

# Epidemiología



# veterinaria

Carlos Julio Jaramillo Arango • José Juan Martínez Maya



**Organización  
Panamericana  
de la Salud**

Oficina Regional de la  
Organización Mundial de la Salud



**Manual Moderno**<sup>®</sup>

# **Epidemiología veterinaria**



## EL LIBRO MUERE CUANDO LO FOTOCOPIA

### AMIGO LECTOR:

La obra que usted tiene en sus manos posee un gran valor. En ella, su autor ha vertido conocimientos, experiencia y mucho trabajo. El editor ha procurado una presentación digna de su contenido y está poniendo todo su empeño y recursos para que sea ampliamente difundida, a través de su red de comercialización.

Al fotocopiar este libro, el autor y el editor dejan de percibir lo que corresponde a la inversión que ha realizado y se desalienta la creación de nuevas obras. Rechace cualquier ejemplar “pirata” o fotocopia ilegal de este libro, pues de lo contrario estará contribuyendo al lucro de quienes se aprovechan ilegítimamente del esfuerzo del autor y del editor.

La reproducción no autorizada de obras protegidas por el derecho de autor no sólo es un delito, sino que atenta contra la creatividad y la difusión de la cultura.

Para mayor información comuníquese con nosotros:



**Editorial El Manual Moderno, S. A. de C.V.**  
Av. Sonora 206, Col. Hipódromo, 06100  
México, D.F.

**Editorial El Manual Moderno (Colombia), Ltda**  
Carrera 12-A No. 79-03/15  
Bogotá, D.C.



---

---

# Epidemiología veterinaria

---

**DR. CARLOS JULIO JARAMILLO ARANGO**

Médico Veterinario Zootecnista, Universidad de Caldas, Colombia.

Maestro en Salud Pública, Universidad de Antioquia, Colombia.

Doctor en Ciencia Veterinarias, Universidad Nacional  
Autónoma de México.

Profesor Titular "C" de Epidemiología y Medicina Preventiva Veterinaria,

Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública,

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional

Autónoma de México.

Miembro de la Academia Veterinaria Mexicana.

**DR. JOSÉ JUAN MARTÍNEZ MAYA**

Médico Veterinario Zootecnista, Maestro en Ciencias Veterinarias,

Doctor en Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional Autónoma de México.

Profesor Titular "B" Definitivo en Epidemiología.

Jefe del Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública,

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia,

Universidad Nacional Autónoma de México.

Miembro de la Academia Veterinaria Mexicana.

Editor responsable:

**Dr. José Luis Morales Saavedra**

Editorial El Manual Moderno

**Nos interesa su opinión,  
comuníquese con nosotros:**



Editorial El Manual Moderno, S.A. de C.V.,  
Av. Sonora núm. 206,  
Col. Hipódromo,  
Deleg. Cuauhtémoc,  
06100 México, D.F.



(52-55)52-65-11-62



(52-55)52-65-11-00



info@manualmoderno.com

Para mayor información en:

- Catálogo de producto
- Novedades
- Distribuciones y más

**[www.manualmoderno.com](http://www.manualmoderno.com)**

## Epidemiología veterinaria

D.R. © 2010 por Editorial El Manual Moderno, S.A. de C.V.

ISBN: 978-607-448-038-2 VERSIÓN IMPRESA

978-607-448-115-0 VERSIÓN ELECTRÓNICA

Miembro de la Cámara Nacional

de la Industria Editorial Mexicana, Reg. núm. 39

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida, almacenada en sistema alguno de tarjetas perforadas o transmitida por otro medio —electrónico, mecánico, fotocopador, registrador, etcétera— sin permiso previo por escrito de la Editorial.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission in writing from the Publisher.



**Manual Moderno®**

es marca registrada de  
Editorial El Manual Moderno S.A. de C.V.

Jaramillo Arango, Carlos Julio

Epidemiología veterinaria / Carlos Julio Jaramillo

Arango, José Juan Martínez Maya. — México : Editorial El Manual Moderno, 2010.

Xvi, 199 p. : il. ; 23 cm.

Incluye índice

ISBN 978-607-448-038-2

1. Epidemiología veterinaria. 2. Epidemiología veterinaria – Investigación. I. Martínez Maya, José Juan. II. t.

636.08944-scdd20

Biblioteca Nacional de México

Comité asesor editorial

**Dr. Guillermo Careaga Reyna**

**MVZ, PhD, Pedro Pradal Roa**

**Dr. Juan Carlos Necoechea Alva**

**Dr. José Francisco Suárez Núñez**

**Lic. Severino Rubio Domínguez**

**Dr. Juan Carlos Hernández Marroquín**

**Dr. René Roberto Bailón Uriza**

Director editorial:

**Dr. Marco Antonio Tovar Sosa**

Editora asociada:

**Lic. Vanessa B. Torres Rodríguez**

Portada:

**DG. Eunice Tena Jiménez**

---

---

# Colaboradores

---

## **Dr. Carlos Julio Jaramillo Arango**

Médico Veterinario Zootecnista, Universidad de Caldas, Colombia. Maestro en Salud Pública, Universidad de Antioquia, Colombia. Doctor en Ciencia Veterinarias, Universidad Nacional Autónoma de México. Profesor Titular “C” de Epidemiología y Medicina Preventiva Veterinaria, Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México. Miembro de la Academia Veterinaria Mexicana.

*Capítulos: 6, 8*

## **Dr. José Juan Martínez Maya**

Médico Veterinario Zootecnista, Maestro en Ciencias Veterinarias, Doctor en Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional Autónoma de México. Profesor Titular “B” Definitivo en Epidemiología. Jefe del Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México. Miembro de la Academia Veterinaria Mexicana.

*Capítulos: 2, 3, 4, 7*

## **Dr. Eduardo Pinzón Espinel**

Médico Veterinario, Universidad Nacional de Colombia. Maestro en Salud Pública, Universidad de Antioquia, Colombia, Profesor Asociado de Epidemiología y Medicina Poblacional. Investigador en el área de Currículo Universitario, Universidad de Caldas, Colombia.

*Capítulo: 1*

## **Dr. Jorge Carlos Rodríguez Buenfil**

Médico Veterinario Zootecnista, Especialista en Docencia, Universidad Autónoma de Yucatán, México. M.Sc. en Medicina Veterinaria Tropical, Universidad de Edimburgo, Escocia. Profesor Investigador Titular “C”, Departamento de Epidemiología y Salud Pública, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán, México.

*Capítulo: 9*

**Dr. José Antonio Romero López**

Médico Veterinario Zootecnista, Maestro en Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional Autónoma de México. Técnico Académico Titular “B”, Diplomado en Enfoques y Estrategias de Enseñanza–Aprendizaje en Medicina Veterinaria. Profesor Asignatura de Medicina Preventiva Veterinaria, Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México.

*Capítulo: 2*

**Dr. Raúl E. Vargas García**

Médico Veterinario Zootecnista, Universidad Nacional Autónoma de México. Maestro en Salud Pública y Administración Médica, Escuela de Salud Pública, México. M.Sc. en Medicina Preventiva Veterinaria, Universidad de California, Davis, EUA; Profesor Titular “C” Definitivo de Epidemiología y Epidemiología de las Zoonosis, Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México.

