramientas de laboratorio, lo que obliga a distinguir entre la prevalencia aparente (PA) y la prevalencia real (PR). La PA es simplemente la proporción de animales que resultan positivos a una prueba diagnóstica; sin embargo, este valor está distorsionado por los errores intrínsecos de la prueba (falsos positivos y falsos negativos).

Para obtener la PR, se debe aplicar una corrección estadística que integre la sensibilidad (Se) y la especificidad (Es) de la técnica empleada mediante la fórmula: $PR=(PA+Es-1)/(Se+Es-1)$ (Véase grafico Nº 10).

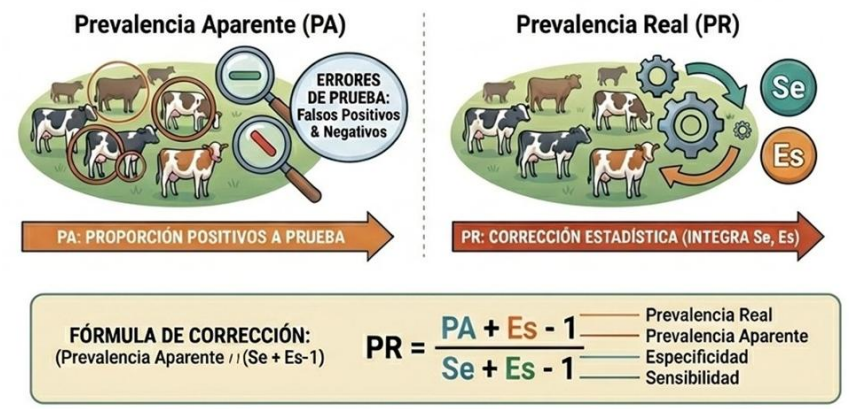


Figura 8.Ejemplo aplicado

Ejemplo aplicado: Si un veterinario utiliza un ELISA para brucelosis con una (Es) del 95% en un hato libre, la (PA) indicará un 5% de infectados (falsos positivos), pero al aplicar la corrección, la PR resultará ser cero, reflejando el verdadero estatus sanitario de la explotación (Rodríguez Buenfil, 2010; Pardo Cobas, 2006).

2.9.2 Medidas de Asociación e Impacto: Determinación del riesgo poblacional

Una vez cuantificada la frecuencia de la enfermedad, la epidemiología analítica busca establecer la fuerza de la relación entre factores de exposición y resultados sanitarios. Las medidas de asociación reflejan la magnitud estadística de esta dependencia, siendo el Riesgo Relativo (RR) la medida reina en estudios de cohorte o prospectivos. El RR se define como la razón entre la incidencia en los expuestos y la incidencia en los no expuestos ($RR=Ie/Ine$); un valor de 1 indica ausencia de

asociación, mientras que valores superiores a 1 señalan al factor como un riesgo (Martínez Maya, 2010; Noah, 2022). Por ejemplo, si se determina que los terneros alojados en establos húmedos tienen un RR de 3.5 para neumonía, significa que tienen 3.5 veces más riesgo que aquellos en ambientes secos (Noah, 2022).

En estudios retrospectivos o de casos y controles, donde no es posible calcular incidencias directas, se utiliza la Razón de Momios (RM), también conocida como Odds Ratio. La RM estima la fuerza de asociación comparando la probabilidad de exposición entre los casos (enfermos) frente a los controles (sanos). Aunque matemáticamente es un cociente de productos cruzados (ad/bc), en enfermedades raras su valor es una excelente aproximación al RR (Noah, 2022; Martínez Maya, 2010). Un ejemplo estratégico es la investigación de un brote de cáncer de vejiga en perros: mediante un estudio de casos y controles, se puede calcular la RM para determinar si la exposición a pesticidas en el hogar constituye un factor determinante, proporcionando una base científica para recomendaciones de manejo ambiental (Jaramillo Arango, 2010).

Para la planificación de salud pública, no basta con conocer la fuerza de una asociación; es necesario cuantificar el beneficio potencial de eliminar un riesgo. Aquí intervienen las medidas de impacto potencial, como el Riesgo Atribuible (RA) y las Fracciones Etiológicas (FE). El RA indica cuánta incidencia de la enfermedad en el grupo expuesto se debe exclusivamente al factor de riesgo estudiado ($RA=Ie-Ine$). De forma complementaria, la FE en expuestos representa la proporción de casos que se evitarían si se suprimiera el factor de exposición

($FE=(RR-1)/RR$). Si en una granja porcina la FE de la diarrea neonatal por falta de calostro es del 60%, el productor sabe que, al asegurar el consumo de calostro, se eliminaría el 60% de los casos de diarrea, optimizando así la rentabilidad y el bienestar del hato (Martínez Maya, 2010; Fajardo-Gutiérrez, 2017).

2.9.3 Evaluación de Pruebas Diagnósticas: Calidad y desempeño operativo

El diagnóstico epidemiológico descansa sobre la validez de las pruebas diagnósticas, cuya calidad se evalúa mediante dos componentes intrínsecos: la Sensibilidad (Se) y la Especificidad (Es). La Se es la probabilidad de que la prueba identifique correctamente a los individuos realmente enfermos (proporción de verdaderos positivos), mientras que la Es es la capacidad de detectar a los individuos sanos (proporción de verdaderos negativos). Estas propiedades son absolutas y no dependen de la prevalencia, pero su equilibrio se define por el punto de corte (Cut-off) seleccionado (Rodríguez Buenfil, 2010). Al desplazar el punto de corte para captar más enfermos (aumentar Se), inevitablemente se reduce la capacidad de descartar sanos (disminuye Es), generando un compromiso que el veterinario debe gestionar según el objetivo sanitario (Vizcaíno-Salazar, 2017; León & Duffy, 2006).



Figura 9.Sensibilidad y especificidad:

Sensibilidad y especificidad: la Se detecta enfermos y la Es confirma sanos. El punto de corte define el equilibrio entre falsos negativos y falsos positivos.

A nivel clínico, la utilidad de una prueba se mide a través de los Valores Predictivos, los cuales sí dependen críticamente de la prevalencia de la enfermedad en la población. El Valor Predictivo Positivo (VPP) es la probabilidad de que un animal con resultado positivo esté realmente enfermo, mientras que el Valor Predictivo Negativo (VPN) es la probabilidad de que uno con resultado negativo esté realmente sano. En situaciones de baja prevalencia, incluso una prueba con alta Es puede arrojar un VPP bajo, lo que significa que la mayoría de los positivos serán "falsos positivos". Por ello, antes de sacrificar un animal reactor a tuberculosis en una zona de baja incidencia, el veterinario debe interpretar el VPP para evitar sacrificios innecesarios (Rodríguez Buenfil, 2010; Vizcaíno-Salazar, 2017).

Finalmente, ante la imperfección de las pruebas individuales, la epidemiología veterinaria aplica estrategias de pruebas múltiples para optimizar el diagnóstico. Las pruebas en paralelo implican realizar dos o más técnicas simultáneamente, considerando al animal como

"positivo" si reacciona a cualquiera de ellas; esta estrategia aumenta drásticamente la Se y el VPN, siendo ideal para programas de erradicación o detección de zoonosis exóticas donde no se puede permitir ningún falso negativo. Por el contrario, las pruebas en serie consisten en aplicar una prueba tamiz seguida de una confirmatoria solo para los positivos iniciales; un animal es "positivo" únicamente si reacciona a todas las pruebas. Esta estrategia maximiza la Es y el VPP, siendo la norma en campañas de brucelosis bovina donde se busca confirmar con certeza el estado de infección antes de proceder al sacrificio sanitario (León & Duffy, 2006; Rodríguez Buenfil, 2010).

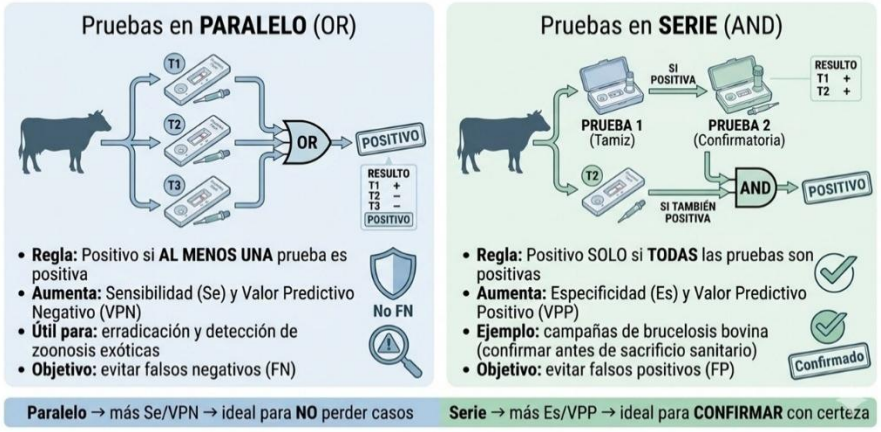


Figura 10.Estrategias de pruebas múltiples: paralelo vs serie.

En paralelo (OR) basta una positiva: aumenta Se/VPN para no perder casos; en serie (AND) deben ser todas positivas: aumenta Es/VPP para confirmar con certeza.

2.10 Conclusiones

El capítulo permite concluir que el proceso epizoótico constituye un evento sistémico cuya comprensión exige integrar biología del agente, susceptibilidad del hospedador, condiciones ambientales y prácticas de

manejo. En términos operativos, la epidemia no es solo “más casos”, sino una señal de que la tríada ecológica se ha desequilibrado en detrimento del hospedador, lo cual obliga al profesional a identificar qué vértice se alteró (introducción de cepas, incremento de densidad, estrés, fallas de higiene, cambios climáticos) y cuál es el punto de intervención más eficiente para restablecer el equilibrio (Pardo Cobas, 2006; Romero López & Martínez Maya, 2010; Noah, 2022). Esta lectura multicausal es especialmente relevante en sistemas intensivos, donde la densidad de susceptibles y la continuidad de la exposición pueden convertir infecciones respiratorias o digestivas en brotes explosivos (Villarroel, 2021; Salud Pública, 2022).

Un aporte crítico del texto es la capacidad de inferencia epidemiológica que se obtiene al interpretar la forma de la curva epidémica. La distinción entre epidemias de fuente común (puntual, continua o intermitente) y epidemias propagadas o mixtas no es un ejercicio teórico; es un criterio que define decisiones inmediatas: si la curva sugiere fuente puntual, la prioridad se desplaza hacia la identificación del vehículo (agua, alimento, fármacos) y la interrupción de la exposición; si sugiere propagación, el foco pasa a medidas de contención, aislamiento, control de contactos y, en ciertos escenarios, vacunación de anillo o despoblamiento, dependiendo del agente y del estatus sanitario (Jaramillo Arango, 2010; Villarroel, 2021; Santos Luján, s.f.). La identificación del caso índice y, cuando es posible, del caso primario, emerge como una pieza táctica para reconstruir la cadena de transmisión y ubicar el origen real del brote (Jaramillo Arango & Martínez Maya, 2010).

Otro hallazgo de alto valor aplicado es la formalización del canal endémico como herramienta de vigilancia predictiva. Al sostener la línea basal con mediana y cuartiles, el sistema sanitario puede diferenciar variaciones esperables de señales tempranas de desviación (zona de alarma) y confirmar con fundamento estadístico el paso a zona epidémica (Jaramillo Arango, 2010). La implicación profesional es directa: un servicio veterinario o un gestor sanitario deja de actuar solo por percepción o "sensación de aumento" y pasa a decidir por umbrales definidos, escalando respuestas según zona (vigilancia intensificada, investigación de campo, medidas correctivas). Este enfoque tiene especial relevancia en enfermedades de notificación obligatoria y en aquellas con impacto económico significativo, donde la oportunidad de la intervención define costos, pérdidas y restricciones comerciales (Jaramillo Arango, 2010; Noah, 2022).

En el plano de la salud pública, el capítulo articula que el control de epizootias no puede desligarse del manejo de zoonosis y de la gobernanza One Health. Al describir cifras y ejemplos de patologías zoonóticas (rabia, influenza aviar, brucelosis, tuberculosis bovina, salmonelosis/listeriosis, emergencias como COVID-19), el texto refuerza que la prevención más costo-efectiva ocurre con frecuencia en el reservorio animal y en la cadena agroalimentaria, donde la vigilancia y la bioseguridad reducen el riesgo de transmisión al humano (Rahman et al., 2020; OMSA, 2025; Chomel, 2009). Por ello, la coordinación entre organizaciones internacionales y nacionales, junto con sistemas de información robustos, se convierte en infraestructura crítica para transformar datos en inteligencia sanitaria y acción (OMSA, 2025; Astudillo et al., 1980; Vargas García, 2010).

Hacia el futuro, el capítulo sugiere desafíos concretos: fortalecer el flujo de información (oportunidad y veracidad), mejorar la capacidad de vigilancia activa y sindrómica, y profesionalizar la investigación de brotes con definiciones operativas precisas, análisis por tiempo–lugar–población y verificación de hipótesis mediante diseños comparativos (Jaramillo Arango & Martínez Maya, 2010; Villarroel, 2021). En perspectiva, el impacto de este conocimiento se medirá por su traducción en protocolos institucionales que acorten el tiempo desde la detección hasta el control, minimicen pérdidas productivas y reduzcan el riesgo zoonótico en un mundo interconectado, donde una epizootia local puede escalar rápidamente a problema regional si no se interviene con rigor y coordinación (OMSA, 2018; OMSA, 2025; Salyer et al., 2017).

2.11 Actividades de cierre

2.11.1 Resumen del capítulo:

El capítulo explica el proceso epizoótico como una ruptura del equilibrio agente–hospedador–ambiente que eleva la frecuencia de enfermedad por encima del nivel esperado. Presenta factores que determinan magnitud, duración y velocidad de propagación, y ofrece criterios técnicos para clasificar epidemias mediante curvas epidémicas (fuente común, propagada o mixta). Introduce el canal endémico como herramienta para vigilancia y detección temprana por zonas, y estructura la investigación de brotes desde la definición de caso y búsqueda activa hasta el análisis por tiempo–lugar–población y medidas de control, con enfoque integrado hacia salud pública.

2.11.2 Autoevaluación:

1. Ruptura del equilibrio: En un brote en hato o piara, ¿qué evidencias te permitirían demostrar que ocurrió una ruptura del equilibrio agente–hospedador–ambiente y cuál de los tres componentes considerarías prioritario intervenir primero según el escenario?
2. Lectura de la curva epidémica: Si observas un aumento de casos en 10–14 días, ¿cómo interpretarías la forma de la curva epidémica para diferenciar una fuente común (puntual/continua/intermitente) de una epidemia propagada o mixta, y qué decisiones inmediatas cambiarían con esa clasificación?
3. Nivel endémico vs. epidemia: ¿Cómo definirías el "esperado" (nivel endémico) en una unidad productiva o región cuando hay pocos datos históricos, y qué riesgos metodológicos y operativos implica declarar o no declarar una epidemia en ese contexto?
4. Canal endémico aplicado: ¿Qué información mínima necesitas para construir un canal endémico con mediana y cuartiles, cómo interpretarías el paso de zona de seguridad a alarma, y qué medidas escalonadas activarías en cada zona para evitar llegar a zona epidémica?
5. Investigación de brotes y verificación de hipótesis: Describe cómo estructurarías una investigación de brote desde la detección hasta el reporte final. ¿En qué momento formularías hipótesis, qué diseño usarías (cohorte o casos y controles) y qué sesgos podrían invalidar tus conclusiones si no controlas la definición de caso y la búsqueda activa?

2.11.3 Actividad de aplicación:

Investigación y control de un brote epizoótico con curva epidémica y canal endémico

Propósito: aplicar los ejes del capítulo para convertir un aumento de casos en decisiones rápidas y justificables: clasificar la epidemia, identificar fuente/transmisión, activar medidas de control y sostener vigilancia con canal endémico.

CAPÍTULO III

3 PRUEBAS DIAGNÓSTICAS Y VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA

3.1 Elemento de apertura

3.1.1 Objetivos de aprendizaje

1. Analizar la lógica del diagnóstico en medicina poblacional, diferenciando con precisión tamizaje (screening) y pruebas confirmatorias, y justificando su selección según objetivo sanitario, costos, consecuencias de error y situación epidemiológica.
2. Evaluar críticamente la calidad de una prueba diagnóstica en contexto real mediante sensibilidad, especificidad, valores predictivos y razones de verosimilitud, estimando el impacto de la prevalencia sobre la interpretación y el riesgo de decisiones erróneas.
3. Diseñar un algoritmo de pruebas múltiples (en serie y/o en paralelo) para un programa de control/erradicación, optimizando sensibilidad o especificidad según el tipo de enfermedad y las implicaciones productivas.
4. Crear un esquema operativo de vigilancia epidemiológica veterinaria (pasiva, activa, especializada y/o sindrómica) que integre laboratorio, registros de morbilidad/mortalidad, centinelas y estructuras de información, alineado al enfoque One Health y a la notificación zoosanitaria.

3.1.2 Pregunta guía:

¿Cómo combinar pruebas diagnósticas y vigilancia epidemiológica para tomar decisiones sanitarias oportunas, minimizando falsos positivos/negativos y sosteniendo control efectivo en poblaciones animales y su interfaz con la salud pública?

3.2 Introducción

El capítulo desarrolla una tesis central: en medicina veterinaria contemporánea, el diagnóstico no puede entenderse únicamente como un acto clínico individual, sino como un componente estratégico de inteligencia sanitaria para la gestión de poblaciones animales. Desde esta perspectiva, la epidemiología veterinaria se define como el estudio de la salud y la enfermedad en poblaciones, orientado a identificar determinantes y patrones de distribución en el tiempo y el espacio; por ello, el diagnóstico poblacional adquiere un sentido operacional que trasciende "nombrar" una enfermedad y se convierte en el punto de apoyo para decisiones de control, erradicación y evaluación de programas (Noah, 2022; Rodríguez Buenfil, 2010). El texto enfatiza que diagnosticar con rigor requiere comprender la interacción agente–hospedador–ambiente y, además, reconocer la incertidumbre inherente al proceso: las pruebas no son infalibles, y su interpretación depende tanto de sus propiedades intrínsecas como de la situación epidemiológica real (León & Duffy, 2006; Vizcaíno-Salazar, 2017).

La relevancia profesional del tema se explica por la magnitud de las consecuencias que se derivan de un diagnóstico erróneo. Un falso positivo puede desencadenar sacrificios o segregación innecesaria con

pérdidas económicas; un falso negativo, en cambio, puede mantener individuos infectados dentro del sistema productivo como fuentes persistentes de transmisión, comprometiendo la bioseguridad y debilitando programas de control (Rodríguez Buenfil, 2010). En consecuencia, el capítulo propone que el veterinario adopte una cultura diagnóstica basada en validez (exactitud) y fiabilidad (precisión), entendiendo cómo la sensibilidad y la especificidad caracterizan la capacidad de una prueba para clasificar correctamente, y cómo la repetibilidad/reproducibilidad condicionan la consistencia de los resultados en el tiempo y entre laboratorios (Rodríguez Buenfil, 2010; Vizcaíno-Salazar, 2017). Esta mirada es particularmente exigente en contextos de vigilancia y erradicación, donde prevalencias bajas transforman la interpretación: un resultado positivo puede tener baja probabilidad de ser verdadero si la enfermedad es rara, incluso con pruebas "buenas", lo que obliga a pensar en estrategias confirmatorias y corrección de prevalencia aparente (León & Duffy, 2006; Rodríguez Buenfil, 2010).

El capítulo estructura sus objetivos en tres ejes técnicos. Primero, delimita la diferencia funcional entre tamizaje y diagnóstico confirmatorio: el tamizaje se aplica a poblaciones aparentemente sanas y prioriza sensibilidad y factibilidad; la confirmación se aplica a sospechosos o reactores y prioriza especificidad, para evitar decisiones drásticas sobre falsos positivos (Mardones, s.f.; Rodríguez Buenfil, 2010). Segundo, desarrolla el análisis de desempeño diagnóstico mediante tabla 2×2, valores predictivos, razones de verosimilitud y herramientas avanzadas como curvas ROC y enfoques bayesianos cuando no existe una prueba de oro perfecta (León & Duffy, 2006;

Vizcaíno-Salazar, 2017; Rodríguez Buenfil, 2010). Tercero, vincula el diagnóstico con la vigilancia epidemiológica como sistema de recolección, análisis y difusión de información para acción sanitaria, diferenciando vigilancia pasiva, activa, especializada y sindrómica, y situando el laboratorio y los registros (morbilidad/mortalidad, mataderos, centinelas, suerotecas) como pilares para detectar cambios y anticipar riesgos (Vargas García, 2010; Noah, 2022; StudySmarter, 2024).