*Capítulos: 1, 4, 5, 10*

**Dr. Cristóbal Zepeda Seín**

Médico Veterinario Zootecnista, Universidad Nacional Autónoma de México. M.Sc. en Medicina Veterinaria Tropical, Universidad de Edimburgo, Escocia. Doctor en Epidemiología, Universidad Estatal de Colorado, EUA. Coordinador de Actividades Internacionales, Instituto de Salud Animal Poblacional, Universidad Estatal de Colorado y Centros de Epidemiología y Salud Animal, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

*Capítulo: 11*

---

---

# Contenido

---

Colaboradores.....	V
Prólogo.....	IX
Prefacio.....	XI
Agradecimientos.....	XV
Capítulo 1. Síntesis histórica de la epidemiología y la salud pública veterinaria.....	1
Capítulo 2. Historia natural de la enfermedad.....	19
Capítulo 3. El proceso epidémico.....	33
Capítulo 4. Asociación causal.....	53
Capítulo 5. Pareo de datos durante el muestreo y el diseño de experimentos ( <i>Matching</i> ).....	73
Capítulo 6. Investigación epidemiológica.....	83
Capítulo 7. Búsqueda de información en la investigación epidemiológica.....	103
Capítulo 8. Investigación de epidemias.....	127



Capítulo 9. Evaluación de pruebas diagnósticas.....	145
Capítulo 10. Vigilancia epidemiológica en medicina veterinaria.....	163
Capítulo 11. Análisis de riesgo en salud animal.....	177
Índice.....	189

---

---

# Prólogo

---

Pocas, o tal vez ninguna de las actividades que se realizan en el ejercicio cotidiano de las ciencias veterinarias y, sin embargo, dentro del quehacer en cualquier campo relacionado con las ciencias médicas, puede ser concebida sin una razón última; el beneficio del estado de salud de las poblaciones en su conjunto.

Sin embargo, la necesidad primaria de resolver el cuadro clínico del paciente, sea en forma individual, parvada, rebaño o unidad productiva afectada, nos lleva con frecuencia a olvidar preguntas de la mayor trascendencia para la población en su conjunto, eje central de nuestra actividad. De este modo, cuestionamientos tales como: ¿Cómo ingreso este problema?, ¿hasta dónde puede haber llegado? o ¿qué medidas correctivas o preventivas deberé aplicar para evitar que vuelva a presentarse?, pasan a segundo plano, o bien ni siquiera son consideradas en nuestro diario quehacer.

Del mismo modo, la complejidad de los trabajos de investigación, diagnóstico, evaluación y registro de fármacos, biológicos, así como de aquellos destinados a la determinación de contaminantes o residuos tóxicos en alimentos, por su complejidad y sofisticación en cuanto a las técnicas de laboratorio aplicadas, llevan con frecuencia al profesional de las ciencias de la salud a ignorar el análisis de su significado, más allá que el de curar al paciente u obtener los resultados de laboratorio en tiempo y forma acordes con los parámetros de calidad, olvidando el análisis, en términos de su impacto y significado epidemiológico global.

Es por todo ello, que considero un verdadero privilegio y una distinción de parte de los autores, la solicitud para elaborar el Prólogo de este libro, el que sin duda, contribuirá de manera notable, a imbuir en los lectores ese espíritu epidemiológico que debiera ser primario y preponderante en cualquier profesionista de las ciencias de la salud, sin importar cuál sea la rama específica de su actividad.

El libro está construido de manera tal que, en forma simple y sencilla, nos va introduciendo en las complejidades del tema, a través del muy completo análisis de los orígenes y evolución de la epidemiología desde sus más remotos antecedentes, hasta nuestros días, realizado con gran detalle y meticulosidad por Raúl Vargas García y Eduardo Pinzón Espinel; o en el capítulo 2 “Historia natural de la enfermedad” por José Antonio Romero López y José Juan Martínez Maya, hasta las complejidades de los cálculos asociados a la medición del proceso epidémico, tema que regularmente ocasiona el bloqueo intelectual del aprendiz de la epidemiología, al enfrentar la perspectiva obligada de aplicar formulas matemáticas para la determinación de las razones y proporciones que explican la frecuencia de la enfermedad.

Una de las bondades de este libro radica en la manera sencilla, lógica y didáctica en que autores como Martínez Maya aborda el tema de la determinación de la frecuencia de la enfermedad en el capítulo 3, "Proceso epidémico"; o la determinación del tamaño de muestra en el capítulo 7, "Búsqueda de la información en la investigación epidemiológica", donde partiendo del planteamiento de preguntas lógicas y múltiples ejemplos prácticos, simplifica el proceso de aprendizaje de temas tales como la determinación del tamaño de muestra, a través de una lectura comprensible y sencilla que permite al lector hacer suyo el conocimiento, a la vez que intuye la importancia práctica de su aplicación evitando con ello, el bloqueo intelectual que mencioné anteriormente.

Lo mismo aplica al capítulo 8 "Investigación epidemiológica", donde Carlos Julio Jaramillo Arango, con maestría y haciendo uso de sus cualidades didácticas, y aplicación práctica del tema, nos introduce casi sin sentirlo, a los principios que debe seguir una investigación de campo, concientizándonos de su importancia práctica, como piedra angular de los estudios epidemiológicos; o los capítulos 9 y 11 "Evaluación de pruebas diagnósticas" y "Análisis de riesgo en salud animal", escritos en el mismo tenor y con gran visión práctica, por Jorge Carlos Rodríguez Buenfil y Cristóbal Zepeda, respectivamente.

Para terminar estas breves consideraciones baste decir que hoy, debido a los cambios emanados de la globalización de los mercados, la salud animal se convierte en el más importante activo de la industria pecuaria, con una intervención definitiva sobre los niveles de desarrollo económico de nuestros pueblos, lo que requiere obligadamente de un modelo de auditoría permanente de la calidad, que señale y cuantifique, con precisión, los retos y de manera transparente y claramente cuantificable, los avances de las acciones que el Gobierno realiza en materia de Salud Animal, a través de las campañas zoonosanitarias; pero también de sus tropiezos, para estar en posibilidades de dictar oportunas medidas correctivas que permitan el alcance de sus metas y objetivos; todo lo cual requiere obligadamente del uso de herramientas epidemiológicas.

Es la aplicación y uso rutinario de estas herramientas, la única manera de establecer ese sistema de auditoría que permitirá dar el salto, sin olvidar que ello requiere de la "voluntad política" que, de manera responsable y valiente, determine la manera de hacer las cosas, cambiando el paradigma "hacer las cosas como para que parezca que funcionan", por el de: "hacer las cosas para que realmente funcionen".

Es por ello que considero que este libro contribuirá, de manera definitiva, a lograr este cambio posible, necesario e inaplazable, en beneficio de nosotros y de las generaciones futuras.

**Dr. Juan Gay Gutiérrez**

Director del Centro Nacional de Servicios de Constatación en Salud Animal  
Ex director de Vigilancia Epidemiológica  
Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, México.  
Miembro de la Academia Veterinaria Mexicana.

---

---

# Prefacio

---

A lo largo de la historia los animales han desempeñado un papel fundamental en el desarrollo de la humanidad, por ejemplo: como fuente de alimentos, como compañía, como fuerza de trabajo, como apoyo invaluable ante situaciones de desastre e incluso como instrumento de guerra o de conquista.

La globalización ha traído consigo una creciente demanda de productos y servicios, y por ende, un mayor intercambio de estos recursos y de la movilización de personas entre países. En consecuencia, los animales y sus productos son cada vez más del interés de la sociedad en general, ya sea como bienes de consumo, uso o producción.

Lo anterior plantea nuevos retos para las ciencias veterinarias, los cuales tienen que ver, entre otros, con: la protección a la población humana de enfermedades y peligros a través de la contaminación de los alimentos, el mejoramiento de la salud animal para aumentar la producción, la productividad y la competitividad del sector pecuario, promover y facilitar la exportación e importación de animales, así como productos pecuarios con alta calidad sanitaria, considerando la gran variedad de orígenes y destinos, lograr el equilibrio entre el uso de los animales para el bienestar del ser humano y la investigación, conjuntamente con su propio bienestar, y garantizar la efectividad y la inocuidad de los productos desarrollados para mejorar o proteger la salud de la población animal.

Estos retos deben ser enfrentados por los médicos veterinarios en el ejercicio privado o como parte de las instituciones públicas o privadas, mediante la toma de decisiones oportunas, eficaces y eficientes, basadas en información de calidad.

En síntesis, los retos a los cuales se enfrentan las ciencias veterinarias están orientados hacia la seguridad alimentaria, comercio internacional, bienestar animal, competitividad pecuaria, cuidado de la salud y protección de los animales productivos, de compañía y silvestres y el desarrollo e incorporación de nuevos productos biológicos y químicos para la prevención o la recuperación de enfermedades.