Metodológicamente, el enfoque del autor es conceptual–operativo: define con precisión los constructos, los traduce en métricas y herramientas de decisión, y finalmente los articula con estructuras nacionales e internacionales de información zoosanitaria, incluyendo la lógica de notificación y comercio seguro bajo estándares OMSA (Vargas García, 2010; OMSA, 2018; OMSA, 2025). De este modo, el capítulo propone un tránsito desde la lectura clínica del caso hacia la gobernanza sanitaria de poblaciones, donde pruebas diagnósticas y vigilancia constituyen un binomio inseparable para sostener la prevención, el control y la inocuidad alimentaria.

3.3 Introducción a las pruebas diagnósticas (Screening/Tamizaje)

3.3.1 Fundamentos del diagnóstico en medicina poblacional

La epidemiología veterinaria se define como el estudio de la salud y la enfermedad en las poblaciones animales, centrándose no solo en el individuo enfermo, sino en los factores que determinan la aparición y distribución de los eventos sanitarios en el tiempo y el espacio (Noah, 2022). En este contexto, la determinación de un diagnóstico preciso

constituye la acción de mayor relevancia dentro de las ciencias biomédicas, ya que implica el conocimiento profundo de los aspectos relativos a la interacción entre el agente, el hospedador y el ambiente (León & Duffy, 2006). Para el médico veterinario, el diagnóstico poblacional trasciende la simple identificación de una patología en un animal individual, convirtiéndose en una herramienta estratégica de inteligencia sanitaria que permite evaluar el estatus de un hato, parvada o unidad de producción frente a amenazas biológicas (Rodríguez Buenfil, 2010).

Una prueba diagnóstica se conceptualiza técnicamente como cualquier proceso o aparato destinado a detectar o cuantificar signos, síntomas, sustancias, cambios tisulares o respuestas fisiológicas del organismo (Mardones, s.f.). En medicina veterinaria, estas herramientas son fundamentales para confirmar diagnósticos presuntivos, realizar el seguimiento de programas de control y erradicación, estimar la prevalencia de enfermedades crónicas y evaluar la respuesta inmunológica tras la vacunación (Rodríguez Buenfil, 2010). El uso integrado de estas pruebas, junto con la experiencia clínica y el pensamiento lógico, maximiza la probabilidad de éxito en la gestión sanitaria, permitiendo al profesional actuar de forma proactiva en lugar de limitarse a una respuesta reactiva ante la mortalidad (Rodríguez Buenfil, 2010; Villarroel, 2021).

La importancia de un diagnóstico correcto radica en que este constituye la base científica indispensable para sustentar la toma de decisiones médicas y productivas (Rodríguez Buenfil, 2010). Una decisión basada en resultados erróneos puede acarrear consecuencias económicas

devastadoras, como el sacrificio innecesario de animales sanos (falsos positivos) o, de manera más crítica, la permanencia de animales infectados en la población (falsos negativos), quienes actuarán como diseminadores persistentes del agente patógeno (Rodríguez Buenfil, 2010). Por lo tanto, el clínico debe comprender que las pruebas no son infalibles y que su utilidad depende de una interpretación racional fundamentada en las propiedades intrínsecas de la prueba y en la situación epidemiológica real de la población bajo estudio (Noah, 2022; Vizcaíno-Salazar, 2017).

3.4 Diferenciación técnica: Tamizaje (Screening) vs. Pruebas de Diagnóstico

En la práctica veterinaria sistemática, es imperativo distinguir entre las estrategias de tamizaje y las pruebas de diagnóstico, ya que sus criterios de aplicación y objetivos son sustancialmente diferentes. El tamizaje o screening es un procedimiento que se aplica a poblaciones de animales aparentemente sanos con el fin de identificar de manera presuntiva enfermedades o infecciones que aún no han sido reconocidas clínicamente (Mardones, s.f.; Rodríguez Buenfil, 2010). Su propósito fundamental es separar a los individuos con alta probabilidad de padecer una afección de aquellos que probablemente no la presentan, funcionando como un primer filtro sanitario masivo (Rodríguez Buenfil, 2010). Un ejemplo cotidiano es el uso de la prueba de anillo en leche (PAL) para detectar hatos sospechosos de brucelosis a partir de tanques colectivos (Salgado et al., 1995; Rodríguez Buenfil, 2010).

Por el contrario, las pruebas de diagnóstico se aplican específicamente a individuos que ya muestran signos clínicos consistentes con la enfermedad en cuestión o que han resultado reactores positivos en una fase de tamizaje previa (Mardones, s.f.). Mientras que el tamizaje busca la identificación presuntiva para una intervención rápida, la prueba diagnóstica busca la confirmación definitiva del estatus sanitario (Rodríguez Buenfil, 2010). Esta diferenciación es crítica en programas de erradicación; por ejemplo, en la campaña contra la brucelosis bovina en México, se utiliza la prueba de tarjeta como tamiz inicial y, únicamente en los animales positivos, se aplican pruebas confirmatorias como Rivanol o fijación de complemento (Rodríguez Buenfil, 2010).

La relación costo-beneficio y la escala de evaluación también definen estas herramientas. Las pruebas de tamizaje deben ser de bajo costo, rápidas y fáciles de ejecutar, ya que se aplican a grandes volúmenes de animales (Mardones, s.f.; Rodríguez Buenfil, 2010). En estas pruebas se prioriza una alta sensibilidad, buscando no dejar escapar a ningún animal infectado (minimizar falsos negativos) (Noah, 2022; Rodríguez Buenfil, 2010). En cambio, para las pruebas diagnósticas de confirmación, el costo es un factor menos limitante frente a la necesidad de una alta especificidad, con el fin de garantizar que solo los animales verdaderamente enfermos sean sometidos a medidas drásticas como el sacrificio sanitario (Mardones, s.f.; Rodríguez Buenfil, 2010). Esta jerarquía diagnóstica asegura un uso eficiente de los recursos económicos y protege la viabilidad productiva de la explotación (Rodríguez Buenfil, 2010).

3.4.1 Clasificación de los resultados de las pruebas

La interpretación de los resultados de una prueba depende directamente de la escala de medición empleada, la cual puede generar datos de naturaleza cualitativa o cuantitativa. Los resultados expresados como variables dicotómicas son los más comunes en la clínica de campo, clasificando al animal simplemente en dos categorías mutuamente excluyentes: positivo o negativo (León & Duffy, 2006). Ejemplos de este tipo de resultados incluyen la presencia de signos clínicos (sí/no), el dictamen de una prueba de gestación o el resultado de un aislamiento viral (Rodríguez Buenfil, 2010). Aunque esta clasificación simplifica la toma de decisiones, oculta la variación biológica subyacente que ocurre durante el proceso patológico (Villarroel, 2021).

Existen también resultados expresados como variables ordinales, los cuales introducen un grado de jerarquía o intensidad en la medición sin que exista una distancia numérica constante entre las categorías. Un ejemplo veterinario clásico son los títulos serológicos (1:4, 1:8, 1:16, etc.), donde se indica la mayor dilución del suero en la que aún es detectable una reacción antígeno-anticuerpo (Rodríguez Buenfil, 2010). Otro ejemplo sería el sistema de puntuación subjetiva para evaluar lesiones, como las úlceras gástricas en caballos, clasificándolas de 0 a 4 según su gravedad (Villarroel, 2021). Aunque útiles, estas escalas pueden estar sujetas a la subjetividad del observador, lo que resalta la importancia de utilizar criterios estandarizados para mejorar la precisión (Villarroel, 2021).

Finalmente, las pruebas pueden arrojar resultados en variables continuas, que proporcionan un valor numérico preciso dentro de una escala infinita de posibilidades. En epidemiología veterinaria, esto se observa en el conteo de células somáticas en leche para detectar mastitis subclínica o en la medición de niveles enzimáticos en suero (Rodríguez Buenfil, 2010). Para que estos valores continuos sean útiles en la toma de decisiones dicotómicas (enfermo/sano), es necesario establecer un punto de corte (cut-off) (León & Duffy, 2006). La selección de este umbral es un ejercicio de equilibrio técnico: mover el punto de corte para captar más enfermos (aumentar sensibilidad) inevitablemente aumentará el número de falsos positivos (disminuir especificidad), por lo que la elección depende siempre del objetivo sanitario buscado (Rodríguez Buenfil, 2010; Vizcaíno-Salazar, 2017).

3.4.2 El concepto de "Prueba de Oro" (Gold Standard)

En el análisis de la exactitud de las pruebas diagnósticas, es indispensable contar con un estándar de comparación. La "Prueba de Oro" o Gold Standard se define como el método, o combinación de métodos, que permite determinar de manera absoluta y sin error el estado verdadero de salud o enfermedad de un individuo (Rodríguez Buenfil, 2010). Se asume teóricamente que este estándar tiene una sensibilidad y especificidad del 100%, funcionando como la referencia definitiva para validar cualquier técnica de diagnóstico más rápida o económica (Pardo Cobas, 2006; Rodríguez Buenfil, 2010). Sin embargo, en la realidad biológica, las pruebas perfectas son raras, por lo que el Gold Standard suele ser el método más confiable disponible en un momento dado (León & Duffy, 2006).

Dentro de la práctica veterinaria, existen ejemplos consolidados de estándares de referencia según la patología. El aislamiento bacteriano a partir de productos de aborto se considera la prueba de oro para la brucelosis, mientras que el cultivo fecal cumple esa función para la paratuberculosis (Rodríguez Buenfil, 2010). En enfermedades virales complejas, como la pseudorrabia porcina, la técnica de PCR realizada en tejidos específicos como las tonsilas o el nervio trigémino actúa como referencia definitiva (Rodríguez Buenfil, 2010). Por otro lado, para patologías como la Encefalopatía Espongiforme Bovina, el estándar exige la combinación de histopatología e inmunohistoquímica de tejido cerebral (Rodríguez Buenfil, 2010).

No obstante, la aplicación del Gold Standard enfrenta limitaciones prácticas significativas. Muchos de estos métodos, como la necropsia y la histopatología, requieren el sacrificio del animal, lo que los hace inviables para el monitoreo de animales de alto valor genético o mascotas (Rodríguez Buenfil, 2010). Además, suelen ser procesos laboriosos, sumamente costosos y que requieren tiempos de procesamiento prolongados en laboratorios especializados (Rodríguez Buenfil, 2010; Villarroel, 2021). Debido a estas dificultades, la epidemiología moderna ha desarrollado modelos estadísticos avanzados, como la estadística Bayesiana, que permiten evaluar la fiabilidad de nuevas pruebas incluso en ausencia de una prueba de oro perfecta (León & Duffy, 2006; Rodríguez Buenfil, 2010).

3.4.3 Calidad de una prueba diagnóstica

La utilidad clínica de una prueba diagnóstica depende de dos atributos fundamentales que definen su calidad: la exactitud y la precisión. La exactitud o validez describe qué tan cercano es el resultado de la prueba al estado verdadero del individuo; es decir, su capacidad para clasificar correctamente a los sujetos como sanos o enfermos (Rodríguez Buenfil, 2010; Vizcaíno-Salazar, 2017). Una prueba perfectamente exacta no generaría resultados falsos positivos ni falsos negativos (Rodríguez Buenfil, 2010). La exactitud se cuantifica epidemiológicamente a través de la sensibilidad (capacidad de detectar enfermos) y la especificidad (capacidad de detectar sanos), propiedades que definen el desempeño operativo de la herramienta (Noah, 2022; Vizcaíno-Salazar, 2017).

Por otra parte, la precisión (también referida como fiabilidad o reproducibilidad) es la habilidad de una prueba para proporcionar el mismo resultado cuando se repite bajo las mismas condiciones (Rodríguez Buenfil, 2010). Es fundamental comprender que una prueba puede ser precisa (da siempre el mismo resultado) pero inexacta (el resultado está sistemáticamente equivocado), lo que conduciría a errores diagnósticos constantes (Mardones, s.f.). La precisión se evalúa en dos niveles: la repetibilidad, que mide la variación de resultados dentro de un mismo laboratorio por un mismo operador, y la reproducibilidad, que analiza la variación entre diferentes laboratorios y tiempos (Rodríguez Buenfil, 2010). En escalas cualitativas, el nivel de acuerdo entre pruebas o observadores se mide mediante el estadístico Kappa, que descuenta el azar de la concordancia observada (Rodríguez Buenfil, 2010; Vizcaíno-Salazar, 2017).

Finalmente, existen múltiples factores de variación que afectan la fiabilidad de las pruebas diagnósticas. Los factores biológicos son intrínsecos al hospedador y al agente, incluyendo la etapa de la infección, la dosis infectante, la edad del animal y la presencia de infecciones concomitantes que puedan causar inmunosupresión o reacciones cruzadas (Rodríguez Buenfil, 2010). Los factores técnicos y humanos abarcan desde deficiencias en el transporte y almacenamiento de las muestras hasta errores en la calibración de los equipos o en la interpretación subjetiva por parte del operador (Rodríguez Buenfil, 2010; Mardones, s.f.). El médico veterinario debe ser consciente de estas variables para realizar una interpretación crítica de los resultados, reconociendo que el diagnóstico poblacional es un proceso dinámico sujeto a la incertidumbre inherente a los sistemas biológicos (Vizcaíno-Salazar, 2017; Villarroel, 2021).

3.5 Estudios de frecuencia y sensibilidad de las pruebas diagnósticas

3.5.1 Propiedades operativas: Sensibilidad (Se) y Especificidad (Es)

La evaluación del desempeño operativo de una prueba diagnóstica constituye una fase crítica en la epidemiología veterinaria, pues permite cuantificar la capacidad de una herramienta para discriminar entre animales sanos y enfermos (Rodríguez Buenfil, 2010). Esta exactitud o validez se fundamenta en dos propiedades intrínsecas: la sensibilidad (Se) y la especificidad (Es) (Noah, 2022). La sensibilidad diagnóstica se define como la probabilidad de que un animal que posee la enfermedad

o infección resulte positivo a la prueba; es decir, mide la habilidad de la técnica para detectar a los verdaderos enfermos (León & Duffy, 2006; Rodríguez Buenfil, 2010). Por otro lado, la especificidad diagnóstica representa la probabilidad de que un individuo libre del evento de interés resulte negativo; en otras palabras, es la capacidad de la prueba para identificar correctamente a los sujetos sanos (León & Duffy, 2006; Vizcaíno-Salazar, 2017).

Es imperativo que el médico veterinario distinga entre los conceptos epidemiológicos y los parámetros de laboratorio. La sensibilidad analítica se refiere a la capacidad de un método para detectar concentraciones mínimas de un componente químico o biológico, como un antígeno o anticuerpo (Rodríguez Buenfil, 2010; Mardones, s.f.). En contraste, la sensibilidad diagnóstica (epidemiológica) no mide miligramos o títulos, sino la proporción de animales enfermos identificados en una población real (Rodríguez Buenfil, 2010; León & Duffy, 2006). Del mismo modo, la especificidad analítica mide la capacidad de un reactivo para no presentar reacciones cruzadas con otras sustancias, mientras que la especificidad diagnóstica cuantifica la proporción de animales sanos que son clasificados como negativos en el campo (Rodríguez Buenfil, 2010; Vizcaíno-Salazar, 2017).

Para el cálculo de estas propiedades, se utiliza la tabla de contingencia 2×2, donde los resultados de la prueba evaluada se contrastan con un estándar de referencia o "Prueba de Oro" (Noah, 2022). En esta matriz, la casilla "a" representa los verdaderos positivos (VP); la "b", los falsos positivos (FP); la "c", los falsos negativos (FN); y la "d", los verdaderos negativos (VN) (Vizcaíno-Salazar, 2017; León & Duffy, 2006). De este

modo, la fórmula para la sensibilidad es $Se=a/(a+c)$, mientras que para la especificidad es $Es=d/(b+d)$ (Rodríguez Buenfil, 2010; Noah, 2022). Un ejemplo veterinario práctico es la evaluación de una prueba de flujo lateral para parvovirus canino: si de 100 perros confirmados por PCR (Prueba de Oro), la prueba rápida detecta solo a 80, su sensibilidad es del 80%; si de 100 perros sanos, la prueba marca a 5 como positivos, su especificidad es del 95% (Villarroel, 2021; Rodríguez Buenfil, 2010).

3.5.2 Capacidad discriminatoria y el Punto de Corte (Cut-off value)

La capacidad discriminatoria de una prueba diagnóstica es su habilidad para clasificar correctamente a los individuos de acuerdo con su estatus sanitario real (León & Duffy, 2006). En la naturaleza, los valores obtenidos en las pruebas (como títulos de anticuerpos o niveles enzimáticos) suelen seguir una distribución normal, pero las curvas de los animales infectados y no infectados frecuentemente se sobreponen (Rodríguez Buenfil, 2010). Debido a esta superposición, no existe un límite natural perfecto entre la salud y la enfermedad, lo que obliga a establecer un punto de corte (cut-off) arbitrario para dicotomizar los resultados en "positivo" o "negativo" (Rodríguez Buenfil, 2010; León & Duffy, 2006).

La relación entre la sensibilidad y la especificidad es inversamente proporcional: cualquier intento de aumentar una propiedad resultará inevitablemente en la disminución de la otra (Rodríguez Buenfil, 2010; Vizcaíno-Salazar, 2017). Si se desplaza el punto de corte para maximizar la sensibilidad (mover el umbral hacia la izquierda en la distribución de títulos), se detectará a más enfermos, pero también se incluirán más

animales sanos como falsos positivos (Pardo Cobas, 2006; León & Duffy, 2006). Por el contrario, si se busca maximizar la especificidad (mover el umbral hacia la derecha), se asegurará que los positivos sean verdaderamente enfermos, pero a costa de dejar escapar a individuos infectados con niveles bajos de reacción, aumentando los falsos negativos (Rodríguez Buenfil, 2010; Vizcaíno-Salazar, 2017).

La selección del punto de corte óptimo debe fundamentarse en el propósito sanitario y las consecuencias de un error diagnóstico. Para el diagnóstico de enfermedades zoonóticas o patologías de notificación obligatoria, es preferible un punto de corte que otorgue una alta sensibilidad, con el fin de no dejar ningún foco de infección activo en la población (León & Duffy, 2006). En cambio, si el resultado positivo conlleva medidas drásticas y costosas, como el sacrificio de animales de alto valor genético o el pago de indemnizaciones, se debe priorizar una alta especificidad para evitar errores innecesarios y proteger la economía del productor (León & Duffy, 2006; Rodríguez Buenfil, 2010).

3.5.3 Influencia de la Prevalencia en la interpretación

Un concepto fundamental que el epidemiólogo debe dominar es la distinción entre la prevalencia aparente (PA) y la prevalencia real (PR). La prevalencia aparente es simplemente la proporción de animales que resultan positivos a la prueba en una población estudiada, sin considerar los errores de clasificación (Rodríguez Buenfil, 2010; León & Duffy, 2006). Debido a que ninguna prueba es perfecta, la PA suele estar distorsionada por la presencia de falsos positivos y falsos negativos (Rodríguez Buenfil, 2010). Para obtener la prevalencia real, se debe

aplicar la fórmula de corrección de Rogan-Gladen: $PR=(PA+Es-1)/(Se+Es-1)$ (Rodríguez Buenfil, 2010; León & Duffy, 2006).

La prevalencia de la enfermedad en el grupo estudiado afecta drásticamente la fiabilidad de los resultados de la prueba. Cuando la prevalencia es muy baja, la probabilidad de obtener resultados **falsos positivos** aumenta de forma relativa, lo que provoca que la prevalencia aparente sobreestime significativamente a la verdadera (León & Duffy, 2006; Rodríguez Buenfil, 2010). Por ejemplo, en un hato libre de tuberculosis bovina donde se aplica una prueba con un 95% de especificidad, se esperaría encontrar un 5% de prevalencia aparente (todos falsos positivos), mientras que la prevalencia real es de cero (Rodríguez Buenfil, 2010; Pardo Cobas, 2006). Este fenómeno resalta la necesidad de ajustar estadísticamente los datos de las encuestas serológicas antes de formular conclusiones sobre el estatus sanitario de una región (Rodríguez Buenfil, 2010).