Las disciplinas tradicionales que conforman las ciencias veterinarias, tales como, patología, microbiología, infectología, fisiología, nutrición, zootecnia, entre otras, si bien son esenciales, no aportan por sí solas los elementos, así como las herramientas suficientes y necesarias para enfrentar estos retos.

Sin lugar a dudas, la epidemiología veterinaria aporta, tanto el marco teórico como la metodología y las estrategias requeridas para enfrentarlos satisfactoriamente, ya que como disciplina holística integra todos estos conocimientos, lo cual le ha permitido un gran desarrollo en los últimos años. Su aplicación le ha concedido a las ciencias veterinarias enfrentar con éxito grandes desafíos en diferentes partes del mundo, incluyendo México, tales como las epidemias de fiebre aftosa, fiebre porcina clásica y africana, encefalitis equina venezolana, influenza aviar, gusano barrenador del ganado, enfermedad hemorrágica viral de los conejos, encefalopatía espongiiforme bovina, entre las más destacadas.

Esta concepción holística hace que la epidemiología veterinaria requiera de la integración, no sólo del conocimiento de disciplinas médicas o zootécnicas tradicionales como las ya mencionadas, sino de otras como la estadística o la ecología, o algunas más recientes como la informática o la biología molecular, además del desarrollo o la incorporación de nuevas herramientas como el análisis de riesgo y los sistemas de información geográfica.

La presente obra tiene su origen en los cursos de epidemiología veterinaria que se vienen impartiendo en los programas de Medicina Veterinaria y Zootecnia y de la Maestría en Ciencias Veterinarias, de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, y constituye el esfuerzo de un grupo de médicos veterinarios especialistas en las áreas de la salud pública veterinaria o la epidemiología veterinaria, con amplia experiencia, no sólo en la docencia sino en la prestación de servicios de salud tanto en México como en otros países del continente Americano.

El libro ha sido concebido como un texto de epidemiología básica dirigido particularmente a los estudiantes y profesores, en los niveles de licenciatura o de maestría, o bien profesionales de las ciencias veterinarias con el propósito de aportar las herramientas metodológicas que les faciliten comprender y describir la epidemiología de las enfermedades que afectan las poblaciones animales, mediante la cuantificación y el análisis del proceso salud-enfermedad, además del diseño de investigaciones que le permitan la identificación de factores de riesgo y asociaciones causales para proponer las medidas de prevención, control o erradicación más eficaces, eficientes y oportunas. Pretende, además, estimular la aplicación de la epidemiología en la promoción de la salud y en el diseño de programas en el ámbito de la salud animal o la salud pública veterinaria asegurando el uso de los recursos disponibles de una manera racional, eficaz y eficiente.

*Epidemiología Veterinaria* comienza con una síntesis histórica de la epidemiología y de la salud pública veterinaria en el mundo en general y en México en particular. El capítulo 2 describe puntualmente la Historia Natural de la Enfermedad, detallando en la cadena epidemiológica.

En el capítulo 3 se aborda el proceso epidémico mediante la explicación y el cálculo de las principales tasas de uso en epidemiología, además de los procedimientos para su análisis mediante la comparación y el ajuste de tasas. En el capítulo 4 se explican los diferentes modelos de asociación causal, además de los pro-

cedimientos a través de los cuales se lleva a cabo la medición de la asociación a través de diferencias relativas (riesgo relativo, razón de momios) o de diferencias absolutas (riesgo atribuible) para establecer asociaciones causales, una de las tareas primordiales en el ejercicio de la epidemiología.

En el capítulo 5 se describen los diferentes métodos de pareamiento empleados en el diseño de la investigación epidemiológica con el propósito de comparar poblaciones. El diseño, aplicación, ventajas y desventajas de los diferentes tipos de estudios epidemiológicos, constituyen el objetivo del capítulo 6.

La identificación de variables, el diseño y aplicación de cuestionarios así como el diseño de muestreos, son indispensables en la investigación epidemiológica, tópicos que son abordados en el capítulo 7. La epidemiología como concepto y disciplina, surge y se afianza históricamente en la investigación de las epidemias, tema que se contempla en el capítulo 8, en el cual se describen las razones y las etapas para llevar a cabo una investigación de campo ante un brote epidémico.

El diagnóstico correcto es la base para sustentar la toma de decisiones oportunas, eficaces y eficientes ya que la confiabilidad de la pruebas diagnósticas depende de la probabilidad de que puedan detectar de manera adecuada los animales enfermos o sanos; los conceptos básicos y la metodología para la evaluación y selección de las pruebas diagnósticas se describen en el capítulo 9.

Finalmente, los capítulos 10 y 11 abordan dos temas de gran actualidad frente a los desafíos que trae consigo la globalización de las economías, lo cual ha implicado la desaparición de las barreras arancelarias y en consecuencia el fortalecimiento de las barreras sanitarias, de tal manera que tanto la vigilancia epidemiológica y el análisis de riesgo, como instrumento novedoso de la misma, constituyen piezas fundamentales de la epidemiología moderna.

Debemos reconocer que muchas de las ideas y planteamientos expresados en este libro, no son de nuestra total originalidad, han sido obtenidas de maestros, colegas, compañeros de docencia, y particularmente, del permanente contacto con estudiantes, tanto de la licenciatura como de posgrado. Confiamos que este libro servirá para seguir estimulando el interés de los estudiantes y profesionales de la medicina veterinaria y zootecnia, en el desarrollo de la epidemiología como una disciplina holística y en su aplicación para enfrenar los nuevos retos de las Ciencias Veterinarias.

Expresamos nuestro agradecimiento a los estudiantes de epidemiología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, por ser el estímulo para la edición y publicación de este libro. De igual manera, a las diferentes instituciones, *alma mater*, de los autores: Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad Nacional de Colombia, Universidad Autónoma de Yucatán, México y Universidad de Caldas, Colombia.

Finalmente, nuestro agradecimiento al Dr. José Fernando P. Dora, Representante de la OPS/OMS en Uruguay y al Dr. Héctor Fabio Valencia Ríos, Profesor Asociado, Facultad de Ciencias Pecuaria, Universidad de Nariño, Colombia, por su apoyo para la revisión de los borradores de la presente obra, y a la Editorial El Manual Moderno, por haber creído en este proyecto esperando que contribuya al desarrollo de la Epidemiología Veterinaria.

Los autores confiamos en que este libro servirá para seguir estimulando el interés de estudiantes y profesionales de la medicina veterinaria y zootecnia, en el desarrollo de la epidemiología como una disciplina holística, así como en su aplicación para enfrentar los nuevos retos de las Ciencias Veterinarias.

**Dr. Carlos Julio Jaramillo Arango**

**Dr. José Juan Martínez Maya**

---

---

# Agradecimientos

---

A Rosa Laura, por su amor.

A Itzel, por su cariño y aceptación.

A mis hijos: Karla Paola y Jorge Augusto, en quienes se refleja mi realización como ser humano.

A mis hermanos, con quienes comparto linaje y raíces, fundamento de lo que soy.

**Carlos Julio Jaramillo Arango**

A Miriam, por ser como es y me ha dado.

A Miriam Verónica y José Juan, porque son el futuro.

A Eduardo Martínez y Guadalupe Maya, por su apoyo incondicional.

A mis hermanos, por todos los momentos compartidos.

**José Juan Martínez Maya**





---

# Historia natural de la enfermedad

---

*José Antonio Romero López, José Juan Martínez Maya*

Ningún individuo animal o vegetal vive aislado en el ambiente que habita, se encuentran en medio de una compleja trama de factores que gravitan en su salud. En el complejo contacto dinámico del individuo con la naturaleza se encuentran las explicaciones y causas de los problemas de salud que pudieran aquejarlo.