Es vital comprender que la sensibilidad y especificidad diagnóstica describen el comportamiento de la prueba en condiciones ideales de laboratorio o poblaciones controladas, pero su interpretación cambia al aplicarse a poblaciones con prevalencias extremas (Noah, 2022; León & Duffy, 2006). En una situación donde la enfermedad es muy común, los falsos negativos son el mayor riesgo, mientras que en zonas de erradicación, el principal desafío es la gestión de los falsos positivos (León & Duffy, 2006; Rodríguez Buenfil, 2010). Por lo tanto, el clínico nunca debe interpretar un resultado positivo o negativo de forma aislada

sin considerar la situación epidemiológica del hato o la zona geográfica (Villarroel, 2021).

3.5.4 Valores Predictivos (VPP y VPN)

Mientras que la sensibilidad y especificidad son propiedades intrínsecas de la prueba, los valores predictivos evalúan la utilidad de la herramienta a nivel clínico individual, respondiendo a la pregunta de cuánta confianza se puede tener en un resultado (Villarroel, 2021; Vizcaíno-Salazar, 2017). El valor predictivo positivo (VPP) es la probabilidad de que un animal con un resultado positivo esté realmente enfermo, calculado como $VPP=a/(a+b)$ (Rodríguez Buenfil, 2010; León & Duffy, 2006). Por su parte, el valor predictivo negativo (VPN) es la probabilidad de que un animal con un resultado negativo esté realmente sano, calculado como $VPN=d/(c+d)$ (Rodríguez Buenfil, 2010; León & Duffy, 2006).

La característica más crítica de los valores predictivos es su dependencia absoluta de la prevalencia de la enfermedad en la población (Vizcaíno-Salazar, 2017; Villarroel, 2021). Si la prevalencia aumenta, el VPP crece y el VPN decrece; si la prevalencia disminuye, el VPN crece pero el VPP cae drásticamente (Mardones, s.f.; Rodríguez Buenfil, 2010). Por ejemplo, si se aplica una prueba de brucelosis con 95% de sensibilidad y 95% de especificidad en una zona con solo 1% de prevalencia, el VPP será de apenas un 16%, lo que significa que más del 80% de los animales positivos serán en realidad sanos (falsos positivos) (Mardones, s.f.; Rodríguez Buenfil, 2010). Esta realidad estadística es la que justifica

que no se realicen pruebas masivas en zonas libres sin una justificación de riesgo previa (Villarroel, 2021).

Para mejorar el VPP en la práctica clínica, el veterinario debe aplicar la prueba solo en animales con signos clínicos compatibles o en grupos de alto riesgo, lo cual aumenta artificialmente la prevalencia "pre-prueba" en ese subgrupo y, por ende, mejora la confiabilidad del resultado positivo (Mardones, s.f.; Rodríguez Buenfil, 2010). Del mismo modo, el conocimiento del VPN es esencial en programas de bioseguridad: un VPN alto asegura al productor que los animales que ingresan a la granja con resultado negativo son, con un alto grado de certeza, verdaderamente sanos (Rodríguez Buenfil, 2010; Villarroel, 2021).

3.5.5 Métodos avanzados de evaluación diagnóstica

Más allá de los parámetros básicos, existen herramientas que permiten un análisis más profundo de la exactitud diagnóstica. La razón de probabilidades (Likelihood Ratio - LR) es un índice que expresa cuántas veces es más probable que un hallazgo ocurra en un animal enfermo en comparación con uno sano (Rodríguez Buenfil, 2010; Vizcaíno-Salazar, 2017). El LR+ (*Sensibilidad*/[1−*Especificidad*]) indica la fuerza de un resultado positivo para confirmar la enfermedad, mientras que el LR- ([1−*Sensibilidad*]/*Especificidad*) mide la capacidad de un resultado negativo para descartarla (Vizcaíno-Salazar, 2017; Rodríguez Buenfil, 2010). Una gran ventaja de las razones de probabilidades es que, al derivarse directamente de Se y Es, no se ven afectadas por la prevalencia de la población, lo que permite comparar pruebas de forma más robusta (Rodríguez Buenfil, 2010).

El análisis mediante Curvas ROC (Receiver Operating Characteristic) es la técnica estándar para determinar la exactitud de pruebas que arrojan resultados en escalas continuas (Vizcaíno-Salazar, 2017). En este gráfico, se representa la sensibilidad frente a los falsos positivos (1−*especificidad*) para todos los puntos de corte posibles (Vizcaíno-Salazar, 2017). El área bajo la curva (AUC) resume el rendimiento global de la prueba; un AUC de 1.0 representaría una prueba perfecta, mientras que un AUC de 0.5 indicaría una prueba sin capacidad discriminativa (Vizcaíno-Salazar, 2017). Además, la curva permite identificar el punto de corte con el mayor índice de Youden (donde la suma de Se y Es es máxima), optimizando el balance entre aciertos y errores (Vizcaíno-Salazar, 2017).

Finalmente, cuando no se dispone de una "Prueba de Oro" perfecta, la epidemiología moderna recurre a la estadística Bayesiana (Rodríguez Buenfil, 2010; León & Duffy, 2006). Estos modelos avanzados permiten estimar la sensibilidad y especificidad de nuevas técnicas comparando dos o más pruebas imperfectas aplicadas simultáneamente a poblaciones con prevalencias contrastantes (León & Duffy, 2006; Rodríguez Buenfil, 2010). Este enfoque es fundamental en el desarrollo de diagnósticos para patologías complejas donde el aislamiento del agente es inviable o excesivamente costoso (Rodríguez Buenfil, 2010).

3.5.6 Evaluación de la concordancia entre pruebas: El estadístico Kappa

En muchas situaciones clínicas, el veterinario necesita saber si dos pruebas diferentes, o dos observadores distintos, arrojan resultados

consistentes entre sí. El estadístico Kappa es el método estadístico diseñado para medir este acuerdo más allá de lo que se esperaría simplemente por el azar (Rodríguez Buenfil, 2010; Vizcaíno-Salazar, 2017). A diferencia de la concordancia observada simple, el Kappa descuenta la probabilidad de coincidencia fortuita, proporcionando un valor que oscila entre 0 y 1 (Rodríguez Buenfil, 2010; Pardo Cobas, 2006).

La interpretación del valor Kappa sigue escalas estandarizadas: valores menores a 0.20 indican un acuerdo leve; entre 0.41 y 0.60 un acuerdo moderado; entre 0.61 y 0.80 un nivel de acuerdo sustancial; y valores superiores a 0.81 representan un acuerdo casi perfecto (Rodríguez Buenfil, 2010; Vizcaíno-Salazar, 2017). Un ejemplo veterinario es la comparación de dos técnicas serológicas para leucosis bovina: si el Kappa es de 0.85, se concluye que ambas pruebas son prácticamente intercambiables en la práctica de campo (Pardo Cobas, 2006; Rodríguez Buenfil, 2010). Sin embargo, es vital recordar que un alto acuerdo no garantiza que las pruebas sean exactas, sino simplemente que dan el mismo resultado (Rodríguez Buenfil, 2010).

El uso de Kappa es esencial en la validación de nuevas técnicas diagnósticas "no oficiales" frente a las técnicas de referencia nacionales. Si un laboratorio desarrolla un nuevo ELISA, debe demostrar una excelente concordancia (Kappa >0.8) con las pruebas estandarizadas por las autoridades sanitarias para asegurar la coherencia de los programas de vigilancia (Rodríguez Buenfil, 2010; Vizcaíno-Salazar, 2017). Además, esta herramienta permite evaluar la precisión de los clínicos en

el diagnóstico de signos subjetivos, como la evaluación de la condición corporal o la claudicación en caballos (Villarroel, 2021).

3.5.7 Estrategias de pruebas múltiples: En serie y en paralelo

Dada la imperfección inherente de las pruebas diagnósticas, la epidemiología veterinaria utiliza la combinación de herramientas para optimizar la toma de decisiones. Las pruebas en paralelo consisten en realizar dos o más pruebas simultáneamente a cada animal, considerándolo "positivo" si reacciona a cualquiera de ellas (Rodríguez Buenfil, 2010; León & Duffy, 2006). Esta estrategia maximiza la sensibilidad diagnóstica y el valor predictivo negativo, siendo ideal para situaciones donde no se puede permitir la permanencia de ningún animal infectado, como en cuarentenas de importación o etapas iniciales de erradicación (Rodríguez Buenfil, 2010; Villarroel, 2021). No obstante, el costo es una disminución drástica de la especificidad y un incremento en el número de falsos positivos (Rodríguez Buenfil, 2010).

Por el contrario, las pruebas en serie implican la aplicación secuencial de herramientas: se aplica una primera prueba (usualmente de tamizaje) y solo los animales que resultan positivos son sometidos a una segunda prueba (usualmente confirmatoria) (Rodríguez Buenfil, 2010; León & Duffy, 2006). Un animal se clasifica finalmente como positivo solo si reacciona favorablemente a todas las pruebas de la cadena (Rodríguez Buenfil, 2010). Esta estrategia maximiza la especificidad diagnóstica y el valor predictivo positivo, garantizando que los animales sacrificados o apartados sean verdaderamente enfermos (Rodríguez Buenfil, 2010; León & Duffy, 2006).

Un ejemplo clásico de pruebas en serie es la campaña nacional contra la brucelosis bovina en muchos países: se utiliza la prueba de tarjeta (rápida y sensible) como tamiz masivo y, únicamente a los reactores, se les aplica Rivanol o fijación de complemento (lentas y muy específicas) para confirmar la infección (Rodríguez Buenfil, 2010; León & Duffy, 2006). Esta jerarquía diagnóstica permite ahorrar recursos, aplicando las técnicas más costosas solo en una fracción pequeña de la población, al tiempo que protege la productividad al minimizar los sacrificios de falsos positivos (Rodríguez Buenfil, 2010; Villarroel, 2021). En conclusión, la elección entre estrategias en serie o paralelo dependerá siempre del objetivo final: detectar todo lo posible o confirmar con absoluta certeza (Pardo Cobas, 2006; Rodríguez Buenfil, 2010).

3.6 Vigilancia epidemiológica

3.6.1 Definición y propósito de la vigilancia

La vigilancia epidemiológica se conceptualiza como el estudio sistemático de la enfermedad entendida como un proceso dinámico y ecológico, donde interactúan de forma constante el agente infeccioso, el hospedador susceptible, los reservorios, los vectores y los factores ambientales (Vargas García, 2010). A diferencia de la investigación clínica tradicional, la vigilancia no se limita al diagnóstico individual, sino que constituye un valioso instrumento de inteligencia sanitaria para la planeación, ejecución y evaluación de programas de salud pública y sanidad animal (Salud Pública, 2022; Vargas García, 2010). Bajo el paradigma de "Una sola salud" (One Health), este proceso busca integrar la información de la interfaz animal-humano-ambiente para detectar

cambios en el estado sanitario de las poblaciones y aplicar medidas de intervención oportunas (OMSA, 2025; Noah, 2022).

Los propósitos de la vigilancia se clasifican técnicamente en objetivos inmediatos y mediatos. Los objetivos inmediatos se centran en la obtención de información veraz y oportuna para determinar la magnitud, distribución espacial y trascendencia de las patologías, permitiendo jerarquizar los problemas sanitarios y formular pronósticos sobre su comportamiento futuro (Vargas García, 2010). Por su parte, los objetivos mediatos se orientan hacia el control efectivo, la eliminación o la erradicación de las enfermedades mediante la aplicación de estrategias racionales basadas en evidencias científicas (Vargas García, 2010). En veterinaria, esto implica no solo proteger la salud animal, sino garantizar la productividad ganadera y la seguridad alimentaria humana al mitigar los riesgos zoonóticos en la fuente (StudySmarter, 2024; OMSA, 2025).

3.6.2 Tipos de Vigilancia Epidemiológica

La metodología de recolección de datos define el tipo de vigilancia a implementar, siendo la vigilancia pasiva la forma más común y económica. Este sistema se fundamenta en los reportes voluntarios y periódicos enviados por médicos veterinarios, productores o laboratorios de diagnóstico a las autoridades sanitarias centrales (Noah, 2022; Vargas García, 2010). Si bien la vigilancia pasiva es ideal para el análisis de tendencias históricas a largo plazo, presenta la limitación de la subnotificación, especialmente en enfermedades de baja mortalidad (Noah, 2022). Un ejemplo veterinario es el reporte semanal de casos de mastitis clínica detectados rutinariamente en hatos lecheros, lo cual

permite monitorear la prevalencia habitual de la enfermedad sin incurrir en altos costos operativos (Jaramillo Arango & Martínez Maya, 2010; Noah, 2022).

En contraste, la vigilancia activa ocurre cuando el epidemiólogo o la agencia de salud "extraen" los datos de manera intencionada a través de encuestas de campo, tamizajes masivos o muestreos sistemáticos en poblaciones de riesgo (Noah, 2022; Vargas García, 2010). Aunque es un método más costoso y laborioso, ofrece una precisión diagnóstica superior y es indispensable durante brotes de alto impacto o en las etapas finales de campañas de erradicación (Vargas García, 2010). Por ejemplo, ante la sospecha de un brote de influenza aviar, las brigadas sanitarias realizan una búsqueda activa de aves muertas o enfermas en granjas comerciales y de traspatio, recolectando muestras biológicas para su confirmación inmediata en laboratorio (StudySmarter, 2024; Vargas García, 2010).

La vigilancia especializada se enfoca exclusivamente en un grupo de enfermedades prioritarias determinadas por las autoridades (como aquellas de notificación inmediata obligatoria o de reporte internacional ante la OMSA) (Vargas García, 2010). Este sistema utiliza tanto métodos activos como pasivos para realizar un seguimiento nominal y exhaustivo de patologías como la rabia o la fiebre aftosa, asegurando que cada foco sea investigado hasta su cierre (Salud Pública, 2022; Vargas García, 2010). Finalmente, la vigilancia sindrómica representa una tendencia emergente que utiliza datos de síntomas en tiempo real —como incrementos súbitos en problemas respiratorios o diarreas— para detectar brotes antes de contar con una confirmación de laboratorio

(StudySmarter, 2024; Rahman et al., 2020). En granjas de producción intensiva, este sistema permite activar alertas tempranas basadas en cambios en el comportamiento o consumo de alimento del lote (StudySmarter, 2024).

3.6.3 Elementos de un sistema de vigilancia robusto

Un sistema de vigilancia eficaz se sustenta en componentes básicos, entre los que destacan los registros de morbilidad y mortalidad. El reporte de morbilidad informa tempranamente sobre la incidencia de enfermedades y cambios en su comportamiento, mientras que los registros de mortalidad (defunciones) permiten detectar variaciones en la virulencia del agente o la aparición de resistencia a los tratamientos (Vargas García, 2010). En el sector pecuario, estos registros adquieren mayor valor cuando se generan en puntos críticos como los rastros o mataderos, donde la inspección *post-mortem* actúa como un centinela de la salud poblacional (Vargas García, 2010; Jaramillo Arango & Martínez Maya, 2010).

Las investigaciones de laboratorio constituyen el pilar técnico para la confirmación de casos y el estudio de las características biológicas de los agentes (Vargas García, 2010). Sin este elemento, la vigilancia sería meramente presuntiva, pues el laboratorio permite detectar mutaciones, cepas resistentes y el origen de la infección (Vargas García, 2010). Complementariamente, los estudios de distribución de reservorios y vectores son vitales para el control de enfermedades zoonóticas y transmitidas por artrópodos, requiriendo la colaboración de veterinarios,

biólogos y entomólogos para mapear las zonas de riesgo ambiental (Vargas García, 2010; OMSA, 2025).

Otro elemento crítico es la vigilancia de enfermedades animales foráneas (exóticas), la cual busca detectar de manera precoz amenazas externas que nunca han estado presentes o que ya fueron erradicadas del territorio nacional (Noah, 2022; Vargas García, 2010). La detección de un solo caso de una enfermedad exótica, como la Peste Porcina Africana, constituye una emergencia sanitaria que activa protocolos de investigación de campo y cuarentena inmediata (Noah, 2022; Jaramillo Arango, 2010). La integración de datos demográficos y registros sobre la utilización de biológicos (vacunas) permite, además, estimar la cobertura de inmunidad poblacional y ajustar las estrategias de bioseguridad según el estatus sanitario de cada región (Vargas García, 2010).

3.6.4 Estructuras de información zoosanitaria

La operatividad del sistema depende de una estructura organizada de información que garantice el flujo de datos desde el nivel local al mundial. En México, el Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica (SINAVE) y el Sistema Nacional de Vigilancia Epizootiológica (SIVE) son los encargados de cuantificar la enfermedad y coordinar el estudio de brotes (Salud Pública, 2022; Vargas García, 2010). En el contexto de Ecuador, estas funciones de vigilancia epizootiológica, control de focos y programas de erradicación son ejecutadas por la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario (Agrocalidad), actuando como el servicio veterinario oficial del país (Agrocalidad es el equivalente

técnico a las dependencias descritas por Vargas García, 2010 y Jaramillo Arango, 2010).

A nivel global, la OMSA gestiona el Sistema Mundial de Información Zoosanitaria (WAHIS/WAHID), una plataforma transparente donde los países miembros notifican eventos sanitarios excepcionales y enfermedades de la lista oficial (OMSA, 2025; Jaramillo Arango, 2010). Este sistema permite que la comunidad internacional tome decisiones informadas sobre el comercio seguro de animales y productos, basándose en el historial de enfermedades documentado por cada nación (OMSA, 2018). El desarrollo de cualquier sistema de información debe cumplir con cinco fases críticas: recolección sistemática del dato, concentración y procesamiento en una unidad central, análisis e interpretación técnica, difusión de resultados a los informantes y autoridades, y finalmente la presentación de alternativas para la acción sanitaria (Vargas García, 2010).

3.6.5 Seguimiento epidemiológico continuo y evaluación de riesgos

El seguimiento epidemiológico se distingue de la vigilancia por ser un proceso permanente destinado a detectar cambios sutiles en la prevalencia de enfermedades y en los factores ambientales que las condicionan (Vargas García, 2010). Una herramienta fundamental en esta fase es el uso de animales centinela, individuos o rebaños sanos que son monitoreados regularmente para detectar la circulación de patógenos antes de que estos causen un impacto clínico masivo (Vargas García, 2010). Asimismo, la creación de bancos de muestras biológicas (suerotecas) facilita la realización de estudios retrospectivos para

rastrear la introducción de nuevos virus o evaluar la efectividad histórica de los planes de vacunación (Vargas García, 2010).

Finalmente, el análisis de tendencias históricas permite al epidemiólogo anticiparse a la presentación de enfermedades cíclicas o estacionales mediante la formulación de pronósticos científicos (Vargas García, 2010). Este seguimiento continuo es la base para los procedimientos de análisis de riesgo, permitiendo a los servicios veterinarios justificar técnicamente las medidas sanitarias impuestas a la importación de mercancías (Vargas García, 2010; OMSA, 2018). En conclusión, una vigilancia robusta no solo reacciona ante la emergencia, sino que construye una base de conocimientos que permite modelar escenarios de riesgo y proteger la salud global bajo una visión integral y proactiva (StudySmarter, 2024; OMSA, 2025).

3.7 Seguridad e inocuidad alimentaria

La gestión de la seguridad e inocuidad alimentaria representa uno de los pilares más complejos y determinantes de la salud pública veterinaria contemporánea. En un mundo globalizado, donde el intercambio comercial de animales y sus derivados es constante, el médico veterinario no solo actúa como un clínico, sino como un garante de la calidad sanitaria en cada eslabón de la cadena agroalimentaria (Jaramillo Arango & Martínez Maya, 2010; OMSA, 2025). La inocuidad se define como la garantía de que los alimentos no causarán daño al consumidor cuando se preparen o consuman de acuerdo con el uso a que se destinan, un concepto que bajo el enfoque epidemiológico exige la identificación, evaluación y control de peligros biológicos, químicos y físicos desde la

producción primaria hasta el consumo final (StudySmarter, 2024; OMSA, 2018).

3.7.1 Interfaz Salud Animal - Seguridad Alimentaria

La relación entre la sanidad animal y la seguridad alimentaria es directa y proporcional; la presencia de enfermedades en las poblaciones ganaderas no solo compromete la oferta de proteína de origen animal, sino que impacta la nutrición y el bienestar humano a escala global (OMSA, 2025; FAO, 2023). Se estima que las enfermedades animales son responsables de la pérdida de más del 20% de la producción pecuaria mundial, lo que agrava la crisis de seguridad alimentaria en un planeta donde más de 811 millones de personas sufren de hambre crónica (OMSA, 2025). Por ejemplo, brotes de enfermedades altamente contagiosas como la Fiebre Aftosa o la Peste Porcina Africana pueden diezmar la economía de los productores rurales, eliminando su principal fuente de subsistencia y reduciendo drásticamente la disponibilidad de alimentos seguros para las comunidades (Jaramillo Arango, 2010; OMSA, 2025).

Desde la perspectiva del bienestar humano, el impacto de las enfermedades animales trasciende la desnutrición para abarcar la salud pública directa mediante las zoonosis transmitidas por alimentos (ETA). Patologías como la brucelosis y la tuberculosis bovina son ejemplos críticos donde el consumo de productos no procesados adecuadamente, como la leche cruda, se convierte en la vía de entrada para patógenos que causan enfermedades crónicas y debilitantes en las personas (Noah, 2022; Rahman et al., 2020). La epidemiología veterinaria debe, por

tanto, evaluar los riesgos sanitarios asociados a los sistemas de producción, reconociendo que los modelos intensivos de alta densidad poblacional pueden actuar como amplificadores de patógenos si no se implementan medidas de bioseguridad y vigilancia sindrómica rigurosas (StudySmarter, 2024; Santos Luján, s.f.).

Los sistemas de producción de alimentos enfrentan desafíos crecientes debido a la urbanización y el cambio climático, factores que alteran la interfaz entre animales domésticos y silvestres, facilitando el salto de nuevos agentes patógenos a la cadena alimentaria (Esposito & Turku, 2023; FAO, 2023). La vigilancia de enfermedades en esta interfaz es vital para prevenir crisis sistémicas; un ejemplo histórico es el brote de Encefalopatía Espongiforme Bovina (EEB) o "mal de las vacas locas", donde el uso de harinas de carne y hueso contaminadas con priones puso en evidencia la fragilidad de los sistemas de trazabilidad y la necesidad de controles estrictos en la alimentación animal para proteger la salud humana (Deiana et al., 2024; Jaramillo Arango & Martínez Maya, 2010).

3.7.2 Abordaje de riesgos en la cadena de producción

El abordaje moderno de la inocuidad se fundamenta en la identificación proactiva de peligros patogénicos en los productos de origen animal antes de que alcancen el mercado. El epidemiólogo veterinario utiliza técnicas de muestreo sistemático y diagnóstico molecular para detectar agentes zoonóticos como *Salmonella spp.* y *Listeria monocytogenes* en granjas, mataderos y plantas procesadoras (StudySmarter, 2024; Rodríguez Buenfil, 2010). Estos peligros se clasifican de forma

dicotómica (presencia/ausencia), y su detección temprana permite implementar acciones correctivas, como el decomiso de canales infectadas en el rastro, actuando como un filtro sanitario esencial que previene brotes masivos de ETA (Mardones, s.f.; Jaramillo Arango & Martínez Maya, 2010).

La vigilancia de contaminantes abarca no solo agentes biológicos, sino también residuos químicos y fármacos que pueden persistir en la carne, la leche y el huevo. El médico veterinario es responsable de supervisar el uso correcto de biológicos y medicamentos, asegurando que se respeten los periodos de retiro para evitar que los consumidores se expongan a niveles peligrosos de antibióticos o toxinas (Vargas García, 2010; OMSA, 2025). Un ejemplo veterinario de esta labor es el monitoreo de la resistencia antimicrobiana (RAM) en bacterias como *Escherichia coli* aisladas de animales de abasto; la presencia de cepas multirresistentes en la cadena alimentaria es una emergencia sanitaria que vincula directamente la clínica ganadera con la eficacia de los tratamientos en hospitales humanos (Rahman et al., 2020; Deiana et al., 2024).

Para que la vigilancia en la cadena de producción sea efectiva, es imperativo contar con un subsistema de información veraz que registre la incidencia de patologías en las unidades de producción primaria (Astudillo et al., 1980; Jaramillo Arango, 2010). El seguimiento epidemiológico de enfermedades como la cisticercosis porcina en México ha demostrado que la investigación de campo en comunidades rurales permite identificar los factores de riesgo socioeconómicos, como la falta de saneamiento y el libre acceso de los cerdos a materia fecal

humana, proporcionando la base científica para diseñar programas de control que integran la educación sanitaria y la mejora de la infraestructura productiva (Jaramillo Arango & Martínez Maya, 2010; Chomel, 2009).

3.7.3 Análisis de Riesgo asociado a las importaciones (MSF)

El comercio internacional de animales y productos pecuarios está regido por el Acuerdo sobre la Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias (MSF) de la Organización Mundial del Comercio (OMC). Este marco legal establece que las restricciones comerciales deben basarse en principios científicos, promoviendo el análisis de riesgo, la regionalización y la transparencia para evitar que las medidas sanitarias se conviertan en barreras comerciales injustificadas (Zepeda, 2010; OMSA, 2018). La regionalización es un concepto clave que permite a los países exportadores demostrar que zonas específicas de su territorio están libres de enfermedades, facilitando el comercio incluso si el estatus sanitario nacional es deficiente (Zepeda, 2010; OMSA, 2018).

El proceso de análisis de riesgo consta de cuatro etapas lógicamente estructuradas:

1. Identificación de peligros: Consiste en listar los agentes patógenos que podrían introducirse mediante la importación de una mercancía específica, determinando si el agente es exótico o está bajo control oficial en el país importador (Zepeda, 2010; OMSA, 2018).

2. Evaluación del riesgo: Es el componente técnico donde se estima la probabilidad de que el peligro se materialice, dividiéndose en tres subetapas (Zepeda, 2010):

◦ Evaluación de la difusión (Release assessment): Describe los procesos biológicos necesarios para que el agente patógeno ingrese al país a través de la mercancía, considerando factores como la prevalencia en origen y la eficacia de las pruebas diagnósticas (Zepeda, 2010; OMSA, 2018).

◦ Evaluación de la exposición: Analiza la probabilidad de que los animales o personas locales entren en contacto con el agente introducido, evaluando el uso previsto del producto y la presencia de vectores susceptibles (Zepeda, 2010; OMSA, 2018).

◦ Evaluación de las consecuencias: Cuantifica el impacto biológico y económico de un posible brote, incluyendo las pérdidas en producción, costos de erradicación y restricciones a la exportación (Zepeda, 2010; OMSA, 2018).

3. Gestión del riesgo: Proceso de selección e implementación de medidas de mitigación para reducir el riesgo a un nivel aceptable, como la exigencia de cuarentenas o tratamientos térmicos del producto (Zepeda, 2010; OMSA, 2018).

4. Comunicación del riesgo: Asegura el intercambio transparente de información entre las autoridades sanitarias, los productores y los importadores durante todo el proceso (Zepeda, 2010; OMSA, 2018).

Un ejemplo práctico de este análisis ocurre al importar carne de cerdo de un país con historial de Peste Porcina Clásica. La autoridad nacional debe realizar una evaluación de la difusión para determinar la probabilidad de que el virus sobreviva al procesamiento y una evaluación de la exposición para estimar si los desechos de cocina podrían infectar a la población porcina local; solo si el riesgo estimado es insignificante o puede mitigarse eficazmente, se autoriza la transacción comercial (Zepeda, 2010; OMSA, 1993). Este método objetivo protege el estatus sanitario del país importador sin comprometer innecesariamente la fluidez de los mercados internacionales (OMSA, 2018; Jaramillo Arango, 2010).

3.7.4 Normativa internacional y comercio seguro

La transparencia sanitaria es el eje fundamental que permite la coexistencia del comercio y la salud pública. La Organización Mundial de Sanidad Animal (OMSA) es el organismo de referencia encargado de elaborar las normas internacionales para la sanidad de los animales y las zoonosis, las cuales son reconocidas por la OMC como la base técnica para el comercio seguro (OMSA, 2025; Zepeda, 2010). El cumplimiento de estas normas exige que los servicios veterinarios mantengan sistemas de información zoosanitaria actualizados, como el WAHIS, donde se notifican de manera obligatoria las enfermedades de la lista oficial, garantizando que los socios comerciales cuenten con datos veraces para sus evaluaciones de riesgo (OMSA, 2018; Jaramillo Arango, 2010).

La transparencia se define técnicamente como la documentación detallada de todos los datos, hipótesis y métodos utilizados en el análisis

del riesgo, lo que permite al país exportador comprender y, en su caso, impugnar científicamente los motivos de un rechazo comercial (OMSA, 2018; Zepeda, 2010). Esta documentación técnica debe incluir referencias a publicaciones científicas y opiniones de expertos, minimizando la subjetividad en la toma de decisiones (OMSA, 2018; Zepeda, 2010). Un ejemplo veterinario es la justificación de medidas sanitarias para la Rabia Paralítica Bovina; ante un evento inusitado, el país debe notificar a la OMS y OMSA bajo el marco del Reglamento Sanitario Internacional (RSI), proporcionando la evidencia epidemiológica necesaria para que otros países evalúen el riesgo de propagación internacional a través del movimiento de animales o mercancías (Noah, 2022; OMSA, 2025).

El papel de la OMC en este esquema es arbitrar las disputas comerciales basadas en la ciencia. Cuando un país impone medidas más restrictivas que las recomendadas por la OMSA, está obligado a presentar una evaluación de riesgo que justifique tal desviación (Zepeda, 2010; OMSA, 1993). Este sistema de gobernanza global asegura que la inocuidad alimentaria no se utilice como una herramienta de proteccionismo económico, fomentando la armonización de estándares sanitarios que benefician tanto a los productores como a los consumidores en términos de calidad y precio (OMSA, 2025; Zepeda, 2010).

3.7.5 El enfoque de "Una sola salud" (One Health) en la inocuidad

El paradigma de "Una sola salud" (One Health) propone que la forma más costo-efectiva de garantizar la inocuidad alimentaria es la

prevención de enfermedades en la fuente animal (OMSA, 2025; Rahman et al., 2020). Dado que el 60% de los patógenos humanos y el 75% de las enfermedades emergentes provienen de los animales, la intervención temprana en las granjas reduce drásticamente la carga de enfermedad en la población humana (OMSA, 2025; Salyer et al., 2017). El Banco Mundial estima que las pérdidas económicas por zoonosis fatales podrían reducirse de 80 mil millones a solo 6.7 mil millones de dólares si se priorizan las medidas preventivas en el reservorio animal bajo este enfoque integrador (Hernandez & Lee, 2025).

Un componente crítico de este enfoque es el manejo de la resistencia antimicrobiana (RAM) en la clínica veterinaria. El uso excesivo o incorrecto de antibióticos en los animales de producción no solo favorece la aparición de bacterias resistentes en el hato, sino que estas pueden transmitirse al ser humano a través del consumo de carne o leche contaminada (Rahman et al., 2020; Deiana et al., 2024). El médico veterinario clínico tiene la responsabilidad ética y técnica de promover el uso responsable de fármacos, implementando diagnósticos precisos de sensibilidad y especificidad antes de prescribir tratamientos, y asegurando el cumplimiento de las normativas de inocuidad para proteger el "arsenal terapéutico" común de la medicina animal y humana (Jaramillo Arango & Martínez Maya, 2010; OMSA, 2025).

Finalmente, la integración de la salud ambiental dentro de la inocuidad alimentaria reconoce que la contaminación de suelos y fuentes de agua afecta la calidad de los productos de origen animal (FAO, 2023; Pardo Cobas, 2006). El monitoreo de la fauna silvestre y la gestión sostenible de los ecosistemas son esenciales para prevenir la entrada de patógenos

ambientales, como *Listeria monocytogenes*, en las plantas procesadoras de alimentos (Deiana et al., 2024; Chomel, 2014). En conclusión, la seguridad e inocuidad alimentaria dependen de un esfuerzo coordinado entre veterinarios, médicos y especialistas ambientales, cuya labor epidemiológica conjunta garantiza la salud de las personas, los animales y el planeta en su conjunto (OMSA, 2025; Hernandez & Lee, 2025).

3.8 Conclusiones

El capítulo permite sostener que la eficacia sanitaria en epidemiología veterinaria depende menos de "tener pruebas" y más de saber diseñar, interpretar e integrar estrategias diagnósticas dentro de sistemas de vigilancia. La primera implicación crítica es que la utilidad de una prueba no se agota en su sensibilidad y especificidad; estos parámetros describen propiedades intrínsecas, pero la decisión profesional se vuelve robusta cuando incorpora el contexto poblacional: prevalencia, objetivo del programa y consecuencias del error (León & Duffy, 2006; Rodríguez Buenfil, 2010). En particular, el texto demuestra que en escenarios de prevalencia baja—típicos de fases avanzadas de erradicación o de territorios libres—los falsos positivos adquieren un peso desproporcionado, reduciendo el valor predictivo positivo y generando potenciales decisiones costosas e injustificadas si no se aplican confirmaciones o algoritmos en serie (Rodríguez Buenfil, 2010; Villarroel, 2021). Por el contrario, en escenarios de alta prevalencia, el problema estratégico se desplaza hacia los falsos negativos, que sostienen transmisión y erosionan el control, por lo que se privilegia sensibilidad o pruebas en paralelo cuando la meta es "no dejar escapar" infectados (León & Duffy, 2006; Rodríguez Buenfil, 2010).

Un segundo hallazgo relevante es la formalización de la gestión del punto de corte en pruebas continuas como un acto eminentemente epidemiológico. El capítulo muestra que no existe un límite "natural" perfecto entre sanos y enfermos debido al solapamiento de distribuciones; por ello, el cut-off se define con base en un balance de sensibilidad y especificidad, ajustado por la finalidad del diagnóstico y el costo sanitario-económico de cada tipo de error (León & Duffy, 2006; Vizcaíno-Salazar, 2017). La incorporación de curvas ROC y el índice de Youden aparece, entonces, como un recurso para profesionalizar decisiones que a menudo se toman por tradición o costumbre, dotándolas de fundamentación técnica (Vizcaíno-Salazar, 2017). Asimismo, las razones de verosimilitud se presentan como herramientas de alta potencia porque aportan evidencia diagnóstica menos dependiente de la prevalencia, facilitando comparaciones entre pruebas y decisiones en campo con mayor consistencia (Vizcaíno-Salazar, 2017; Rodríguez Buenfil, 2010).

Un tercer aporte del capítulo es la visión pragmática sobre la "prueba de oro". Reconoce que, aunque el gold standard se define como referencia perfecta, en la práctica suele ser el método más confiable disponible, frecuentemente costoso, lento o incluso inviable por requerir necropsia o sacrificio. Esta tensión explica el valor de enfoques bayesianos para estimar desempeño cuando no existe un estándar absoluto, un punto crucial para escenarios reales de laboratorio veterinario donde la perfección metodológica rara vez es alcanzable (León & Duffy, 2006; Rodríguez Buenfil, 2010). De forma complementaria, la introducción del estadístico Kappa recuerda que concordancia no equivale a validez: dos pruebas pueden coincidir mucho y, aun así, ser sistemáticamente

incorrectas; por ello, la validación debe integrar acuerdo, exactitud y contexto de aplicación (Rodríguez Buenfil, 2010; Vizcaíno-Salazar, 2017).

Desde la perspectiva de la vigilancia epidemiológica, el capítulo concluye que los sistemas efectivos se construyen con flujo de información continuo y orientado a la acción. La vigilancia pasiva aporta tendencia histórica pero sufre subnotificación; la vigilancia activa incrementa precisión y resulta decisiva en brotes o erradicación; la vigilancia especializada focaliza patologías prioritarias; y la sindrómica busca anticiparse mediante señales tempranas antes de confirmación laboratorial (Vargas García, 2010; Noah, 2022; StudySmarter, 2024). El laboratorio, los registros de morbilidad/mortalidad, la inspección en mataderos, la vigilancia de reservorios y vectores, y el uso de centinelas y suerotecas aparecen como componentes estructurales que convierten "datos dispersos" en inteligencia sanitaria (Vargas García, 2010). Además, el texto proyecta estas capacidades hacia la inocuidad alimentaria y el comercio seguro, donde el análisis de riesgo—con identificación de peligros, evaluación (difusión, exposición, consecuencias), gestión y comunicación—funciona como marco racional para justificar medidas sanitarias bajo normas internacionales (Zepeda, 2010; OMSA, 2018).

Los desafíos futuros, según el desarrollo del capítulo, se concentran en la calidad del sistema más que en la disponibilidad de tecnología: estandarizar toma y transporte de muestras, fortalecer competencia del personal, mejorar interoperabilidad de datos y consolidar redes de notificación transparentes. Prospectivamente, la práctica profesional

que emerja de este capítulo es la de un veterinario-epidemiólogo capaz de diseñar algoritmos diagnósticos y arquitecturas de vigilancia que reduzcan incertidumbre, optimicen recursos y protejan simultáneamente sanidad animal, salud pública e inocuidad alimentaria bajo el enfoque One Health (OMSA, 2025; Vargas García, 2010; Rodríguez Buenfil, 2010).

3.9 Actividades de cierre

3.9.1 Resumen del capítulo

El capítulo explica cómo las pruebas diagnósticas y la vigilancia epidemiológica se integran para tomar decisiones sanitarias en poblaciones animales. Diferencia tamizaje y confirmación, y desarrolla la interpretación técnica mediante sensibilidad, especificidad, valores predictivos y razones de verosimilitud, destacando el efecto de la prevalencia y el manejo del punto de corte. Propone algoritmos de pruebas en serie y paralelo para optimizar control o erradicación, y describe modalidades de vigilancia (pasiva, activa, especializada y sindrómica) con soporte de laboratorio, registros y centinelas. Enfatiza la utilidad operativa para control, inocuidad y salud pública.

3.9.2 Autoevaluación

1. Tamizaje vs. confirmación: En un programa de control o erradicación, ¿cómo decidirías qué prueba usar para tamizaje y cuál para confirmación? Explica tu decisión considerando consecuencias de falsos positivos/negativos, costos operativos y situación epidemiológica.

2. Prevalencia y toma de decisiones: Describe un escenario con prevalencia baja y otro con prevalencia alta. ¿Cómo cambia la interpretación de un resultado positivo/negativo en cada caso y qué ajustes harías en el algoritmo diagnóstico para reducir decisiones erróneas?
3. Punto de corte y error diagnóstico: Si una prueba continua requiere definir un cut-off, ¿qué criterios usarías para fijarlo y cómo justificarías el balance entre sensibilidad y especificidad según el objetivo sanitario (detección temprana, confirmación, comercio, erradicación)?
4. Algoritmos en serie y en paralelo: Analiza cuándo conviene usar pruebas en serie y cuándo en paralelo. ¿Qué riesgo sanitario priorizas en cada estrategia y cómo afectaría tu elección a la sensibilidad/especificidad global del programa?
5. Diseño de vigilancia integrada: Propón cómo estructurarías un sistema de vigilancia para una enfermedad prioritaria en tu contexto. ¿Qué modalidad(es) usarías (pasiva/activa/especializada/sindrómica), qué fuentes de datos integrarías (laboratorio, mataderos, centinelas, registros) y cómo asegurarías calidad, oportunidad y uso efectivo de la información para acción?

3.9.3 Actividad de aplicación:

Diseño de un algoritmo diagnóstico + plan de vigilancia para una enfermedad prioritaria

Propósito: aplicar los conceptos del capítulo para decidir con rigor qué pruebas usar, cómo combinarlas (serie/paralelo) y cómo sostener un sistema de vigilancia que reduzca errores y permita acción sanitaria oportuna.

CAPÍTULO IV

4 SALUD ANIMAL Y HUMANA (UNA SOLA SALUD)

4.1 Elemento de apertura

4.1.1 Objetivos de aprendizaje

1. Analizar la interdependencia humana–animal–ambiente del enfoque Una Sola Salud y distinguir cómo los determinantes ecológicos, sociales y sanitarios convergen en la emergencia de zoonosis, la seguridad alimentaria y la resistencia a los antimicrobianos (RAM).
2. Evaluar críticamente la pertinencia y suficiencia de estrategias intersectoriales de vigilancia, prevención y respuesta (p. ej., vigilancia integrada, uso responsable de antimicrobianos, bioseguridad y preparación ante pandemias), justificando decisiones con base en riesgos, consecuencias y viabilidad operativa.
3. Diseñar una propuesta aplicada de intervención One Health (a nivel de granja, clínica, territorio o sistema de vigilancia) que integre: identificación de amenazas prioritarias, medidas de mitigación, mecanismos de coordinación interinstitucional y un componente de comunicación del riesgo.
4. Crear un esquema de gobernanza y flujo de datos para vigilancia *Una Sola Salud* que contemple limitaciones reales descritas (fragmentación sectorial, “secuestro” de datos, vocabularios incompatibles, barreras culturales y restricción presupuestaria), incorporando acciones concretas para su superación.