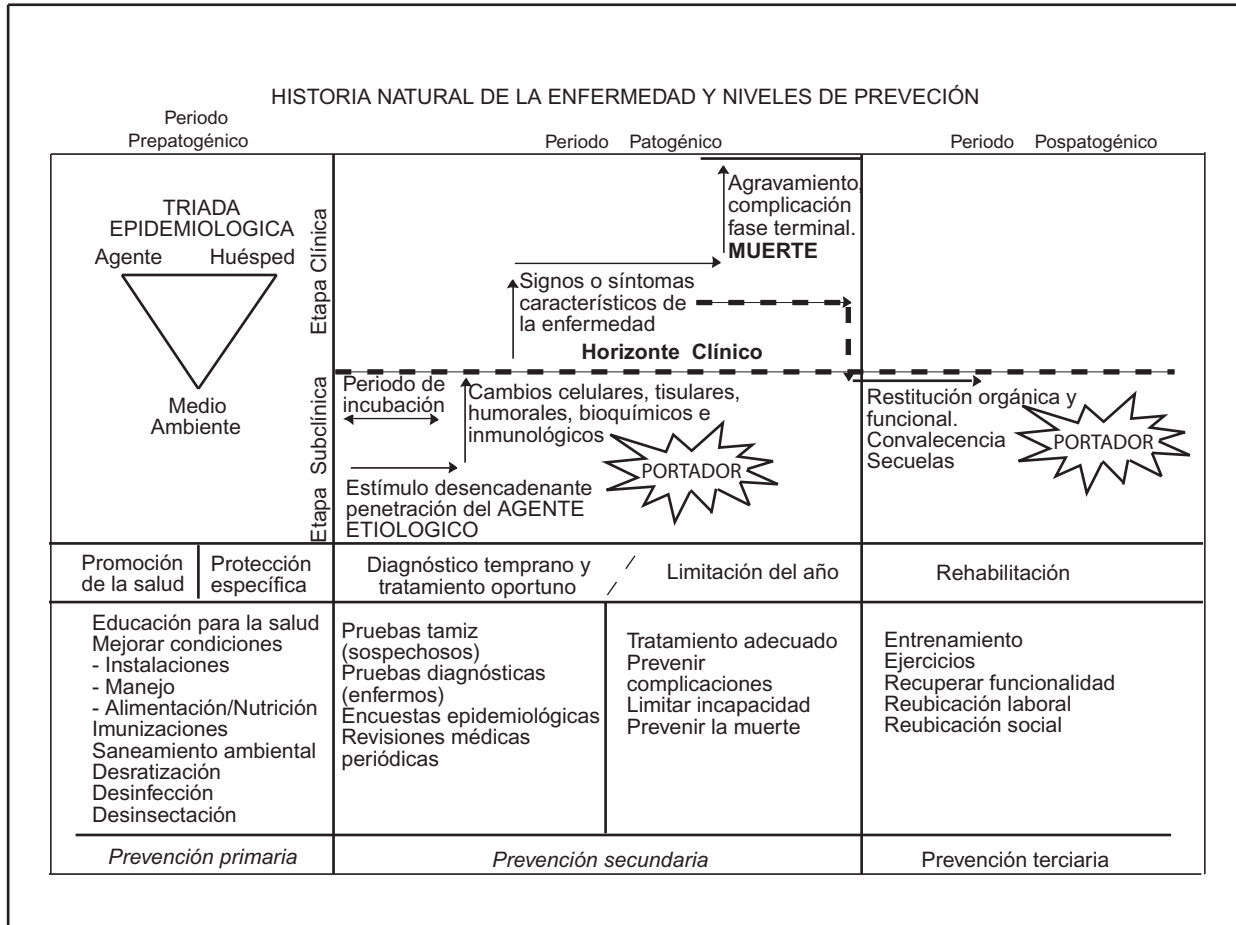
Según la OMS (Organización Mundial de la Salud), la salud depende de un equilibrio biológico, psicológico y social del individuo con el ambiente que lo rodea; esta situación de interdependencia armónica involucra la participación dinámica de diversos elementos en el ecosistema, cuya sobrevivencia está supe- ditada a la interacción entre las unidades biológicas y su ambiente. Cuando este equilibrio (homeostasis) se inclina contra el hospedador da lugar a la enfermedad.

La presentación de un fenómeno mórbido se encuentra influida por factores inherentes del agente patógeno, el hospedador y el ambiente; y no ejercen sus efectos por separado sino que interactúan en la inducción de la enfermedad.

La comprensión de la enfermedad requiere no sólo la contabilización de los casos, sino también de realizar un seguimiento de su evolución (curso) en el tiempo, dicha evolución desde su inicio hasta la resolución del proceso o la muerte del hospedador se conoce como historia natural de la enfermedad y representa su curso espontáneo, sin ninguna intervención que altere su gravedad, duración o impacto, es decir incluye lo que ocurre u ocurrirá (figura 2-1).

Comprende básicamente dos periodos:

- a) **el periodo prepatogénico**, que precede a la infección y sus posibles manifes- taciones clínicas, por el contacto efectivo entre el agente y el hospedador; está conformado por las condiciones propias de los dos anteriores y el ambiente que los rodea;



**Figura 2-1.** Representación gráfica de la historia natural de la enfermedad y los niveles de prevención.

b) el **periodo patogénico**, que se encuentra caracterizado por la respuesta orgánica del hospedador ante el agente, esta etapa se encuentra dividida de manera longitudinal por el horizonte clínico, el cual separa el plano subclínico de las manifestaciones clínicas (signos y síntomas).

Es importante tener claro que una enfermedad no se manifiesta por el simple contacto con el agente etiológico, sino por la interdependencia del mismo con el hospedador y el ambiente, este hecho puede ser representado por la triada ecológica o epidemiológica (figura 2-2), cada uno de los vértices está ocupado por uno de los tres factores, por lo tanto cualquier modificación en un ángulo, implica necesariamente una modificación en los otros dos.

Este capítulo describe algunos de los factores que deben incluirse al exponer la epidemiología de la enfermedad. La explicación completa de la historia natural de la enfermedad debe facilitar la comprensión de la misma. Antes de analizar las interacciones que llevan al desarrollo de los procesos patológicos conviene establecer las características principales de cada uno de los elementos constituyentes de dicho proceso.

## PERIODO PREPATOGENICO

Se sustenta en la interacción de la triada epidemiológica, sin un contacto efectivo entre el agente y el hospedador. Los factores desencadenantes aún no han presentado cambios de ninguna naturaleza relacionados con la enfermedad. Cada uno de los componentes de la triada, presenta características de importancia epidemiológica.

### Agente etiológico

Es un organismo, elemento, sustancia o fuerza, animada o inanimada, cuya presencia o ausencia según sea el caso, con un hospedero o huésped susceptible y



**Figura 2-2.** Representación esquemática de la triada epidemiológica.

bajo condiciones ambientales apropiadas, sirve como estímulo para iniciar o perpetuar una enfermedad.

Se diferencian tres tipos de agentes causales de enfermedades:

- a) físicos (p. ej., calor, frío, humedad, radiación, ruido, traumatismos);
- b) químicos (p. ej., venenos, tóxicos, ácidos, álcalis), y
- c) biológicos (p. ej., priones, virus, bacterias, hongos, protozoarios, metazoarios, rickettsias).

El término agente causal o agente etiológico es un concepto convencional del cual ya se señaló que su presencia no es en sí la “causa” única de una enfermedad, aunque si es necesaria para el desarrollo de la misma.