4.1.2 Pregunta guía:

¿Cómo puede operacionalizarse “Una Sola Salud” para prevenir y controlar riesgos sanitarios complejos (zoonosis, RAM, inocuidad alimentaria y amenazas ambientales) sin perder trazabilidad, coordinación intersectorial y capacidad de decisión basada en evidencia?

4.2 Introducción

El enfoque de Una Sola Salud (One Health) se presenta en este capítulo como una respuesta conceptual y operativa a la creciente complejidad de los problemas sanitarios contemporáneos, en los que confluyen de manera inseparable la salud humana, la salud animal y la salud de los ecosistemas. Esta perspectiva parte de un supuesto central: los riesgos sanitarios no se originan ni se sostienen dentro de fronteras disciplinares, sino en interfaces dinámicas donde interactúan agentes biológicos, determinantes ambientales, sistemas productivos, movilidad de poblaciones y decisiones sociopolíticas (Gibbs, 2014; Destoumieux-Garzón et al., 2018). En ese sentido, el capítulo sitúa a One Health como un marco indispensable para comprender la emergencia y reemergencia de enfermedades, la expansión de amenazas zoonóticas y la presión creciente sobre los sistemas sanitarios por cambios ecológicos y productivos (Jones et al., 2008; OMS, 2023).

La relevancia de esta visión se intensifica en el contexto actual por al menos tres factores señalados a lo largo del texto. Primero, la alta proporción de enfermedades infecciosas emergentes con origen zoonótico, que obliga a integrar vigilancia, diagnóstico, bioseguridad y

prevención en circuitos que atraviesan lo humano, lo animal y lo ambiental (Jones et al., 2008; Centers for Disease Control and Prevention, 2024). Segundo, la crisis global de la resistencia a los antimicrobianos (RAM), descrita como una amenaza transversal que compromete la eficacia terapéutica en medicina humana y veterinaria, y que demanda gobernanza intersectorial, vigilancia y uso responsable (Global Leaders Group on Antimicrobial Resistance, 2021; United Nations Environment Programme, 2022; FAO et al., 2022). Tercero, la presión ambiental—incluyendo degradación de hábitats, cambios de uso de suelo y alteraciones ecológicas—que modifica la dinámica de vectores, reservorios y exposición, incrementando la probabilidad de eventos sanitarios de alto impacto (FAO, 2023; OMS, 2023).

En cuanto a los propósitos del capítulo, el texto busca delimitar el campo de acción de One Health y traducirlo en componentes aplicables para el trabajo profesional. Para ello, desarrolla ámbitos prioritarios como: zoonosis y vigilancia global, seguridad alimentaria, RAM, preparación ante pandemias y conservación de ecosistemas (FAO et al., 2022; OMSA, 2025). Asimismo, incorpora herramientas específicas de la epidemiología veterinaria —como la bioseguridad y el análisis de riesgo—presentadas como pilares preventivos y de toma de decisiones en escenarios de incertidumbre (Pardo Cobas, 2006; OMSA, 2018; Zepeda, 2010). En este punto, el capítulo enfatiza la necesidad de estandarización conceptual y transparencia técnica para sostener decisiones sanitarias comparables internacionalmente, especialmente en el marco de la sanidad animal y del comercio (OMSA, 2018; Zepeda, 2010).

Metodológicamente, el capítulo adopta un enfoque analítico–integrador: articula fundamentos y definiciones con implicaciones operativas, respaldándose en lineamientos y marcos promovidos por organismos internacionales y literatura especializada (FAO et al., 2022; OMSA, 2025). De manera igualmente relevante, no idealiza la implementación, sino que reconoce limitaciones prácticas como fragmentación institucional, barreras culturales, restricciones presupuestarias y desafíos de interoperabilidad y acceso a datos, aspectos críticos para traducir el enfoque a sistemas reales de vigilancia y control (Hernandez & Lee, 2025; OMSA, 2025; StudySmarter, 2024). En síntesis, el capítulo propone que One Health sea entendido como un marco para decidir, coordinar y actuar con base en evidencia, en lugar de una declaración general de buenas intenciones (Gibbs, 2014; Destoumieux-Garzón et al., 2018).

4.3 Una sola salud (One health)

Una Sola Salud (One Health) representa un enfoque interdisciplinario que reconoce la estrecha interdependencia entre la salud humana, la salud animal y la salud ambiental. Este modelo sostiene que ninguna de estas dimensiones puede abordarse de manera aislada, dado que los procesos biológicos, sociales y ecológicos que las conforman están profundamente entrelazados. Bajo esta perspectiva, la salud humana no solo implica el acceso a servicios médicos y condiciones nutricionales adecuadas, sino también la protección frente a amenazas emergentes, muchas de las cuales tienen origen zoonótico o ambiental (Gibbs, 2014; Destoumieux-Garzón et al., 2018).

El bienestar humano depende de manera crítica de factores como la calidad del aire y del agua, la seguridad alimentaria y la estabilidad de los ecosistemas. Asimismo, aproximadamente el 60% de las enfermedades infecciosas emergentes en humanos tienen origen animal, lo cual subraya la importancia de la vigilancia conjunta y la acción preventiva entre los sectores médico, veterinario y ambiental (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2023; Jones 71 et al., 2008). De esta forma, One Health proporciona una plataforma colaborativa que permite enfrentar con mayor eficacia problemas complejos como las pandemias, la resistencia antimicrobiana y el cambio climático, mediante la integración de conocimientos y la formulación de políticas basadas en evidencia (FAO et al., 2022).



Figura 11.Esquema el concepto UNA SOLA SALUD

Nota: (un mundo, una sola salud) (Martínez y col, 2022).

4.3.1 Salud Humana

Dentro del planteamiento de One Health, la salud humana se aborda no como una entidad aislada, sino como un componente integrado en una red de interacciones ecológicas y sanitarias. La emergencia de enfermedades infecciosas zoonóticas, como el ébola, la gripe aviar o el COVID-19, ha puesto de manifiesto la vulnerabilidad del sistema sanitario global ante amenazas originadas fuera del ámbito puramente humano (Jones et al., 2008; OMS, 2023). Además, fenómenos como el cambio climático y la degradación ambiental influyen directamente en la salud pública, al modificar la distribución de vectores, afectar la disponibilidad de recursos hídricos y aumentar la exposición a contaminantes (Destoumieux-Garzón et al., 2018).

En este contexto, es fundamental que los sistemas de salud incorporen estrategias de prevención y respuesta que consideren las dimensiones animal y ambiental. La colaboración entre profesionales de la medicina, la veterinaria, la ecología y la salud pública permite una mejor identificación de riesgos, una respuesta más rápida a los brotes y una planificación sanitaria más eficiente (FAO et al., 2022). Del mismo modo, la recopilación de datos intersectoriales y el análisis conjunto de información favorecen la toma de decisiones basadas en el entendimiento integral de las causas y consecuencias de los problemas de salud (Gibbs, 2014).

4.3.2 Salud Animal

La salud animal constituye un eje fundamental dentro del enfoque One Health, dado su papel clave en la prevención de enfermedades

transmisibles y en la garantía de la seguridad alimentaria. El bienestar de los animales tanto domésticos como silvestres está estrechamente vinculado a la salud de las personas, en particular a través de las zoonosis. Enfermedades como la rabia, la brucelosis o la influenza aviar ejemplifican cómo los desequilibrios en la sanidad animal pueden desencadenar crisis sanitarias humanas de gran escala (Jones et al., 2008; OMS, 2023).

La vigilancia epidemiológica, la implementación de programas de vacunación, el control de enfermedades y el monitoreo de la fauna silvestre son medidas esenciales para proteger la salud pública (FAO et al., 2022). Igualmente, garantizar el bienestar animal en sistemas de producción agropecuaria contribuye a la obtención de alimentos seguros y de calidad, reforzando la nutrición y reduciendo el riesgo de transmisión de agentes patógenos a lo largo de la cadena alimentaria. Fortalecer las capacidades del sistema veterinario y fomentar la colaboración con el sector médico es, por tanto, indispensable para lograr un sistema de salud integral y resiliente (Robinson et al., 2016).

4.3.3 Salud Ambiental

La salud ambiental, componente frecuentemente subestimado en los debates sanitarios, desempeña un papel central en la sostenibilidad de los sistemas de vida. La contaminación del aire, del agua y del suelo, la pérdida de biodiversidad, la gestión inadecuada de residuos y el cambio climático son factores que comprometen seriamente la salud tanto de humanos como de animales (Destoumieux-Garzón et al., 2018; FAO et al., 2022). La fragmentación de hábitats naturales debido a la

deforestación, la expansión urbana o la agricultura intensiva aumenta la frecuencia de interacción entre personas y fauna silvestre, lo cual incrementa el riesgo de transmisión de enfermedades zoonóticas (Jones et al., 2008).

Una gestión ambiental responsable y sostenible es imprescindible para mitigar estos riesgos. Las políticas públicas deben enfocarse en la protección de ecosistemas, la restauración de hábitats degradados, la regulación del uso de productos químicos peligrosos y el desarrollo de infraestructuras urbanas y rurales sostenibles. Estas acciones no solo preservan el medio ambiente, sino que también refuerzan la salud pública y la resiliencia comunitaria (Gibbs, 2014).

4.3.4 Impacto global del enfoque Una Sola Salud

El enfoque de Una Sola Salud reconoce la interconexión entre la salud humana, animal y ambiental, promoviendo una colaboración interdisciplinaria para abordar amenazas sanitarias globales. Desde la perspectiva veterinaria, este enfoque es crucial para prevenir y controlar enfermedades zoonóticas, garantizar la seguridad alimentaria y enfrentar desafíos como la resistencia a los antimicrobianos (RAM). La pandemia de COVID-19 ha resaltado la importancia de este enfoque, evidenciando la necesidad de fortalecer la colaboración entre sectores para prevenir futuras crisis sanitarias (OMS, 2023).

El pensamiento de Una Sola Salud ha transformado la vigilancia de enfermedades zoonóticas a escala global, fortaleciendo redes de detección temprana y alertas rápidas (Jones et al., 2015; University of California, Davis One Health Institute, 2024). Además, ha propiciado

marcos regulatorios internacionales coordinados por la Organización Mundial de la Salud y la World Organisation for Animal Health que establecen normas para sanidad animal, seguridad alimentaria y protección ambiental (World Health Organization, 2021; World Organisation for Animal Health, 2023).

Paralelamente, este enfoque ha impulsado la capacitación y el reconocimiento del personal veterinario como actor clave mediante planes de desarrollo de capacidades y agendas globales promovidos por la WOAH y la CDC (World Organisation for Animal Health, 2023b; Centers for Disease Control and Prevention, 2024). Asimismo, ha unificado la gobernanza de la resistencia a los antimicrobianos con políticas multisectoriales, directrices de uso responsable y vigilancia integrada lideradas por el Global AMR R&D Hub y respaldadas en estudios veterinarios (Silva et al., 2021; O'Neill, 2022; Global AMR R&D Hub, 2024).

En el ámbito alimentario, ha mejorado la seguridad y el comercio internacional mediante sistemas como TRACES y evaluaciones de riesgos de residuos de medicamentos en productos de origen animal (European Commission, 2023; Foley et al., 2024). Del mismo modo, la conservación de la biodiversidad y la salud de los ecosistemas se ha beneficiado de programas de salud de fauna silvestre coordinados globalmente, que integran monitoreo epidemiológico y medidas de conservación (University of California, Davis One Health Institute, 2024).

Simultáneamente, se han impulsado ejercicios y planes de preparación ante pandemias que incluyen a veterinarios en simulacros multinacionales de vigilancia y control de reservorios animales (U.S. Food and Drug Administration Center for Veterinary Medicine, 2025; Centers for Disease Control and Prevention, 2024). Proyectos de investigación innovadores como PREEMPT y PREDICT han anticipado virus con potencial zoonótico antes de su salto a humanos (Jones et al., 2015).

Finalmente, la movilización de fondos y compromisos internacionales contra la RAM y las zoonosis ha crecido notablemente gracias al impulso político del Global Leaders Group y al apoyo del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (Global Leaders Group on Antimicrobial Resistance, 2021; United Nations Environment Programme, 2022). A continuación de detalla de manera rápida la intervención del médico veterinario en el concepto el One Health aplicado en diferentes escenarios.

4.3.5 Enfermedades zoonóticas y vigilancia global

Aproximadamente el 60% de las enfermedades infecciosas emergentes en humanos tienen origen animal, tanto en especies silvestres como domésticas. En las últimas tres décadas, se han identificado más de 30 nuevos patógenos humanos, de los cuales el 75% provienen de animales. Factores como el comercio de animales, la urbanización y el cambio climático han aumentado el riesgo de aparición y propagación de enfermedades zoonóticas (OMS, 2023). La labor veterinaria es esencial en la vigilancia y control de estas enfermedades, como se evidenció en

brotes de virus del Nilo Occidental y gripe aviar, donde la detección temprana en animales permitió implementar medidas preventivas para proteger la salud humana (The New Yorker, 2024).

4.3.6 Seguridad alimentaria y sanidad animal

La salud de los animales es fundamental para garantizar la seguridad alimentaria y la sostenibilidad de los sistemas agroalimentarios. Enfermedades como la fiebre aftosa y la influenza aviar han causado pérdidas económicas significativas y afectado la disponibilidad de productos de origen animal. La implementación de medidas de prevención y control en la sanidad animal puede aumentar la producción, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y minimizar la necesidad de sacrificios masivos. La colaboración entre veterinarios, productores y autoridades es clave para mantener la salud animal y, por ende, la seguridad alimentaria global (Reuters, 2025).

4.3.7 Resistencia a los antimicrobianos (RAM)

El uso indebido de antimicrobianos en la ganadería y la acuicultura ha contribuido al aumento de la RAM, una amenaza creciente para la salud pública. En 2019, se estimó que la RAM fue responsable de 5 millones de muertes, incluyendo 1.3 millones de muertes directas. Solo 42 países cuentan con sistemas para recopilar datos sobre el uso de antimicrobianos en el ganado, lo que dificulta la implementación de estrategias efectivas para combatir la RAM. Los veterinarios desempeñan un papel crucial en la promoción del uso responsable de antimicrobianos y en la educación de los productores sobre prácticas sostenibles (FAO, 2024).

4.3.8 Desarrollo y reconocimiento de la fuerza laboral veterinaria

La OMSA ha identificado al personal veterinario como actor esencial en la implementación de Una Sola Salud, promoviendo programas de formación en países de bajos y medianos ingresos (OMSA, 2023), apoyados por iniciativas de la OMS y la FAO que fortalecen capacidades mediante la red "One Health Workforce – Next Generation" (Centers for Disease Control and Prevention, 2024).

4.3.9 Salud de ecosistemas y conservación de la biodiversidad

Proyectos veterinarios en fauna silvestre, por ejemplo, los de las "Gorilla Doctors" y centros de salud marina integran el monitoreo de enfermedades con estrategias de conservación, disminuyendo la transmisión de patógenos entre especies y poblaciones humanas adyacentes (University of California, Davis One Health Institute, 2024; Centers for Disease Control and Prevention, 2024).

4.3.10 Preparación y respuesta ante pandemias multilaterales

Ejercicios simulados de pandemias incluyen equipos veterinarios en roles de rastreo de reservorios animales y control de vectores, fortaleciendo la coordinación con salud pública y medio ambiente, como demuestra el programa CVM de la FDA, que incorpora prácticas de Una Sola Salud en planes de contingencia (U.S. Food and Drug Administration Center for Veterinary Medicine, 2025; Centers for Disease Control and Prevention, 2024).

4.3.11 Investigación e innovación en salud global

Iniciativas como PREEMPT y PREDICT (USAID) aplican secuenciación genómica en animales silvestres para identificar virus con potencial zoonótico antes de su salto a humanos, mostrando el liderazgo veterinario en la ciencia preventiva de pandemias. Lo cual también podría implementar la investigación virus u otros patógenos de importancia humana que podrían tener un potencial zoonótico. Este enfoque es fundamental para abordar los desafíos sanitarios globales desde una perspectiva integral. La participación activa de los veterinarios en la vigilancia de enfermedades zoonóticas, la promoción de la seguridad alimentaria y la lucha contra la RAM es esencial para proteger la salud humana y animal (Jones y col., 2015).

4.3.12 Limitaciones de Una sola salud

Aunque profesionales de diversas áreas como salud pública, medicina, veterinaria y ecología son clave para la vigilancia del enfoque Una Salud, existen pocos mecanismos que integren sus esfuerzos. Por el contrario, predominan factores que los dividen, como regulaciones restrictivas. Además, los sistemas actuales suelen ignorar factores de estrés sanitario comunes y multisectoriales, como condiciones de vida precarias, degradación ambiental, especies invasoras, prácticas agrícolas obsoletas, transporte de patógenos, cambio climático y contaminación química. Uno de los principales problemas radica en la falta de conocimiento y apropiación del concepto One Health por parte de los pequeños productores agropecuarios. En muchas comunidades rurales, especialmente en países en desarrollo, los productores operan

con base en prácticas tradicionales y conocimientos empíricos, lo cual limita la adopción de estrategias sanitarias modernas. Esta desconexión entre el saber tradicional y la medicina veterinaria basada en evidencia impide la implementación de medidas preventivas y vigilancia que podrían evitar brotes zoonóticos con impacto en la salud animal y humana (Zinsstag y col., 2015).

Existen barreras culturales que profundizan este problema. Las creencias locales pueden influir significativamente en la percepción del bienestar animal y en la forma en que se entiende su relación con la salud pública. En algunos casos, existe resistencia hacia prácticas veterinarias modernas, especialmente cuando estas se perciben como una imposición externa que no respeta las tradiciones locales. Las diferencias idiomáticas, los bajos niveles de alfabetización científica y la falta de personal capacitado para la comunicación intercultural agravan la desconfianza hacia las instituciones de salud pública, en particular en comunidades indígenas o vulnerables (Grace et al., 2013; Rabinowitz et al., 2013).

La fragmentación entre los sectores encargados de la salud humana, animal y ambiental. Con frecuencia, los ministerios y organismos de gobierno operan de forma aislada, sin mecanismos efectivos de coordinación intersectorial. Esta falta de articulación limita la formulación de políticas públicas integradas y dificulta la respuesta rápida ante emergencias sanitarias que involucran múltiples especies o sistemas ecológicos (Destoumieux-Garzón et al., 2018).

A nivel económico. Los presupuestos gubernamentales suelen priorizar la salud humana, dejando a la salud animal y ambiental con escasos recursos. Esto se traduce en una limitada inversión en infraestructura veterinaria, vigilancia epidemiológica en animales, formación de profesionales rurales y acceso a tecnologías preventivas. Como consecuencia, las enfermedades zoonóticas no se detectan a tiempo, y las medidas de respuesta son insuficientes o tardías, afectando tanto la producción agropecuaria como la salud pública (Rüegg et al., 2017).

4.3.13 Vocabularios incompatibles

La vigilancia de «Una sola salud» se ve obstaculizada por el hecho de que la OMSA (Organización Mundial de Sanidad Animal) aún no ha adoptado SNOMED. (SNOMED es la Nomenclatura Sistematizada de Terminología Clínica de Medicina) Además, los vocabularios de SNOMED deberían incluir más enfermedades de los vertebrados domésticos y silvestres, más términos para las estructuras, las fisiologías y las enfermedades infecciosas y no infecciosas de los invertebrados. En la actualidad, la financiación insuficiente limita las mejoras necesarias de SNOMED for One Health (Obofoundry 2014).

4.3.14 Secuestro de datos

Algunos laboratorios consideran la información como confidencial o de su propiedad, lo que limita su disponibilidad. Muchos laboratorios veterinarios restringen el acceso a los datos de diagnóstico, incluso sin obligación legal de reportarlos. Es necesario crear precedentes legales o modificar leyes para priorizar Una Salud, garantizando el anonimato de

los datos antes de integrarlos a bases de datos compartidas (Zinsstag y col., 2015).

4.3.15 Beneficios de Una sola salud

Su aplicación es especialmente relevante en el campo de la medicina veterinaria, donde se reconocen las interacciones entre humanos, animales y ecosistemas como factores determinantes en la aparición, transmisión y control de enfermedades. Uno de los principales beneficios de este enfoque es la prevención de enfermedades zoonóticas, es decir, aquellas que se transmiten entre animales y seres humanos. Enfermedades como la rabia, la brucelosis, la leptospirosis y la influenza aviar, así como la reciente pandemia por SARS-CoV-2, evidencian la importancia de una vigilancia sanitaria integrada. A través de One Health, se impulsa la colaboración interdisciplinaria entre profesionales de la medicina veterinaria, medicina humana, epidemiología, microbiología, ecología y salud pública, facilitando la detección temprana, el control efectivo y la respuesta coordinada ante brotes epidémicos (Pumarola, 2020).

Asimismo, el enfoque One Health contribuye a la mitigación de la resistencia antimicrobiana (RAM), una amenaza emergente de alta prioridad para la salud global. La utilización inadecuada de antimicrobianos en medicina humana y en la producción animal ha favorecido el desarrollo de bacterias resistentes, complicando el tratamiento de enfermedades infecciosas. Mediante políticas integradas, campañas de concienciación y vigilancia conjunta, One Health permite establecer estrategias racionales para el uso prudente de estos

medicamentos en todos los sectores involucrados. En el ámbito ambiental, este enfoque promueve la protección de los ecosistemas, reconociendo que factores como la deforestación, el cambio climático, la contaminación del agua y el tráfico de fauna silvestre pueden incidir directamente en la emergencia y reemergencia de enfermedades infecciosas. One Health permite establecer mecanismos de monitoreo ambiental que ayudan a identificar riesgos biológicos en tiempo real, generando sistemas de alerta temprana y planes de contingencia más eficaces (Manterola, 2024).

Otro beneficio clave radica en el fortalecimiento de la seguridad alimentaria, especialmente en la producción de alimentos de origen animal. La vigilancia sanitaria en animales destinados al consumo humano permite garantizar productos inocuos, reducir enfermedades transmitidas por alimentos (ETAs) y preservar la salud del consumidor. A su vez, la mejora de prácticas de manejo animal, bioseguridad y bienestar también repercute positivamente en la sostenibilidad de los sistemas agropecuarios. Desde una perspectiva institucional, One Health favorece una mayor eficiencia en el uso de los recursos, evitando la duplicación de actividades entre organismos, promoviendo la cooperación internacional y fortaleciendo las capacidades técnicas y científicas de los países. Además, fomenta la formación académica interdisciplinaria, impulsando una nueva generación de profesionales capacitados para actuar de manera integral frente a los retos sanitarios contemporáneos (Monath, 2010).

4.4 Normativas y seguridad en el uso de antimicrobianos

La gestión de los agentes antimicrobianos se ha consolidado como uno de los desafíos más apremiantes para la medicina veterinaria y la salud pública global en el siglo XXI. Bajo el paradigma de "Una sola salud" (One Health), se reconoce que el uso de estos fármacos en los sectores humano, animal y vegetal está intrínsecamente vinculado, creando un flujo constante de microorganismos y genes de resistencia a través del ambiente (Hernandez & Lee, 2025; OMSA, 2025). El médico veterinario, en su papel de prescriptor y garante de la sanidad animal, asume una responsabilidad ética y técnica fundamental en la mitigación de la resistencia a los antimicrobianos (RAM), asegurando que estos recursos terapéuticos sigan siendo eficaces para las generaciones futuras (Jaramillo Arango & Martínez Maya, 2010; OMSA, 2025).

4.4.1 La Resistencia a los Antimicrobianos (RAM) como amenaza global

La RAM se define técnicamente como la capacidad de los microorganismos (bacterias, virus, hongos y parásitos) para resistir los efectos de los medicamentos que anteriormente eran eficaces para tratarlos, convirtiéndose en una de las principales causas de mortalidad mundial (Deiana et al., 2024; Hernandez & Lee, 2025). Diversos organismos internacionales han catalogado a la RAM como una "pandemia silenciosa", un término que resalta la disparidad en la información global: mientras los países con altos recursos proporcionan datos robustos, en las regiones de bajos ingresos existe una subdetección crítica que deriva en un aumento de muertes por tratamientos ineficaces

(Hernandez & Lee, 2025; OMSA, 2025). Estimaciones económicas indican que, sin una intervención inmediata, la RAM podría causar hasta 10 millones de muertes anuales para el año 2050, con una reducción del producto interno bruto mundial de entre el 2% y el 3% (Hernandez & Lee, 2025).

El impacto de la RAM trasciende la salud humana para afectar profundamente la eficacia de los tratamientos en medicina veterinaria, comprometiendo el bienestar animal y la seguridad alimentaria (OMSA, 2025; StudySmarter, 2024). En el ganado, el uso extensivo de antibióticos no solo para el tratamiento de enfermedades, sino históricamente para la promoción del crecimiento, ha establecido condiciones favorables para la selección de cepas multirresistentes (Hernandez & Lee, 2025). Un ejemplo veterinario alarmante es la detección de Staphylococcus aureus resistente a la meticilina (MRSA) en especies avícolas y animales de compañía, lo que limita las opciones terapéuticas en la clínica diaria y aumenta el riesgo de infecciones intratables tanto en animales como en el personal que los maneja (Deiana et al., 2024; Salajegheh Tazerji et al., 2022).

4.4.2 Mecanismos de transmisión de resistencia

La dinámica de transmisión de la RAM es multifacética y ocurre principalmente a través de la cadena alimentaria, el contacto estrecho con animales y la contaminación ambiental (Deiana et al., 2024; Hernandez & Lee, 2025). En la industria ganadera, se estima que entre el 30% y el 90% de los antibióticos administrados (especialmente las tetraciclinas) se excretan en el estiércol debido a las bajas tasas de

biodegradación interna (Hernandez & Lee, 2025). Cuando este estiércol se utiliza como fertilizante, se introducen grandes cantidades de residuos químicos y bacterias resistentes en los suelos agrícolas, contaminando cultivos destinados al consumo humano y animal (Hernandez & Lee, 2025; Salajegheh Tazerji et al., 2022). Este ciclo perpetúa la presencia de genes de resistencia en el ecosistema, afectando incluso a poblaciones humanas que no han tenido exposición directa a fármacos (Hernandez & Lee, 2025).

Asimismo, el estrecho contacto con animales de compañía representa una vía de intercambio bidireccional de patógenos resistentes. Estudios recientes han demostrado que perros y gatos pueden actuar como reservorios de bacterias fecales resistentes que se transmiten al ser humano por la convivencia íntima en el hogar (López et al., 2021). En la clínica de pequeños animales, la monitorización del uso de antimicrobianos en casos de diarrea ha revelado una correlación directa entre la prescripción empírica y el desarrollo de resistencia en la microflora comensal (López et al., 2021). Por otro lado, la acuicultura se ha identificado como otro punto crítico; el uso excesivo de fármacos en sistemas acuáticos provoca la dispersión de residuos en sedimentos y agua, facilitando la transferencia de genes de resistencia a patógenos humanos a través del consumo de productos marinos (Deiana et al., 2024; Hernandez & Lee, 2025).

La detección de genes de resistencia en la fauna silvestre y el ambiente subraya la ubicuidad del problema. Se ha documentado la presencia de *Escherichia coli* productora de betalactamasas de espectro extendido (BLEE) en jabalíes y aves migratorias, lo que indica que los animales

salvajes funcionan como centinelas de la contaminación antropogénica y como vehículos para la diseminación transfronteriza de la RAM (Salajegheh Tazerji et al., 2022; Esposito & Turku, 2023). La fragmentación de los hábitats y la interacción forzada entre vida silvestre, ganado y humanos debido a la urbanización descontrolada incrementan las oportunidades para que las bacterias resistentes colonicen nuevos nichos ecológicos (Salajegheh Tazerji et al., 2022; Esposito & Turku, 2023).

4.4.3 Vigilancia y monitoreo del uso de antimicrobianos

Para enfrentar la crisis de la RAM, la informática veterinaria y los sistemas de registro digital se han vuelto herramientas indispensables de inteligencia sanitaria. El incremento en el uso de Historias Clínicas Electrónicas (HCE) en hospitales veterinarios ofrece la oportunidad de gestionar grandes volúmenes de datos para analizar patrones de prescripción y detectar la emergencia de cepas resistentes en tiempo real (López et al., 2021). Sistemas de vanguardia como VetCompass en el Reino Unido y Australia, o el SAVSNET (Small Animal Veterinary Surveillance Network), recolectan datos clínicos anonimizados para identificar poblaciones de riesgo y monitorizar la efectividad de los tratamientos antimicrobianos a escala nacional (López et al., 2021). Estos sistemas permiten a los investigadores transformar los encuentros clínicos diarios en evidencia científica válida para orientar las políticas de salud pública (López et al., 2021).

El desarrollo de protocolos para el uso responsable de antimicrobianos (stewardship) en la clínica médica es una prioridad operativa. Esto

implica la implementación sistemática de pruebas de sensibilidad (antibiogramas) antes de la prescripción, evitando el uso de fármacos de importancia crítica para la medicina humana como tratamiento de primera línea (OMSA, 2025; Jaramillo Arango & Martínez Maya, 2010). Un ejemplo de éxito institucional es el programa DANMAP en Dinamarca, que desde 1995 monitoriza los residuos de antibióticos y la resistencia bacteriana en el ganado, logrando una reducción significativa en el uso de fármacos y una mejora en los resultados de salud clínica bajo una perspectiva nacional de "Una sola salud" (Hernandez & Lee, 2025). La adopción de estándares de codificación como SNOMED-CT o los códigos VeNom facilita la interoperabilidad de estos datos entre la medicina humana y animal, permitiendo una vigilancia integral (López et al., 2021).

4.4.4 Marcos normativos internacionales

La gobernanza global de la RAM se articula a través de la Alianza Cuatripartita, conformada por la OMSA, la FAO, la OMS y el PNUMA. Esta alianza ha implementado el Plan de Acción Conjunto "Una sola salud" (2022-2026), el cual establece como una de sus seis vías de acción prioritarias el freno a la pandemia silenciosa de la RAM (OMSA, 2025; Hernandez & Lee, 2025). Las directrices de la OMSA proporcionan las normas técnicas para que los servicios veterinarios nacionales justifiquen sus medidas sanitarias y mantengan sistemas de vigilancia zoosanitaria robustos, como el WAHIS, donde se integran datos sobre el consumo de agentes antimicrobianos en animales de abasto y de compañía (Jaramillo Arango, 2010; OMSA, 2018).

La Guía Tripartita para hacer frente a las enfermedades zoonóticas se ha expandido para incluir principios y buenas prácticas contra la RAM, ofreciendo un marco flexible para que los países fortalezcan sus capacidades de detección y respuesta (OMSA, 2025). La integración de los datos de salud humana y animal es un pilar de estas normativas; iniciativas como el sistema GLEWS+ de alerta temprana permiten evaluar riesgos en la interfaz humano-animal-ecosistema, asegurando que la detección de una cepa resistente en una granja active protocolos de prevención en el sector salud humana (Hernandez & Lee, 2025; OMSA, 2025). En conclusión, la seguridad en el uso de antimicrobianos depende de un esfuerzo coordinado y transparente que empodere al médico veterinario como un líder en la protección de la salud global y la sostenibilidad de los ecosistemas (OMSA, 2025; Hernandez & Lee, 2025).

4.5 Bioseguridad en epidemiología veterinaria

En el marco de la epidemiología aplicada, la bioseguridad se define como el conjunto de medidas, normas y protocolos diseñados para proteger la salud de las poblaciones animales, el medio ambiente y los seres humanos contra el acceso o la introducción de agentes patógenos (Pardo Cobas, 2006). Bajo el enfoque integral de "Una sola salud" (One Health), esta disciplina no se limita exclusivamente a técnicas de aislamiento, sino que constituye una actitud y una forma de abordaje sistemática ante los problemas sanitarios de la naturaleza (Facultad de Veterinaria, s.f.; OMSA, 2025). Su objetivo principal en el ámbito veterinario trasciende la prevención clínica individual para enfocarse en la mejora de la productividad y el bienestar animal a través del control

de la distribución de enfermedades en poblaciones específicas (Noah, 2022; StudySmarter, 2024).

La bioseguridad opera como una herramienta fundamental de prevención primaria, actuando antes de que ocurra el contacto efectivo entre el agente etiológico y el hospedador susceptible (Romero López & Martínez Maya, 2010). Este nivel de intervención se sustenta en tres pilares operativos: las inmunizaciones, el saneamiento ambiental y el control de vectores (Pardo Cobas, 2006). Las inmunizaciones o vacunas representan una medida de protección específica indispensable para aumentar la resistencia del hato frente a patógenos prevalentes, como en el caso de los planes sanitarios sistemáticos para prevenir la pierna negra o el ántrax en bovinos (Pardo Cobas, 2006; Jaramillo Arango & Martínez Maya, 2010). Estas acciones permiten que el animal, al entrar en contacto con el agente en el ambiente, no desarrolle la enfermedad o presente cuadros subclínicos de menor trascendencia epidemiológica (Noah, 2022; Rodríguez Buenfil, 2010).

El saneamiento ambiental, por su parte, se orienta a la destrucción de los agentes infecciosos fuera del organismo mediante la desinfección, la cual puede ejecutarse por medios mecánicos (limpieza exhaustiva), físicos (calor, rayos UV) o químicos (Pardo Cobas, 2006). Un ejemplo técnico de intervención es el uso de lejía sódica al 2% o formaldehído para descontaminar instalaciones donde se han alojado animales enfermos, eliminando la carga viral o bacteriana de superficies y herramientas (Pardo Cobas, 2006). Complementariamente, el control de vectores mediante la desinsectación (destrucción de artrópodos como garrapatas y moscas) y la desratización (eliminación de roedores

reservorios) resulta vital para interrumpir el ciclo de transmisión indirecta en enfermedades como la leptospirosis o patologías transmitidas por garrapatas (Pardo Cobas, 2006; Rahman et al., 2020).

4.5.1 Medidas de control en la fuente y el entorno

Ante la detección de un foco de infección —definido como el lugar donde se concentran las fuentes de agentes etiológicos— la respuesta biosegura debe ser inmediata para evitar la propagación hacia áreas no afectadas (Pardo Cobas, 2006). Una de las estrategias más eficaces es la delimitación de una zona de amortiguación, la cual funciona como una barrera técnica que circunda el brote para contener la dispersión del patógeno (StudySmarter, 2024). Dentro de esta zona, es imperativo realizar la segregación de animales sospechosos, aislándolos en áreas restringidas hasta que se confirme su diagnóstico mediante pruebas de alta sensibilidad, minimizando así el riesgo de que individuos asintomáticos o en periodo de incubación actúen como diseminadores (Pardo Cobas, 2006; Jaramillo Arango, 2010).

La cuarentena constituye otra medida de control crítica, aplicable tanto de forma preventiva ante la importación de nuevos animales como de forma reactiva durante la recuperación de una unidad epizootiológicamente deficiente (Pardo Cobas, 2006; Zepeda, 2010). Durante este periodo, se restringe estrictamente el movimiento de animales, personas y vehículos, estableciendo filtros sanitarios que obligan al cambio de ropa y calzado del personal y a la desinfección de neumáticos de transporte (Pardo Cobas, 2006). En enfermedades de alto impacto como la Fiebre Aftosa o la Peste Porcina Clásica, el

incumplimiento de estos periodos de aislamiento representa el principal factor de riesgo para la difusión regional e internacional de los virus (Zepeda, 2010; Jaramillo Arango & Martínez Maya, 1998).

Cuando la epidemia alcanza una fase de culminación o amenaza la seguridad nacional, se implementan medidas de control radicales como la vacunación de anillo y el sacrificio sanitario (*culling*) (Jaramillo Arango, 2010; Salajegheh Tazerji et al., 2022). La vacunación de anillo consiste en inmunizar masivamente a todos los animales susceptibles en un área periférica al foco, creando una barrera inmunológica que impide la salida del agente hacia poblaciones vírgenes (Pardo Cobas, 2006; StudySmarter, 2024). Por otro lado, el sacrificio sanitario se reserva para erradicar fuentes de infección en enfermedades zoonóticas graves o exóticas, como la Influenza Aviar Altamente Patógena (H5N1), donde la eliminación rápida de las aves infectadas y sus subproductos es la única vía para garantizar la salud pública y la estabilidad del comercio exterior (Jaramillo Arango, 2010; OMSA, 2025).

4.5.2 Bioseguridad en sistemas de producción y fauna silvestre

En los sistemas de producción intensiva, la alta densidad animal actúa como un catalizador para la propagación de enfermedades, lo que obliga a implementar barreras físicas rigurosas (StudySmarter, 2024). Estas incluyen el cercado perimetral de las granjas, el uso de arcos de desinfección para vehículos y la protección de los almacenes de alimento para evitar el acceso de aves y roedores silvestres que puedan transportar patógenos (Pardo Cobas, 2006; Hernandez & Lee, 2025). El manejo de la interfaz animal doméstico-silvestre es un punto crítico en

bioseguridad, ya que se estima que el 75% de las enfermedades emergentes humanas tienen origen animal, y el contacto con la fauna silvestre es la vía principal de estos eventos de "salto de especie" o *spillover* (Salajegheh Tazerji et al., 2022; OMSA, 2025).

La higiene ambiental y el manejo de desechos biológicos son componentes determinantes para romper la persistencia de patógenos en el entorno productivo (Rahman et al., 2020). La correcta eliminación de los cadáveres de animales que han padecido enfermedades infecciosas debe realizarse mediante la incineración o el enterramiento profundo bajo supervisión técnica, evitando que restos contaminados sirvan como fuente de infección para carroñeros o contaminen mantos acuíferos (Pardo Cobas, 2006). Asimismo, el tratamiento del estiércol mediante procesos biológicos (como el fermentado) permite la desvitalización de virus y bacterias no esporulantes, reduciendo la contaminación química y biológica del suelo agrícola bajo un enfoque de sostenibilidad (Pardo Cobas, 2006; Hernandez & Lee, 2025).

En áreas con presencia de fauna silvestre, la bioseguridad debe adaptarse para mitigar riesgos específicos como el contacto con vectores hematófagos, ejemplificado en el control de la rabia paralítica bovina transmitida por el murciélago *Desmodus rotundus* (Jaramillo Arango & Martínez Maya, 1998). En estas zonas, además de la vacunación sistemática del ganado, la bioseguridad incluye la vigilancia activa de los refugios naturales de los vectores y la implementación de mallas o barreras físicas en los establos para impedir el ataque nocturno de los vampiros (Jaramillo Arango & Martínez Maya, 1998; Romero López & Martínez Maya, 2010). Este enfoque reconoce que el ambiente físico y

biológico determina la endemicidad de las enfermedades, obligando al médico veterinario a actuar como un gestor ecológico del riesgo sanitario (Facultad de Veterinaria, s.f.; Esposito & Turku, 2023).

4.5.3 Educación y comunicación en bioseguridad

El éxito de cualquier programa de bioseguridad depende intrínsecamente del factor humano, lo que requiere estrategias robustas de educación y comunicación (Salajegheh Tazerji et al., 2022). La concienciación de propietarios y cuidadores sobre los riesgos zoonóticos es el primer paso para fomentar hábitos de higiene y bioseguridad, como el uso de guantes y mascarillas durante el parto o manejo de tejidos animales, prácticas esenciales para prevenir la transmisión de enfermedades como la brucelosis o la leptospirosis (Salajegheh Tazerji et al., 2022; Rahman et al., 2020). La transparencia en la comunicación de resultados epidemiológicos fortalece la confianza del sector pecuario y facilita la notificación oportuna de rumores o sospechas clínicas, elementos clave para la alerta temprana (Jaramillo Arango, 2010; OMSA, 2025).

A nivel profesional, la capacitación técnica en epidemiología de campo es una prioridad para dotar a los veterinarios de herramientas analíticas ante emergencias sanitarias (OMSA, 2025). Programas como el marco de competencias para la epidemiología de campo de "Una sola salud" (COHFE) proporcionan las directrices necesarias para que los profesionales respondan rápidamente tras la detección de focos, integrando conocimientos de salud pública humana y animal (OMSA, 2025). Esta formación técnica asegura que el investigador pueda

establecer una definición operacional de caso precisa, realizar encuestas epidemiológicas de campo y redactar informes detallados que sirvan como base científica para la toma de decisiones gubernamentales (Jaramillo Arango, 2010; Noah, 2022).