Las propiedades de los agentes biológicos son importantes para el entendimiento de determinadas enfermedades, enseguida se mencionarán las variables más relevantes de un agente biológico con relación a las enfermedades infecciosas:

- **Morfología (tamaño, forma y composición):** esto determina su ruta de penetración y tipo de transmisión. Importante para su clasificación e identificación, así el hecho de determinar en bacterias que son cocos o bacilos puede dar una idea de la causa.
- **Infecciosidad:** es la capacidad de un agente para penetrar y multiplicarse en el hospedero, en su caso salud en algunos casos donde sólo ocurre lo primero. Este concepto es diferente al de contagiosidad ya que éste se relaciona con la capacidad replicativa del agente. En este sentido, el virus de la influenza aviar dependiendo de su variante antigénica H o N podrá infectar a diferentes especies; un aspecto interesante es el caso del metacéstodo de *T. solium*, que sólo infecta el tejido muscular sin proceso de multiplicación. Otros céstodos como *E. granulosus*, son capaces de instalarse y multiplicarse en forma larvaria en el huésped intermediario o en su fase adulta al liberar proglótidos con huevos.
- **Patogenicidad:** es la capacidad que tiene un agente para provocar daños o lesiones específicas en un hospedero (su expresión en éste), es decir para provocarle enfermedad. Cada agente puede tener un diferente grado de patogenicidad; así mientras la mayoría de las cepas de *E. coli* son inofensivas, la variante O157:H7 presenta una alta patogenicidad, para el caso de *T. solium*, el metacéstodo producirá un cuadro más o menos grave dependiendo del lugar de alojamiento, aún así, en cerdos no ha quedado clara la presencia de signos clínicos, probablemente por la poca duración de vida productiva de estos animales.
- **Virulencia:** es el grado de severidad del daño (grado de patogenicidad) o la capacidad que tiene el agente para producir casos graves o fatales. La virulencia puede medirse por el número de casos fatales que hay en una enfer-

medad, así la virulencia de la rabia en perros es del 100% ya que cualquier animal que presente signos clínicos (enfermedad) morirá.

- **Inmunogenicidad:** es la capacidad que tiene el agente de inducir una respuesta protectora (respuesta inmune humoral, celular, o ambas) específica por parte del hospedero, esta característica depende de la estructura antigénica. Resalta su importancia por dos razones: si un agente es antigénico, entonces es posible establecer procedimientos diagnósticos mediante la identificación de sus determinantes, asimismo es posible la elaboración de vacunas tendientes a generar una respuesta protectora.
- **Variabilidad:** capacidad de adaptación del agente a condiciones cambiantes del hospedero o del ambiente, por ejemplo muchos virus, en particular el de influenza, presenta mutaciones que dificultan su prevención, diagnóstico o profilaxis.
- **Viabilidad:** capacidad de sobrevivir fuera del hospedero (en el ambiente o medio exterior), por ejemplo la capacidad de sobrevivida del virus de la rabia en el ambiente es de minutos, en comparación con *Mycobacterium*, *Brucella* o *Leptospira*.

## Hospedero o huésped

Es un animal vivo, que en circunstancias naturales permite el alojamiento de un agente infeccioso y que puede o no sufrir la acción de dicho agente.

Son diversas las características del hospedero que repercutirán en su interacción con el agente y todas actúan en la susceptibilidad, entendiendo por ésta como la probabilidad de desarrollar o no una enfermedad. Entre las características que inciden sobre dicha susceptibilidad, algunas no se ven influidas por el agente o el ambiente (características intrínsecas), mientras que otras dependen de una interacción con aquéllos (características extrínsecas), dentro de los primeros se puede identificar:

- **Especie:** es el nivel taxonómico que considera a los individuos relacionados entre sí por semejanzas genotípicas y fenotípicas. Las especies animales pueden ser susceptibles a un agente específico. Por ejemplo, los equinos como hospederos únicos de anemia infecciosa equina, los porcinos la fiebre porcina clásica, mayor resistencia a piroplasmosis por parte del ganado cebú, el complejo teniosis–cisticercosis sólo en cerdos y humanos, enfermedad de Newcastle en aves, la fiebre aftosa en ungulados y algunas enfermedades cuya diversidad es amplia como toxoplasmosis en mamíferos e incluso aves y reptiles, así como rabia en mamíferos.
- **Raza:** se entiende por raza a cada uno de los grupos en que se subdividen las especies, poblaciones que se distinguen por un conjunto de caracteres visibles, que se encuentran determinados genéticamente, la diferente susceptibilidad de algunas razas frente a un mismo agente está definida en la mayoría

de los casos por características genéticas. Se reconoce que un diagnóstico presuntivo puede considerarse al determinar esta variable, por ejemplo: el carcinoma mamario en caninos de raza Bóxer, displasia de cadera en Pastor alemán, queratoconjuntivitis en bovinos Hereford, asimismo, mayor resistencia a piroplasmosis por parte del ganado cebú (*Bos indicus*), entre otros.

- **Sexo:** existen muchas enfermedades asociadas a esta variable, los cuales se hallan directa o indirectamente relacionadas con diferencias anatómicas, fisiológicas o ambas, ya que esto puede o no facilitar la implantación de una infección; como ejemplo se encuentran: en hembras; mastitis, metritis, piometras; en machos: tumores de células de Sertolli, balanitis, orquitis. En la actualidad se ha descrito que la condición hormonal pudiera tener un efecto sobre la susceptibilidad, de esta forma se ha visto una mayor probabilidad de infección por metacéstodos de *T. solium* en cerdas gestantes y machos castrados.
- **Edad:** se sabe por diferentes estudios que hay enfermedades que afectan en mayor o menor proporción a diferentes grupos de edad, por ejemplo, problemas neumónicos o diarreas en animales jóvenes, problemas degenerativos o tumorales en animales viejos, además cabe señalar que esta variable se encuentra directamente relacionada con el estado inmunológico del individuo (madurez inmunológica, contactos previos con el agente, inmunidad materna).
- **Estado fisiológico:** el estado general del individuo es un factor relevante en lo que corresponde a la susceptibilidad. De tal manera que diversos estados de alteración funcional del hospedero como: tensión, gestación, desnutrición, castración o no, entre otros, pueden disminuir o aumentar la susceptibilidad al ataque de agentes. El estado fisiológico de un individuo se encuentra altamente relacionado con condiciones físicas, biológicas y socioeconómicas por parte del ambiente. Por ejemplo en poblaciones animales, de manera particular en gallinas, es común la estratificación del “liderazgo” habiendo en un grupo una que tiene jerarquía sobre las demás y en orden decreciente van otros animales, esta jerarquía implica un estrés constante que aunado a otras variables puede comprometer la salud de los animales.
- **Finalidad zootécnica:** el grado de desarrollo anatómico permite realizar ciertas funciones zootécnicas o estéticas, así como la vida útil de los animales impactará directamente sobre el estado fisiológico del individuo, por ejemplo: problemas de mastitis en los bovinos especializados en producción de leche, en cerdos su corta duración hasta el sacrificio no ha permitido, como ya se mencionó, la identificación de casos clínicos de cisticercosis porcina entre otros.

## Ambiente

Es el medio físico, biológico y socioeconómico en el cual el hospedero y agente

habitan, consecuentemente pueden interactuar, es posible identificar diferentes tipos de entorno o ambientes:

- **Físico:** dentro de éste, es posible identificar al clima y las condiciones atmosféricas como: temperatura, radiación solar, humedad relativa, corrientes de aire, precipitación pluvial. Así como el tipo de suelo, orografía, hidrografía, tienen un efecto directo sobre la presencia, permanencia, proliferación y diseminación de los hospedadores, y sus agentes. En el caso de los animales domésticos, en algunas circunstancias, particularmente en climas extremos, se han establecido sistemas productivos en donde se controlan estas condiciones ambientales con barreras para la entrada de agentes a través medidas de bioseguridad. Ejemplo de la importancia del ambiente físico puede observarse en zonas tropicales de América, donde sólo a cierta altitud sobre el nivel del mar es posible encontrar al murciélago hematófago *Desmodus rotundus*, y con él, casos de rabia. Además la temperatura y precipitación pluvial determina la presencia de mosquitos y por lo tanto de las enfermedades transmitidas por ellos como: paludismo, dengue, enfermedad del oeste del Nilo entre otras.