Finalmente, el intercambio intersectorial de información entre veterinarios, médicos y biólogos es el eje que sustenta la inteligencia sanitaria mundial (Facultad de Veterinaria, s.f.; Hernandez & Lee, 2025). La colaboración multidisciplinaria permite que la detección de un virus inusual en aves migratorias active protocolos de bioseguridad en granjas avícolas y programas de vigilancia en hospitales humanos, adelantándose a posibles pandemias (OMSA, 2025; Salajegheh Tazerji et al., 2022). En conclusión, la bioseguridad en epidemiología veterinaria no es solo una medida técnica de contención, sino un componente estratégico de la seguridad sanitaria global que requiere educación continua, vigilancia activa y un compromiso compartido por todos los actores involucrados en la interfaz humano-animal-ambiente (OMSA, 2025; Hernandez & Lee, 2025).

4.6 Análisis de Riesgo en salud animal

El análisis de riesgo en el ámbito veterinario y de la salud pública contemporánea ha dejado de ser una práctica empírica para convertirse en una herramienta de decisión lógicamente estructurada, consistente y con base científica (Zepeda, 2010). Su origen moderno se sitúa en la firma del acta final de la Ronda de Uruguay del Acuerdo General sobre Aranceles y Tarifas (GATT) en abril de 1994, proceso que culminó en la creación de la Organización Mundial del Comercio (OMC) en enero

de 1995 (Zepeda, 2010). Este marco jurídico internacional surgió ante la necesidad de eliminar las barreras no arancelarias que utilizaban argumentos sanitarios subjetivos para restringir el intercambio de mercancías, estableciendo que cualquier restricción debe fundamentarse en una evaluación técnica objetiva del riesgo (OMSA, 2018; Zepeda, 2010).

Dentro del andamiaje legal de la OMC, el Acuerdo sobre la Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias (MSF) constituye el pilar que regula la inocuidad de los alimentos, la sanidad animal y la preservación vegetal (Zepeda, 2010). El MSF promueve principios fundamentales como la armonización, la equivalencia, la regionalización y, de manera crítica, el análisis de riesgo como el método para justificar medidas más restrictivas que las normas internacionales (OMSA, 2018). Para el médico veterinario, este acuerdo implica que las decisiones sobre la importación de animales o productos no pueden basarse en el temor infundado, sino en la identificación precisa de peligros y la cuantificación de la probabilidad de su ocurrencia y magnitud de sus consecuencias (Zepeda, 2010; OMSA, 2018).

El análisis de riesgo facilita la toma de decisiones al proporcionar un proceso transparente que permite evaluar la probabilidad de entrada, radicación o propagación de enfermedades asociadas al comercio internacional (OMSA, 2018). Su implementación es vital en un mundo globalizado donde la movilización de animales y subproductos se incrementa de forma exponencial, elevando el riesgo de diseminación transfronteriza de patógenos (Zepeda, 2010). En veterinaria, este instrumento se aplica no solo para proteger el estatus sanitario nacional,

sino también para salvaguardar la salud humana frente a zoonosis que podrían introducirse mediante productos de origen animal infectados o contaminados (OMSA, 2018).

4.6.1 Principios del análisis de riesgo: Transparencia y objetividad

La eficiencia del análisis de riesgo descansa sobre el principio de la transparencia, definida como la documentación detallada que contiene todos los datos, hipótesis, métodos y conclusiones utilizados durante el proceso (OMSA, 2018). Esta exigencia es fundamental para proporcionar al país exportador y a las partes interesadas una explicación clara de los motivos que justifican el rechazo de una mercancía o la imposición de condiciones sanitarias específicas (OMSA, 2018; Zepeda, 2010). La transparencia es especialmente necesaria cuando los datos epidemiológicos son inciertos o incompletos, permitiendo distinguir entre los hechos biológicos demostrables y el juicio de valor del evaluador (OMSA, 2018).

Un componente esencial de la transparencia es el uso de una nomenclatura estandarizada y reconocida internacionalmente por organismos como la Organización Mundial de Sanidad Animal (OMSA) (OMSA, 2018). Términos como "peligro", "riesgo", "mitigación" e "incertidumbre" deben utilizarse bajo definiciones técnicas precisas para evitar confusiones diplomáticas y comerciales (Zepeda, 2010). Por ejemplo, al definir un peligro, se hace referencia exclusiva a la fuente del daño potencial (un agente patógeno), mientras que el riesgo integra la probabilidad de que ese peligro se materialice y la gravedad de su impacto (Zepeda, 2010; OMSA, 2018). Esta distinción permite que los

servicios veterinarios estructuren sus informes de manera que sean comprensibles para expertos de cualquier nación (OMSA, 2018).

La objetividad y la justificación científica constituyen la base de legitimidad de las medidas sanitarias impuestas por un país (Zepeda, 2010). El análisis de riesgo debe fundamentarse en la información científica más actualizada disponible, incluyendo publicaciones arbitradas, libros de texto reconocidos e informes de inspección técnica (OMSA, 2018; Zepeda, 2010). Un país importador tiene el derecho de establecer su propio "nivel adecuado de protección", pero este no debe traducirse en medidas arbitrarias que distorsionen el comercio (Zepeda, 2010). Si un servicio veterinario decide exigir pruebas diagnósticas adicionales para una importación, debe demostrar, mediante el análisis de riesgo, que la prevalencia en el origen o la baja sensibilidad de las pruebas estándar justifican científicamente tal requerimiento (Zepeda, 2010; OMSA, 2018).

4.6.2 Etapas del proceso de análisis de riesgo

El proceso de análisis de riesgo es una secuencia lógica dividida en cuatro etapas interrelacionadas: identificación de peligros, evaluación del riesgo, gestión del riesgo e información (comunicación) sobre el riesgo (OMSA, 2018; Zepeda, 2010). El proceso se inicia típicamente cuando se planea importar una especie animal o producto de un origen nuevo, o cuando cambia la situación sanitaria de una región proveedora (Zepeda, 2010). Es un proceso dinámico que debe actualizarse conforme surja nueva información técnica sobre patógenos emergentes o nuevas variantes virales (OMSA, 2018).

4.6.3 Identificación de peligros

La identificación de peligros consiste en determinar qué agentes patógenos podrían producir efectos perjudiciales al importar una mercancía (OMSA, 2018). Esta etapa es una clasificación dicotómica donde los agentes biológicos (virus, bacterias, parásitos) son catalogados como "peligros" o "no peligros" basándose en si la enfermedad es exótica para el país importador, si es de notificación obligatoria o si está bajo un programa oficial de control (OMSA, 2018; Zepeda, 2010). Si no se identifica ningún peligro asociado a la mercancía específica en el país de origen, la evaluación del riesgo puede concluir en esta fase inicial, autorizando la importación bajo las normas sanitarias internacionales estándar (OMSA, 2018).

4.6.4 Evaluación del riesgo

La evaluación del riesgo es el componente técnico más profundo y se divide en cuatro subetapas cruciales (Zepeda, 2010):

1. Evaluación de la difusión: Describe los procesos biológicos necesarios para que la importación provoque la introducción del agente patógeno en el país importador (Zepeda, 2010; OMSA, 2018). Se consideran factores como la prevalencia de la enfermedad en el origen, la eficacia de las cuarentenas y el efecto de los procesos de transformación (ej. pasteurización o cocción) sobre el agente (OMSA, 2018). Un ejemplo veterinario es evaluar la probabilidad de que el virus de la Fiebre Aftosa sobreviva en carne deshuesada y madurada importada desde un país con focos activos (OMSA, 1993; Zepeda, 2010).

2. Evaluación de la exposición: Analiza la probabilidad de que los animales o personas locales entren en contacto con el peligro introducido (OMSA, 2018). Depende del uso previsto de la mercancía (ej. reproducción vs. sacrificio inmediato), la distribución de poblaciones susceptibles y la presencia de vectores potenciales como mosquitos o garrapatas (Zepeda, 2010; OMSA, 2018). Si se importan huevos fértiles, el riesgo de exposición es mucho mayor que si se importan canales para consumo directo en zonas urbanas (Zepeda, 2010).

3. Evaluación de las consecuencias: Cuantifica el impacto biológico y económico de la introducción de la enfermedad (OMSA, 2018). Las consecuencias directas incluyen pérdidas de producción y mortalidad animal, mientras que las indirectas abarcan costos de erradicación, indemnizaciones a productores y el cierre de mercados de exportación (Zepeda, 2010; OMSA, 2018). Una epizootia de Peste Porcina Africana tendría consecuencias económicas catastróficas por la pérdida total de acceso a mercados internacionales (Zepeda, 2010).

4. Estimación del riesgo: Integra los resultados de las subetapas anteriores para proporcionar una medida global del riesgo (OMSA, 2018). En esta fase se debe manejar la incertidumbre, que es la medida del desconocimiento en la cuantificación de los parámetros, expresándola mediante rangos o distribuciones de probabilidad para no subestimar la amenaza (Zepeda, 2010; OMSA, 2018).

4.6.5 Gestión del riesgo

La gestión del riesgo es el proceso de toma de decisiones donde se seleccionan y aplican medidas para reducir el riesgo identificado a un nivel aceptable (OMSA, 2018). El objetivo es equilibrar la protección sanitaria con el deseo de mantener el comercio internacional (OMSA, 2018). La evaluación de opciones debe basarse en la eficacia y factibilidad técnica y económica de las medidas de mitigación (Zepeda, 2010; OMSA, 2018). Por ejemplo, si el riesgo de introducir Brucelosis es moderado, una medida de gestión eficaz sería exigir que los animales procedan de hatos libres certificados y que resulten negativos a dos pruebas serológicas en serie con un intervalo de 30 días (Rodríguez Buenfil, 2010; Zepeda, 2010).

4.6.6 Comunicación del riesgo

La comunicación (o información) sobre el riesgo es el intercambio multidimensional de datos y opiniones entre las autoridades sanitarias, los sectores productivos y el público en general (OMSA, 2018; Zepeda, 2010). Debe comenzar al inicio del análisis y continuar tras la decisión final, asegurando que los receptores del riesgo (los ganaderos) y los beneficiarios de la importación (comercializadores) comprendan las bases técnicas de la decisión (Zepeda, 2010; OMSA, 2018). La transparencia en esta fase evita rumores y fortalece la confianza en los servicios veterinarios oficiales (Jaramillo Arango, 2010; OMSA, 2018).

4.6.7 Tipos de evaluación: Cualitativa vs. Cuantitativa

La metodología para evaluar el riesgo se clasifica según la profundidad del análisis en cualitativa y cuantitativa (OMSA, 2018; Zepeda, 2010). La evaluación cualitativa (descriptiva) es la más utilizada en las decisiones corrientes y no requiere modelización matemática compleja (OMSA, 2018). Utiliza escalas verbales como "insignificante", "bajo", "moderado" o "alto" para caracterizar el riesgo (Zepeda, 2010). Es ideal cuando el riesgo percibido es evidente, cuando no existe información numérica suficiente para realizar cálculos precisos o como un paso previo a un análisis más profundo (Zepeda, 2010; OMSA, 2018).

Por el contrario, la evaluación cuantitativa asigna valores numéricos y probabilidades a cada parámetro del estudio, ofreciendo una noción probabilística de la ocurrencia de un evento adverso (Zepeda, 2010; OMSA, 2018). Este tipo de análisis brinda una base más sólida para decisiones críticas de alta sensibilidad política o económica, permitiendo realizar comparaciones numéricas entre diferentes estrategias de mitigación (Zepeda, 2010). Sin embargo, su limitación principal es que requiere personal altamente calificado en estadística y epidemiología cuantitativa, además de consumir una cantidad considerable de tiempo y recursos (Zepeda, 2010).

En el análisis cuantitativo, se emplean herramientas avanzadas como los modelos de simulación y el uso de iteraciones (repeticiones de cálculos) para representar la variabilidad biológica (Zepeda, 2010; OMSA, 2018). Técnicas como el análisis de árboles de escenarios permiten visualizar gráficamente la secuencia de eventos que conducen a un brote, mientras

que los árboles de fracaso ayudan a deducir lógicamente las vías por las cuales una medida de bioseguridad podría fallar (Zepeda, 2010). Estas herramientas permiten realizar un "análisis de sensibilidad" para identificar qué variables (ej. la prevalencia en el país de origen o la sensibilidad de una prueba de laboratorio) tienen el mayor peso en el resultado final del riesgo, permitiendo optimizar los recursos de vigilancia (Zepeda, 2010; OMSA, 2018).

4.6.8 Herramientas operativas de Una Salud y comercio seguro

Bajo el enfoque de "Una sola salud" (One Health), el análisis de riesgo se expande para considerar las amenazas en la interfaz humano-animal-ambiente (OMSA, 2025; FAO, 2023). Una herramienta operativa fundamental en este contexto es la Herramienta de Evaluación Conjunta de Riesgos (ECR), diseñada por la Alianza Cuatripartita para permitir que expertos de salud humana, animal y ambiental evalúen de forma coordinada las amenazas zoonóticas (OMSA, 2025; FAO, 2023). La ECR permite a los países priorizar enfermedades basándose en su impacto multisectorial, facilitando la asignación de recursos para la vigilancia sindrómica y la respuesta ante emergencias (OMSA, 2025; Hernandez & Lee, 2025).

En el ámbito del comercio seguro, la regionalización (o zonificación) y la compartimentación son conceptos estratégicos que permiten mantener el flujo comercial incluso cuando existe una enfermedad en el país exportador (OMSA, 2018; Zepeda, 2010). La regionalización implica que un país puede demostrar que una zona geográfica específica está libre de una enfermedad mediante una vigilancia epidemiológica

robusta y barreras naturales o artificiales efectivas (Zepeda, 2010). Por ejemplo, Ecuador podría exportar productos de zonas libres de Fiebre Aftosa reconocidas por la OMSA, a pesar de que otras regiones del país no tengan el mismo estatus, siempre que exista una trazabilidad estricta y control de movimientos (Zepeda, 2010; OMSA, 2018).

Finalmente, la integración de sistemas de información global como el WAHIS de la OMSA permite que los análisis de riesgo se realicen sobre bases de datos confiables y actualizadas en tiempo real (OMSA, 2025; Jaramillo Arango, 2010). El médico veterinario, al aplicar estos métodos y herramientas, no solo protege la economía agropecuaria nacional, sino que actúa como un vigilante de la seguridad sanitaria global, asegurando que el comercio de animales y alimentos sea un motor de desarrollo sostenible y no un vehículo de pandemias (OMSA, 2025; Zepeda, 2010). El análisis de riesgo, por tanto, se consolida como la ciencia que permite navegar con seguridad en la compleja red de interdependencia que define la salud de todos los seres vivos (Hernandez & Lee, 2025; OMSA, 2025).

4.7 Conclusiones

A partir del desarrollo del capítulo, se desprende que Una Sola Salud debe asumirse como un modelo de gobernanza sanitaria y no solo como una categoría conceptual integradora. Su valor principal radica en reorientar el diagnóstico y la intervención hacia problemas cuyo origen y propagación se explican por la interacción de múltiples determinantes: biológicos, ambientales, productivos y sociales (Gibbs, 2014; Destoumieux-Garzón et al., 2018). Bajo esta lógica, la práctica

profesional deja de centrarse exclusivamente en la atención del evento clínico y se desplaza hacia la gestión del riesgo: anticipar amenazas, reducir vulnerabilidades y controlar procesos de transmisión en escenarios complejos (Zepeda, 2010; OMSA, 2018).

Un primer hallazgo sustantivo es que el control de zoonosis y amenazas emergentes exige sistemas de vigilancia integrados, con capacidad de detectar señales tempranas en animales domésticos, fauna silvestre, ambiente y cadenas alimentarias. El capítulo refuerza que esta integración no es opcional si se pretende responder con oportunidad y eficiencia a riesgos con potencial epidémico o pandémico (Jones et al., 2008; OMS, 2023; Centers for Disease Control and Prevention, 2024). En la práctica, esto implica rediseñar flujos de información, protocolos diagnósticos y mecanismos de coordinación entre sectores, de modo que los datos sean interoperables y útiles para decisiones operativas, no solo para reportes administrativos (OMSA, 2025; Hernandez & Lee, 2025).

Un segundo hallazgo es la centralidad de la resistencia a los antimicrobianos como problema "interfaz" que atraviesa clínica, producción, ambiente y políticas públicas. El texto sostiene que la RAM no puede abordarse únicamente desde la regulación o desde la prescripción individual; requiere vigilancia, medición de patrones de uso, estrategias de stewardship y un marco coordinado que reconozca el rol del ambiente como reservorio y vía de diseminación de genes de resistencia (FAO et al., 2022; Global Leaders Group on Antimicrobial Resistance, 2021; United Nations Environment Programme, 2022). Para el profesional veterinario, esto se traduce en responsabilidades concretas: prescripción prudente, bioseguridad para reducir necesidad

de tratamientos, y participación activa en sistemas de monitoreo y educación sanitaria (OMSA, 2025; FAO, 2023).

Un tercer hallazgo es que la bioseguridad y el análisis de riesgo operan como instrumentos nucleares para operacionalizar One Health. La bioseguridad aparece como prevención primaria y como contención en foco (medidas de segregación, saneamiento, control de vectores, cuarentenas y estrategias de intervención), mientras que el análisis de riesgo se presenta como proceso estructurado que permite justificar decisiones bajo incertidumbre, diferenciando "peligro" de "riesgo" y promoviendo transparencia y comparabilidad internacional (Pardo Cobas, 2006; OMSA, 2018; Zepeda, 2010). Esta combinación fortalece la trazabilidad técnica y mejora la legitimidad de las medidas ante actores productivos, comunitarios y regulatorios.

Desde una lectura crítica, el capítulo también evidencia desafíos que condicionan el impacto del enfoque: fragmentación institucional, asimetrías de financiamiento, barreras socioculturales (especialmente en contextos rurales), y problemas de acceso, estandarización e interoperabilidad de datos (Hernandez & Lee, 2025; OMSA, 2025; StudySmarter, 2024). Por ello, el reto futuro no es "adoptar" One Health como discurso, sino institucionalizarlo como capacidad: crear acuerdos intersectoriales, definir roles y responsabilidades, sostener mecanismos estables de intercambio de información y alinear incentivos para que la prevención sea viable y sostenible (FAO et al., 2022; OMSA, 2025). Prospectivamente, el capítulo sugiere que el impacto del enfoque se medirá por su capacidad de producir resultados verificables: reducción de brotes, contención temprana, disminución de uso inapropiado de

antimicrobianos, y fortalecimiento de la resiliencia sanitaria frente a cambios ambientales y productivos (OMS, 2023; FAO, 2024). En suma, One Health se consolida aquí como una apuesta por una práctica profesional más rigurosa, coordinada y predictiva, donde la evidencia y la gobernanza son tan determinantes como la tecnología disponible (Gibbs, 2014; Destoumieux-Garzón et al., 2018; OMSA, 2018).

4.8 Actividades de cierre

4.8.1 Resumen del capítulo:

El capítulo desarrolla el enfoque de Una Sola Salud como un marco integrador para comprender y gestionar riesgos sanitarios complejos que emergen en la interacción entre salud humana, animal y ambiental. Expone su relevancia frente a zoonosis, resistencia a antimicrobianos, seguridad alimentaria y degradación ecosistémica, y lo traduce en herramientas aplicadas para la práctica profesional: vigilancia integrada, bioseguridad, análisis de riesgo y uso responsable de antimicrobianos. Asimismo, identifica barreras de implementación —fragmentación institucional, limitaciones de datos y recursos— y plantea la necesidad de gobernanza intersectorial para lograr impacto verificable.

4.8.2 Autoevaluación

1. Interdependencia causal: A partir del enfoque Una Sola Salud, ¿cómo explicarías la cadena causal de un evento sanitario (p. ej., brote zoonótico o incremento de RAM) identificando determinantes humanos, animales y ambientales, y señalando en qué puntos del sistema se podría intervenir con mayor impacto?

2. Evaluación de estrategias: ¿Qué criterios técnicos y operativos utilizarías para evaluar si un programa de prevención/control (vacunación, bioseguridad, vigilancia, uso prudente de antimicrobianos) es pertinente y suficiente en un territorio o sistema productivo específico?
3. Diseño de vigilancia integrada: Si tuvieras que proponer un sistema de vigilancia One Health, ¿qué datos mínimos integrarías, qué actores deberían participar y cómo resolverías problemas frecuentes como interoperabilidad, estandarización y acceso oportuno a la información?
4. Gestión del riesgo y toma de decisiones: Frente a un peligro identificado, ¿cómo aplicarías el análisis de riesgo (identificación, evaluación, gestión y comunicación) para justificar una decisión sanitaria, considerando incertidumbre, costos, aceptabilidad social y consecuencias a corto y largo plazo?
5. Barreras y gobernanza: ¿Cuáles serían, en tu contexto profesional, las principales barreras institucionales y socioculturales para implementar One Health, y qué mecanismos de gobernanza (acuerdos, roles, incentivos, capacitación, rendición de cuentas) plantearías para superarlas?

4.8.3 Actividad de aplicación:

Mini–proyecto One Health para un problema real

Propósito: aplicar el enfoque Una Sola Salud para diagnosticar, priorizar y diseñar una intervención factible ante un riesgo sanitario en tu contexto (clínica, granja, camal, laboratorio, municipio o zona rural).

BIBLIOGRAFÍA

Arango, C. J. J., & Maya, J. J. M. (2010). Epidemiología veterinaria (J. L. M. Saavedra, Ed.; 1era ed.). Editorial El Manual Moderno, S.A. de C.V.

Astudillo, V. M., Zottele, A., & Dora, F. (1980). Sistema de información y vigilancia de las enfermedades del ganado. *Boletín del Centro Panamericano de Fiebre Aftosa*, (39-40), 3-16.

Cardiff, RD, Ward, JM y Barthold, SW (2008). «Una medicina, una patología»: ¿Están preparadas la patología veterinaria y la humana? Laboratory research, 88 (1), 18-26.

Centers for Disease Control and Prevention. (2024). About One Health.

Chomel, B. B. (2009). Zoonoses. En M. Schaechter (Ed.), *Encyclopedia of Microbiology* (3.ª ed., pp. 820-829). Elsevier Inc.

Chomel, B. B. (2014). Zoonoses. En *Reference Module in Biomedical Sciences*. Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801238-3.02426-0

Chomel, B. B. (2014). Zoonoses. *Reference Module in Biomedical Sciences*. Elsevier.

Deiana, G., Arghittu, A., Dettori, M., Masia, M. D., Deriu, M. G., Piana, A., Muroni, M. R., Castiglia, P., & Azara, A. (2024).

One World, One Health: Zoonotic Diseases, Parasitic Diseases, and Infectious Diseases. *Healthcare*, *12*(9), 922. https://doi.org/10.3390/healthcare12090922

Destoumieux-Garzón, D., Mavingui, P., Boetsch, G., Boissier, J., Darriet, F., Duboz, P., & Voituron, Y. (2018). The One Health Concept: 10 Years Old and a Long Road Ahead. Frontiers in Veterinary Science, 5, 14. https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00014

Esposito, M. M., & Turku, S. (2023). The Impact of Human Activities on Zoonotic Infection Transmissions. *Animals*, *13*(10), 1646. https://doi.org/10.3390/ani13101646

Esposito, M. M., Turku, S., Lehrfield, L., & Shoman, A. (2023). The Impact of Human Activities on Zoonotic Infection Transmissions. *Animals*, *13*(10), 1646.

European Commission. (2023). Trade Control and Expert System (TRACES).

Fajardo-Gutiérrez, A. (2017). Medición en epidemiología: prevalencia, incidencia, riesgo, medidas de impacto. *Revista Alergia México*, *64*(1), 109-120. https://doi.org/10.29262/ram.v64i1.252

Fajardo-Gutiérrez, A. (2017). Medición en epidemiología: prevalencia, incidencia, riesgo, medidas de impacto. *Revista Alergia México*, *64*(1), 109-120.

FAO, OMSA, OMS, & PNUMA. (2022). Una sola salud: Enfoque conjunto tripartito y ONU Medio Ambiente para abordar los riesgos en la interfaz hombre-animal-ecosistemas.

FAO. (2019). Adopción de un enfoque multisectorial "Una sola salud": Guía tripartita para hacer frente a las enfermedades zoonóticas en los países. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

FAO. (2023). *Introducción a Una Salud: la interfaz vida animal - humano - ecosistema (2da Edición)*. FAO Campus.

FAO. (2024). Serie: Desafíos y oportunidades del enfoque Una sola salud, desde el sistema agroalimentario. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Foley, J., et al. (2024). Food security: The ultimate one-health challenge. One Health, 12, 100231. https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2024.100231

Friend, M (2006) Disease Emergence and Resurgence: The Wildlife Human Connection. Reston, Virginia: U.S. Geological Survey. Circular 1285. http://www.nwhc.usgs.gov/publications/disease_ emergence/. Accessed April 15, 2012

Gibbs, E. P. J. (2014). The evolution of One Health: A decade of progress and challenges for the future. Veterinary Record, 174(4), 85-91. https://doi.org/10.1136/vr.g143

Global AMR R&D Hub. (2024). One Health. https://globalamrhub.org/one-health/

Global Leaders Group on Antimicrobial Resistance. (2021). Global Leaders Group on Antimicrobial Resistance.

González, S. S. (Octubre, 2024). One health (Una sola salud) o cómo lograr a la vez una salud óptima para las personas, los animales y nuestro planeta. ISGLOBAL.

Grace, D., Mutua, F., Ochungo, P., Kruska, R., Jones, K., Brierley, L., ... & Randolph, T. (2013). Mapping of poverty and likely zoonoses hotspots. Zoonoses Project 4, Report to the UK Department for International Development. International Livestock Research Institute.

Guzmán-Hernández, R. L., Contreras-Rodríguez, A., Ávila-Calderón, E. D., & Morales-García, M. R. (2016). Brucelosis: zoonosis de importancia en México. Revista Chilena de Infectología, 33(6), 656–662.

Hernandez, A., & Lee, J. (2025). Navigating the Interconnected Web of Health: A Comprehensive Review of the One Health Paradigm and Its Implications for Disease Management. *Yonsei Medical Journal*, *66*(4), 203–210.

Herrmann JA, Kostiuk SL, Dworkin MD, Johnson YJ (2011) Temporal and spatial distribution of blastomycosis cases among humans and dogs in Illinois (2001–2007). Journal of the American Veterinary Medical Association 239:335–343

Iowa State University. (2019). Control de la transmisión de enfermedades por Contacto directo para Ganaderos y productores lácteos. Iastate.edu. Recuperado de

Jaramillo Arango, C. J. (2010). Investigación de epidemias. En C. J. Jaramillo Arango & J. J. Martínez Maya, *Epidemiología veterinaria* (pp. 127-143). Editorial El Manual Moderno.

Jaramillo Arango, C. J., & Martínez Maya, J. J. (1998). Evaluación epidemiológica de la rabia paralítica bovina en México. *Veterinaria México*, *29*(2).

Jaramillo Arango, C. J., & Martínez Maya, J. J. (2010). *Epidemiología veterinaria*. Editorial El Manual Moderno.

Jones, K. E., Patel, N. G., Levy, M. A., Storeygard, A., Balk, D., Gittleman, J. L., & Daszak, P. (2008). Global trends in emerging infectious diseases. Nature, 451(7181), 990-993.

Jones, K. E., Patel, N. G., Levy, M. A., Storeygard, A., Balk, D., Gittleman, J. L., & Daszak, P. (2015). Spillover and pandemic properties of zoonotic viruses with high host plasticity. Scientific Reports, 5, 14830.

Lane, J. K., Kelly, T., Bird, B., Chenais, E., Roug, A., Vidal, G., ... & Smith, W. (2024). A One Health Approach to Reducing Livestock Disease Prevalence in Developing Countries: Advances, Challenges, and Prospects. Annual Review of Animal Biosciences, 13.

Larrieu, E. (2021). Manual de epidemiología y salud pública veterinaria. Editorial UNRN. https://editorial.unrn.edu.ar/

León, E. A., & Duffy, S. J. (2006). Pruebas diagnósticas: principios y métodos para su evaluación e interpretación. En *Temas de Zoonosis III*. Instituto de Patobiología, CICVyA – INTA.

López, C., Loiza, Y., Sierra, M. F., Cornero, F., Safar, S., Sanz, R., Gallardo, M. D., Suppo, J., & Suraniti, A. (2021). Epidemiología clínica: información en salud. *InVet*, *23*(1).

Lustgarten, J. L., Zehnder, A., Shipman, W., Gancher, E., & Webb, T. L. (2020). Veterinary informatics: forging the future between veterinary medicine, human medicine, and One Health initiatives. *JAMIA Open*, *3*(2), 306-317. https://doi.org/10.1093/jamiaopen/ooaa005

Manterola, C., Rivadeneira, J., Leal, P., Rojas-Pincheira, C., & Altamirano, A. (2024). Una Sola Salud. Un Enfoque Multisectorial y Transdisciplinario. International Journal of Morphology, 42(3), 779-786.

Mardones, F. (s.f.). *Evaluación de Pruebas Diagnósticas*. SESIÓN 4. Lista de chequeo 6. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura / ICA.

Martínez Maya, J. J. (2010). Búsqueda de información en la investigación epidemiológica. En C. J. Jaramillo Arango & J. J. Martínez Maya, *Epidemiología veterinaria* (pp. 103-126). Editorial El Manual Moderno.

Martínez, P. P., Escudero, S. M., & Garza, L. (2022). Abordaje integral en una granja desde una perspectiva One Health. Suis, (189), 8-14.

Mesonero, S. (2020, 29 octubre). Que abarca una salud. PorciNews.

Monath, T. P., Kahn, L. H., & Kaplan, B. (2010). One health perspective. ILAR journal, 51(3), 193-198.

Morner T, Beasley V (2012) Monitoring for diseases in wildlife populations. In: Ecology and Animal Health, Ecosystem Health and Sustainable Agriculture 2, Norrgren L, Levengood J (editors), The Baltic University Programme, Uppsala University,pp,186–190. http://www.balticuniv.uu.se/index.php/component/content/article/ 249-teaching-materials/692-ehsa-book-2-ecology-and-animal health. Accessed February 25, 2014

Noah, D. L. (2022). *Principios básicos de epidemiología*. Manual MSD de Veterinaria.

O'Neill, J. (2022). Joining forces against antibiotic resistance: The One Health solution. Antibiotics, 9(5), 54. https://doi.org/10.3390/antibiotics905054

OMS. (2023). Una sola salud. Organización Mundial de la Salud.

OMSA. (1993). Análisis de riesgos asociados a la importación. *Informe de la reunión del Código Zoosanitario*

Internacional. Documento de trabajo de la 61a Sesión General.

OMSA. (2018). *Análisis de riesgo asociado a las importaciones*. Capítulo 2.1 del Código Sanitario para los Animales Terrestres. Organización Mundial de Sanidad Animal.

OMSA. (2025). *Una sola salud*. Organización Mundial de Sanidad Animal. https://www.woah.org/es/que-hacemos/iniciativas-mundiales/una-sola-salud/

Osakidetza. (2022). Concepto de epidemiología. Berri, Librería Médica. Recuperado 18 de abril de 2025, de

Pardo Cobas, E. (2006). *Compendio de Epidemiología*. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Ciencia Animal, Departamento de Veterinaria.

Perálvarez Puerta, T. (2022, 26 enero). Resistencias antimicrobianas y “One Health”: todo está conectado. Small Ruminants.

Pérez, J., Calderón, J., & Nayeli. (2024, 20 mayo). Epidemiología de enfermedades infecciosas. Puerto Madero Editorial.

Pumarola i Batlle, M. (2020). Enfermedad animal, zoonosis y'One Health': lo que hemos aprendido los veterinarios a lo largo de la historia. In dA Derecho Animal: Forum of Animal Law Studies (Vol. 11, No. 4, pp. 0098-105).

Rabinowitz, P. M., Gordon, Z., Odofin, L., Liu, A., & Dein, F. J. (2013). From “us vs. them” to “shared risk”: Can animals

help link environmental factors to human health? EcoHealth, 10(4), 397–399. https://doi.org/10.1007/s10393-013-0872-5

Rahman, M. T., Sobur, M. A., Islam, M. S., Ievy, S., Hossain, M. J., El Zowalaty, M. E., Rahman, A. M., & Ashour, H. M. (2020). Zoonotic Diseases: Etiology, Impact, and Control. *Microorganisms*, *8*(9), 1405. https://doi.org/10.3390/microorganisms8091405

Reuters. (2025, 24 de febrero). Why agribusiness depends on keeping animals healthy.

Robinson, T. P., Bu, D. P., Carrique-Mas, J., Fèvre, E. M., Gilbert, M., Grace, D., ... & Woolhouse, M. E. (2016). Antibiotic resistance is the quintessential One Health issue. Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene, 110(7), 377–380.

Rodríguez Buenfil, J. C. (2010). Consideraciones en el uso de pruebas diagnósticas. En C. J. Jaramillo Arango & J. J. Martínez Maya, *Epidemiología veterinaria* (pp. 145-161). Editorial El Manual Moderno.

Romero López, J. A., & Martínez Maya, J. J. (2010). Historia natural de la enfermedad. En C. J. Jaramillo Arango & J. J. Martínez Maya, *Epidemiología veterinaria* (pp. 19-31). Editorial El Manual Moderno.

Rüegg, S. R., McMahon, B. J., Häsler, B., Esposito, R., Nielsen, L. R., Speranza, C. I., ... & Ehlinger, T. (2017). A Blueprint to Evaluate One Health. Frontiers in Public Health, 5, 20.

Salajegheh Tazerji, S., Nardini, R., Safdar, M., Shehata, A. A., & Duarte, P. M. (2022). An Overview of Anthropogenic Actions as Drivers for Emerging and Re-Emerging Zoonotic Diseases. *Pathogens*, *11*(11), 1376. https://doi.org/10.3390/pathogens11111376

Salazar, J., Segovia, L., González, J., & Pérez, I. (2017). La cadena epidemiológica y su importancia en el estudio de las enfermedades infecciosas. Universidad de los Andes. Recuperado 18 de abril de 2025, de

Salud Pública. (2022). *Epidemiología como herramienta de la promoción de la salud*. Unidad 2, Tema 2.1. Facultad de Medicina, UNAM.

Salyer, S. J., Silver, R., Simone, K., & Behravesh, C. B. (2017). Prioritizing Zoonoses for Global Health Capacity Building—Themes from One Health Zoonotic Disease Workshops in 7 Countries, 2014–2016. *Emerging Infectious Diseases*, *23*(13). https://doi.org/10.3201/eid2313.170418

Santos Luján. (s.f.). *Curso gratuito: Epidemiología y salud pública en veterinaria* [Archivo de Vídeo]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=1GGEUUhcGUU

Shaheen, M. N. F. (2022). El concepto de una sola salud aplicado al problema de las enfermedades zoonóticas. Reviews in Medical Virology, 32 (4), e2326. https://doi.org/10.1002/rmv.2326

Silva, M., Thompson, L., & Johnson, P. (2021). The role of veterinarians in the One Health approach to antimicrobial resistance. One Health, 12, 100231. https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2021.100231

StudySmarter. (2024). *Epidemiología Veterinaria: Estudios, Técnicas*.

StudySmarter. (2024). *Epidemiología Veterinaria: Estudios, Técnicas*. https://www.studysmarter.es/resumenes/medicina/epidemiologia/epidemiologia-veterinaria/

StudySmarter. (2024). *Epidemiología Veterinaria: Estudios, Técnicas*.

The New Yorker. (2024). The Veterinarians Preventing the Next Pandemic.

U.S. Food and Drug Administration Center for Veterinary Medicine. (2025). CVM puts One Health into practice: Protecting the health of people, animals, and our shared environment.

Unahalekhaka, A. (2011). Epidemiología de las infecciones asociadas a la atención en salud. Conceptos básicos de

control de infecciones de IFIC, 29. Recuperado el 18 de abril de 2025, de

United Nations Environment Programme. (2022). Bracing for superbugs. Wired. https://www.wired.com/story/the-antibiotic-resistance-crisis-has-a-troubling-twist

Universidad de la República. (s.f.). *Medicina Preventiva y Epidemiología*. Facultad de Veterinaria, Departamento Salud Ambiental y Legislación Veterinaria.

University of California, Davis One Health Institute. (2024). One Health Institute.

Vargas García, R. E. (2010). Vigilancia epidemiológica en medicina veterinaria. En C. J. Jaramillo Arango & J. J. Martínez Maya, *Epidemiología veterinaria* (pp. 163-175). Editorial El Manual Moderno.

Villarroel, A. (2021). *Epidemiología clínica práctica en veterinaria*. (Trad. de *Practical Clinical Epidemiology for the Veterinarian*). Wiley Blackwell.

Vizcaíno-Salazar, G. J. (2017). Importancia del cálculo de la sensibilidad, la especificidad y otros parámetros estadísticos en el uso de las pruebas de diagnóstico clínico y de laboratorio. *Medicina & Laboratorio*, *23*(4), 365-386.

Vourc'h, G., Moutou, F., Morand, S., & Jourdain, E. (2022). *Zoonoses: The Ties that Bind Humans to Animals*. Éditions Quæ. https://doi.org/10.35690/978-2-7592-3482-0

World Health Organization. (2021). Strategic Framework for Collaboration on Antimicrobial Resistance.

Zepeda, C. (2010). Análisis de riesgo en salud animal. En C. J. Jaramillo Arango & J. J. Martínez Maya, *Epidemiología veterinaria* (pp. 177-187). Editorial El Manual Moderno.

Zinsstag, J., Schelling, E., Waltner-Toews, D., & Tanner, M. (2011). From "one medicine" to "one health" and systemic approaches to health and well-being. Preventive veterinary medicine, 101(3-4), 148-156.

Epidemiología y salud pública veterinaria**,** se publicó en el mes de noviembre de 2026.

ISBN: 978-9907-802-84-9

Grupo Editorial BLR
Ecuador
Cel: +593 98 320 4362
https://grupoblr.com/
publicaciones@grupoblr.com

BIOGRAFÍA DE AUTORES

Fernando Lenin Aguilar Gálvez:
Médico Veterinario y Zootecnista, con una sólida trayectoria que incluye un Doctorado en Ciencias Veterinarias y maestrías en Clínica y Cirugía Canina, asi como Biotecnología. Con más de 12 años de experiencia como docente investigador en la Universidad Técnica de Machala (UTMACH), se ha especializado en las cátedras de epidemiología, inmunología y enfermedades infecciosas.

Su labor científica se enfoca a la infectología animal y la salud pública y el diagnóstico animal, coordinando por casi una década el Grupo de Investigación en Producción de Alimentos y Sanidad Animal. Ha liderado proyectos críticos sobre enfermedades infecciosas en animales de compañía y producción, así como patógenos transmitidos por garrapatas con riesgo para la salud pública. Como autor, ha publicado investigaciones sobre mastitis bovina, detección molecular de hemoparásitos y la presencia de residuos de antibióticos en alimentos de consumo humano.
Actualmente, dirige investigaciones sobre la situación epidemiológica de la lengua azul en Ecuador, consolidándose como un referente en la vigilancia epidemiológica y el diagnóstico molecular aplicado a las ciencias veterinarias.

EPIDEMIOLOGÍA Y SALUD PÚBLICA VETERINARIA

Estimado lector, este libro fundamenta la epidemiología veterinaria como una disciplina de base poblacional y enfoque holístico, superando la mirada clínica individual para situar al médico veterinario como gestor de inteligencia sanitaria en sistemas productivos, fauna silvestre y centros de rescate. Bajo la premisa de que las enfermedades no ocurren de forma aleatoria sino mediante patrones identificables, la obra articula la epidemiología descriptiva —analizando las variables de tiempo, lugar y animal— con el rigor del diseño analítico para la formulación y contraste de hipótesis etiológicas.

A través de un recorrido epistemológico e histórico, el texto examina la transición desde concepciones intuitivas hacia la medicina veterinaria basada en evidencia, incorporando conceptos operacionales críticos como la definición estandarizada de caso, las poblaciones en riesgo, la curva epidémica y las medidas de frecuencia. Estas herramientas analíticas se traducen directamente en la práctica de campo mediante protocolos de bioseguridad, cuarentenas, segregación de lotes y contención de brotes en granjas.

Asimismo, la obra adopta el paradigma unificador de Una Salud (One Health), reconociendo la interdependencia indisoluble entre los colectivos animales, las poblaciones humanas y el equilibrio ecosistémico. Desde este marco, el capítulo proyecta al epidemiólogo hacia áreas estratégicas de alto impacto global, tales como la vigilancia de zoonosis emergentes, la inocuidad alimentaria, la mitigación de riesgos en el comercio pecuario internacional y la prevención de pandemias, consolidando una plataforma metodológica indispensable para explicar, predecir e intervenir en la salud pública contemporánea.

GRUPO BLR

Grupo Editorial BLR
Ecuador
Cel: +593 98 320 4362
https://grupoblr.com/
publicaciones@grupoblr.com

ISBN: 978-9907-802-84-9

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA
1969