De manera natural, el ambiente físico también puede ser una barrera efectiva para evitar la diseminación de agentes a otros hábitats, en este sentido, los océanos, montañas, valles, pueden evitar la difusión, permanencia o ambas de un agente o sus reservorios. De hecho, numerosos estudios hacen hincapié en la sobrevivencia o multiplicación de agentes de acuerdo a variables como la temperatura y humedad. Otras condiciones ambientales como la presencia de fenómenos naturales (huracanes, inundaciones, terremotos), pueden marcar la sobrevivencia de los hospederos.

- **Biológico:** está integrado por flora y fauna, determina en principio la presencia del hospedero en la zona, así como de la red de posibles interacciones a través de su ubicación en el nicho ecológico, además lo ubica a él hospedero o a otras especies como reservorios, vectores, fuentes de infección, al igual que los posibles mecanismos de transmisión, por ejemplo la presencia de flebótomos en zonas selváticas determina la endemidad de la enfermedad de los chicleros o leishmaniasis. La presencia de aves silvestres, sin las adecuadas medidas de bioseguridad puede ser un elemento que favorezca la existencia de casos de influenza aviar en una granja avícola.

- **Socioeconómico:** algunos de estos componentes son: manejo, higiene ambiental, grado de tecnificación, costumbres y hábitos por parte de la comunidad, estructura de producción, vías de comunicación entre otros, los cuales pueden favorecer la presencia del agente como del hospedero.

Es indiscutible que la frecuencia de diversas enfermedades varía entre los animales de traspaso, y aquéllos que son criados en una unidad tecnificada donde la alimentación así como la forma de llevar la producción puede aumentar o disminuir el riesgo de presentación de enfermedades. Por ejem-



plo, la cisticercosis es un problema eminentemente circunscrito a cerdos de comunidades rurales en donde los animales tiene acceso a materia fecal humana, situación que no podría llevarse a cabo o de forma muy circunstancial en una granja tecnificada. La tuberculosis es más frecuente en hatos lecheros donde la alta densidad poblacional favorece la transmisión.

## CADENA EPIDEMIOLÓGICA

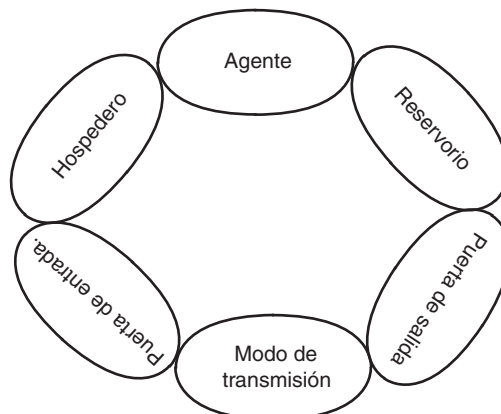
El estímulo que permite la transición del periodo prepatogénico al patogénico es posible explicarlo a través de la cadena epidemiológica. Se trata de un esquema tradicional que representa un sistema direccionado y cíclico en el cual el agente es eliminado de una fuente de infección y transferido al ambiente hasta alcanzar otro hospedero susceptible en el que penetra, evoluciona y nuevamente es eliminado (figura 2-3), de esta manera se facilita la comprensión de las interacciones entre el agente, hospedero y ambiente, buscando ordenar los eslabones que identifican los puntos principales de la secuencia en diversos problemas de salud.

### **Agente**

El primer eslabón de esta cadena corresponde al **agente**, el cual ya ha sido descrito en páginas anteriores.

### **Reservorio**

El siguiente elemento dentro de dicha estructura, corresponde al **reservorio**, el cual según la OMS, es: "cualquier ser humano, animal, artrópodo, planta, suelo o materia capaz de mantener un agente durante un periodo prolongado en un área determinada. El hábitat natural en el que vive, se multiplica, crece o ambos, del cual depende su supervivencia y puede ser transmitido a un hospedador suscep-



**Figura 2- 3.** Representación esquemática de la cadena epidemiológica.

tible". Por ejemplo, el reservorio de la rabia urbana, el cual es el perro, del complejo equinocosis-hidatidosis son los carnívoros como hospederos definitivos, los cuales pueden cambiar dependiendo de la especie y como huéspedes intermediarios se encuentran los diferentes mamíferos domésticos o silvestres, circunstancia que sujeta a la especie y cepa de *Equinococcus*.

### **Puerta de salida**

El eslabón sucesivo corresponde a la **puerta de salida** o eliminación del agente, la cual corresponde a la vía por la cual un agente infeccioso sale de la fuente de infección. Para entender esta etapa conviene familiarizarse con algunos términos relacionados:

**Fuente de infección:** ambiente natural y sitio de multiplicación a partir del cual un agente pasa a un hospedero. Los individuos pueden actuar como fuentes de infección adquiriendo las siguientes características que a continuación se describen:

- **Enfermo:** es la fuente de infección más importante y común, puede desarrollar características de signología y sintomatología reconocibles de una entidad nosológica determinada.
- **Portador:** individuo que alberga un agente infeccioso específico de una enfermedad, sin presentar signos, síntomas clínicos de ésta o ambos, además en condiciones de transmitir el agente.
- **Vector:** animal invertebrado que transporta un agente infeccioso desde un individuo infectado o sus desechos, hasta un individuo susceptible o hasta una fuente inmediata de infección. El agente puede desarrollarse o no, o bien, llevar parte de su ciclo evolutivo dentro del vector.

En este sentido, las principales rutas de salida del agente generalmente coinciden con la vía de penetración del mismo al hospedero las cuales pueden ser (figura 2-4):

- **Respiratorias:** tuberculosis, moquillo canino, calicivirus felino.
- **Genitourinarias:** brucelosis, tumor venéreo transmisible, tricomoniasis, leptospirosis.
- **Digestivas:** parvovirus canina, la mayoría de las parasitosis.
- **Piel:** micosis, sarnas, enfermedades transmitidas por mosquitos.

### **Modo de transmisión**

El cuarto eslabón dentro de este esquema refiere al **modo de transmisión**, el cual es un mecanismo esencial para que el agente infeccioso pueda transportarse de la puerta de salida de la fuente de infección a la puerta de entrada del hospedero. Dicha transmisión puede establecerse mediante contacto directo (proximidad e intimidad con diferentes fuentes de infección) o indirecto (vector, vehículo, o bien sustancias u objetos que pueden ser diseminadas por el aire) como se señala en el siguiente diagrama (figura 2-5):

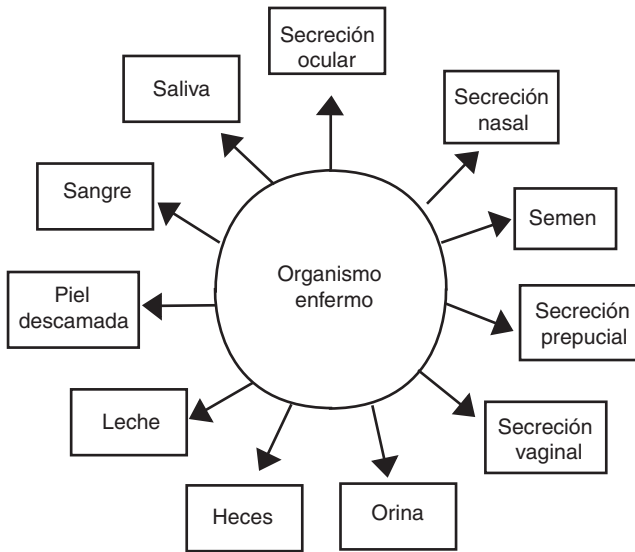


Figura 2-4. Representación esquemática rutas de salida.

- **Transmisión directa.** Consiste en la aproximación del agente por contacto directo a partir de mordeduras, contacto sexual, lactación entre otros; o bien la proximidad mediante gotas de aerosol, evento fundamental para efectos de enfermedades respiratorias en las cuales el agente pasará al medio en gotas de diversos diámetros, las cuales se desecan lentamente infectando también el ambiente.
- **Transmisión indirecta.** Dentro de esta categoría, un elemento biótico fundamental es la *transmisión por vectores*, ya que es una de las rutas de mayor importancia epidemiológica, donde el invertebrado es capaz de trasladar al agente desde una fuente de infección hasta el hospedero susceptible. Cabe señalar que dicho traslado, puede ser sólo mecánico en cualquier superficie del vector, de esta manera el agente es reubicado de un espacio físico a otro, o bien

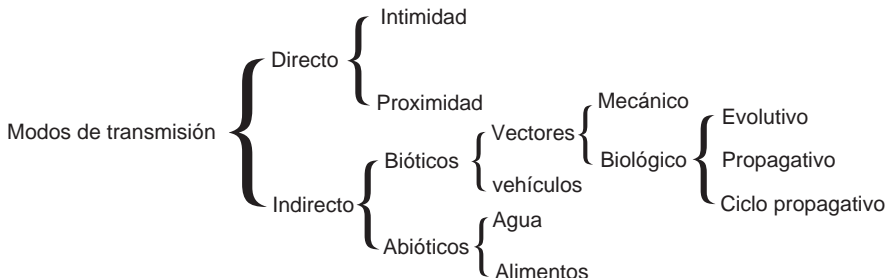


Figura 2-5. Diagrama que señala los modos de transmisión

durante este acarreo dentro del vector puede llevarse a cabo parte del ciclo evolutivo del agente, como ocurre con la *Babesia bigemina* en la garrapata. No obstante, algunos autores describen que cuando el traslado mecánico del agente lo lleva a cabo un organismo vertebrado, éste puede ser considerado como un vehículo. Para que el ciclo de transmisión del agente se complete, no es suficiente haber penetrado e infectado un hospedero y ser eliminado del mismo, debe sobrevivir fuera de él un tiempo suficiente que le permita encontrar e introducirse en un nuevo hospedero susceptible. La vía o puerta de eliminación del agente, determina la naturaleza del medio externo en el que deberá permanecer hasta alcanzar al nuevo hospedero. En esta etapa, adquiere especial importancia la presencia de los elementos abióticos, los cuales son elementos de uso común en la manutención de los animales y son contaminados por individuos enfermos, pueden generar un contacto de tipo indirecto entre poblaciones afectadas y sanas, algunos ejemplos son:

- a) **Transmisión por polvo:** ocurre cuando las gotas del aerosol, se precipitan sobre el suelo u otros elementos o por contaminación directa de las descargas del hospedero afectado (heces, orina, esputo).
- b) **Transmisión por agua:** las infecciones de diversas índoles, pero sobretudo entérica o renal poseen al agua como una de las principales rutas de transmisión.
- c) **Transmisión por el suelo:** de particular importancia en algunas helmintiasis e infecciones entéricas.
- d) **Transmisión por alimentos:** entre estos merecen especial atención los dirigidos a consumo de otras especies o bien al humano, además de la consideración a los que se contaminan posteriormente, tal es el caso de los vegetales.

### ***Puerta de entrada al hospedero***

En el quinto eslabón se ubica la **puerta de entrada** al hospedero, la cual es la vía a través de la cual el agente etiológico penetra al hospedero, y tiene la particularidad de ser básicamente las mismas y son aprovechadas por el agente para su salida de la fuente de infección.

### ***Huésped***

Por último, dentro de la representación esquemática de la cadena epidemiológica se encuentra el **huésped, hospedador u hospedero**, cuyas características inherentes fueron referidas en el apartado correspondiente a la triada epidemiológica.

## **PERIODO PATOGENICO**

Una vez que se da el contacto efectivo entre el agente y el hospedador, iniciará un proceso que podrá derivar en una enfermedad clínica, el cual para cada caso

tardará determinado tiempo en manifestarse, durante el tiempo de entrada del agente hasta la aparición de los primeros signos clínicos la enfermedad, se desarrolla en una etapa subclínica y el tiempo transcurrido es conocido como periodo de incubación. Una vez que se manifiestan los primeros signos y síntomas, la enfermedad habrá pasado a la etapa clínica, y la división entre ambas es proporcionada por el horizonte clínico (figura 2-1).

## **Etapa subclínica**

En el esquema propuesto por Leavell y Clark, se encuentra ubicada por debajo del horizonte clínico. Es el periodo del curso de la enfermedad que va desde el influjo de los factores causales hasta las primeras manifestaciones clínicas inespecíficas.

Se inicia a partir del momento en el que el agente penetra y se establece en el organismo. Cuando el agente biológico invade el organismo y encuentra un medio adecuado para vivir y multiplicarse; prácticamente en la totalidad de las infecciones es necesario producir una cantidad suficiente de agente que logre resistir las barreras anatómicas, fisiológicas e inmunológicas, con la finalidad de alcanzar los órganos o tejidos de elección para producir lesiones. Sin embargo, este hecho no se presenta en todos los casos, por ejemplo en la cisticercosis humana, la cual un solo metacéstodo dependiendo de su ubicación es capaz de generar un efecto incluso fatal.

Entre la introducción del agente al nuevo hospedero y el apareamiento de las primeras lesiones, transcurre el periodo de incubación, el cual es muy variable en duración ya que depende de la velocidad de replicación del agente o del daño al órgano afectado. Los tejidos del hospedero responden con cambios tisulares que caracterizan a la inflamación, la activación de la función fagocitaria, anticuerpos y varios cambios bioquímicos. En esta etapa, los cambios pueden ser detectados por estudios diagnósticos clínicos para la detección temprana de algunas enfermedades.

## **Etapa clínica**

Durante la etapa clínica y dependiendo de cada enfermedad, se observarán los diferentes signos y síntomas, los cuales pueden ser resueltos por el organismo o derivar en un proceso de deterioro continuo, en otras palabras, el resultado de una enfermedad podrá tener tres vías; 1) la recuperación espontánea, aún incluso antes de que se manifiesten los signos, es decir, que dependiendo de la enfermedad, desde el periodo de incubación hasta la etapa clínica es posible que el individuo pueda resolver por sí mismo la enfermedad, 2) la cronicidad o 3) la muerte.

La identificación de la historia natural de la enfermedad, además del conocimiento que aporta a la caracterización clínica de cada entidad nosológica, tiene

una ventaja adicional, permite proponer las medidas preventivas aplicables fundamentalmente en cada una de las tres etapas.

---

## BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez R:** Salud Publica y Medicina Preventiva, Mexico, Editorial El Manual Moderno Tercera Edicion, 2002.
- Armijo-Rojas R:** Epidemiologia basica en atencion primaria de la salud, Primera Ed., Madrid, Diaz de Santos, 1993.
- Beaglehole R:** Epidemiologia basica, OPS, Washington, D.C., 1994, Primera Ed.
- Colimon K:** Fundamentos de epidemiologia, Primera Ed., Madrid, Diaz de Santos, 1990, Tercera Ed.
- Fuentes L:** Climatologia medica: Laecologia y su salud, Primera Ed., Mexico, Edamex, 1990.
- García Z:** Epidemiologia veterinaria y salud animal, Primera Ed., Mexico, Limusa, 1990.
- Hennekens Ch:** Epidemiology in medicine, EUA, First Edition, Little, Brown and Company Boston/Toronto, 1987.
- Jenicek M:** Epidemiologia: La logica de la medicina moderna, Espana, Masson, 1990.
- Lilienfield AM:** Fundamentos de epidemiologia, Mexico, Sistemas tecnicos de edición, Primera Ed., 1987.
- Martin S, Meek A:** Veterinary epidemiology, Third Edition, Iowa, University Press, 1998.
- Rosemberg F:** Principios de epidemiologia, OPS, Primera Ed., Washington D.C., Oxford University Press, 1986.
- Schuman S:** Epidemiology practice-based, First Edition, EUA, Gordon and Breach Science publishers, 1986.
- Susser M:** Conceptos y estrategias en epidemiologia, Primera Edicion, Mexico, Biblioteca de la salud, F.C.E., 1991.
- Thursfield M:** Epidemiologia veterinaria, Primera Ed., Zaragoza, Espana, Acribia, 1990.
- Vega L:** Bases esenciales de la salud publica, Primera Ed., Mexico, Prensa Medica Mexicana, 1976.
- <http://www.tabaquismo.freehosting.net/epidemiologia/epidemiatabaco.htm>. marzo 2008.



## El proceso epidémico

José Juan Martínez Maya

### DETERMINACIÓN DE LA FRECUENCIA DE LA ENFERMEDAD

Tratar de definir la situación que guarda un problema en un hatu o incluso compararlo con lo que pasa con otras poblaciones es quizá uno de los objetivos más importante para establecer un diagnóstico de salud en cualquier población.

Para lograr este objetivo es necesario conocer, en principio, la frecuencia de los diferentes problemas ocurridos, ésta puede expresarse como **valores absolutos** o **valores relativos**.

El **valor absoluto** puede ser el resultado de una **frecuencia**, implica conocer el número de veces que se repite un evento de interés, por ejemplo: número de casos de brucelosis en un año o el número de granjas en una entidad o el número de casos de rabia paralítica bovina durante un año.

El **valor relativo** es un valor que, además **se relaciona con otro** de interés, entre los valores relativos se pueden calcular a las **razones**, las **proporciones** y las **tasas**.

**Razón:** es el cociente que resulta de dividir dos valores provenientes de conjuntos independientes.

$$\frac{A}{B}$$



Una **proporción** o **frecuencia relativa** implica que en nuestra división el numerador forma parte del denominador.

$$\frac{A}{A+B}$$

=





Para ejemplificar ambos conceptos, suponga que en un hato tiene la siguiente relación de animales por sexo:

	Machos	Hembras	Total
<b>Sexo</b>	<b>43</b>	<b>467</b>	<b>510</b>

Si se desea calcular la razón o relación hembra:macho =  $467/43 = 10.86$ , en este caso el numerador es independiente del denominador, se puede interpretar de las siguientes maneras: hay  $10.86 \approx 11$  hembras por cada macho, otra forma de expresarlos es: que hay una razón de 10.86 a 1, o que hay 9.86 veces más hembras que machos.

### ¿Cuál es la razón macho:hembra? ¿Cómo se expresa?

Del mismo modo, se desea conocer la **proporción** de hembras en la población, ésta es igual a  $467 / 510 = 0.9156$ , como puede observarse **467 es parte de los 510**, además, cuando la proporción se multiplica por 100 se expresa en **porcentaje**, por lo tanto, la **proporción** es de 0.9156 y el **porcentaje** es igual a 91.56%, o dicho de otra forma, 91.56% de la población son hembras.

### ¿Cuáles son el porcentaje y la proporción de machos en la población?

**Tasas.** Son formas especiales de proporciones, el objetivo del cálculo de tasas es conocer la situación de salud en una población animal, asimismo permiten estimar la probabilidad de ocurrencia de un evento en esa población y proyectar a futuro dichos resultados con la finalidad de planear las necesidades y actividades en los diferentes programas de salud animal.

Las tasas no son mediciones simples que sólo se construyen de los números que las componen, además debe tenerse en cuenta la representatividad de la información con respecto a la población de donde proceden, tomando en cuenta tiempo y espacio.

Básicamente están constituidas por un **numerador**, un **denominador** y un **factor de multiplicación**.

$$\frac{\text{Numerador}}{\text{Denominador}} \times 10^n$$

- El numerador es el número de eventos de interés (enfermos, muertos o con una característica de interés), considerando tiempo y lugar.
- El denominador es el total de la población de donde proceden los casos (incluyéndolos), en ese mismo tiempo y lugar (también se le conoce como población a riesgo o población expuesta).

- El factor de multiplicación es un valor de 10 a la “n” potencia ( $10^n$ ), tiene por objeto expresar el resultado de la división en **números enteros**, por esta razón el factor de multiplicación puede ser  $10^2$ ,  $10^3$ ,  $10^4$ , o  $10^n$  es decir: 100, 1 000, 10 000 u otro valor. Es obvio que al comparar los resultados de 2 o más poblaciones, o de la misma población en diferentes momentos, todas deberán tener el mismo factor de multiplicación, el cual deberá estar indicado en el resultado.

Por ejemplo, se quiere calcular la tasa de brucelosis en el rancho “A” durante 2009:

$$\frac{\text{Total de casos de brucelosis en el rancho A durante 2009}}{\text{Promedio de vacas en el rancho A durante 2009}} \times 10^n$$

Por ejemplo, por mencionar un número, que la proporción obtenida hubiera sido 0.0038, en este caso el factor de multiplicación podría ser  $10^3$  o  $10^4$ , así el resultado sería igual a 3.8 casos por cada 1 000 vacas, o 38 por cada 10 000 vacas respectivamente. ¿Cuáles podrían ser los factores de multiplicación para los siguientes resultados? 0.086, 0.00058 y 0.0000093.

## Tasas brutas y específicas

La tasa es bruta, cruda o global siempre y cuando su denominador contemple a toda la población, independientemente de que el numerador contenga todos los eventos (mortalidad o morbilidad) o estén clasificados por causa. Por ejemplo:

$$\text{Tasa de mortalidad global} = \frac{\text{Total de muertos por todas las causas}}{\text{Total de animales a mitad del periodo}^*}$$

$$\text{Tasa de mortalidad global por neumonías} = \frac{\text{Total de muertos por neumonías}}{\text{Total de animales a mitad del periodo}^*}$$

## ¿Como se construiría la tasa de mortalidad global por carcinoma en perros de la ciudad de México en 2009?

### Tasa específica

Es aquella en la cual se evalúa una parte de la población con ciertas características de interés, dentro de las más comunes están: por edad, sexo, fin zootécnico,

\*El denominador debe representar a la población inicial en tiempo y espacio. Para poblaciones grandes (humanas) y con poca variación en el periodo evaluado es posible considerar el total de individuos a mitad de periodo, pero habrá que tener cuidado de no evaluar periodos tan grandes que involucren más de una población. Por ejemplo, la evaluación de un año puede ser muy grande para poblaciones de cerdos o aves, cuyo periodo de vida es de semanas o algunos meses.

entre otras, incluso es posible hacerlas por más de una variable, por ejemplo: edad y sexo; edad, sexo y raza.

Para construir una tasa específica es necesario que tanto en el numerador como en el denominador se considere a ese subgrupo de población y que ambos coincidan en lugar y tiempo.

Por ejemplo, se quiere evaluar la mortalidad por neumonías en terneras menores de 1 año:

En el numerador se contemplará el número de terneras menores de 1 año que murieron por neumonía, el denominador será el total de terneras nacidas durante ese año; es importante recordar que el numerador forma parte del denominador, en este caso será una tasa específica por edad y sexo (sólo terneras).

¿Cómo se construye la tasa específica de morbilidad por brucelosis en hembras? El cálculo de la prevalencia de tuberculosis en vacas lecheras mayores de cinco años, ¿es posible obtenerlo mediante una tasa global o específica? El cálculo de la tasa de tuberculosis en vacas ¿es posible obtenerlo mediante una tasa global o específica?, ¿y si en el hato sólo hay vacas?

## Tasas de morbilidad

La **morbilidad** permite conocer qué tanto se presenta la enfermedad en la población, generalmente se mide a través de los siguientes indicadores:

### Tasas de: prevalencia, incidencia, incidencia acumulada y ataque

Tasa de prevalencia (TP). Indica la cantidad de enfermedad que existe en una población, por lo general se calcula considerando un momento dado, también conocido como prevalencia puntual, su cálculo se obtiene mediante la siguiente ecuación (TP):

$$TP = \frac{\text{Total de casos en una población en un lugar y momento dados}}{\text{Total de la población en ese lugar y momento dados}}$$

La tasa de prevalencia permite estimar la probabilidad de que el evento ocurra en un lugar. Por ejemplo: en un hato se realiza la prueba de California para la detección de mastitis; de 347 vacas evaluadas, 16 resultaron positivas, por lo tanto:

Tasa de prevalencia =  $16 / 347 = 0.046$  en este caso si el factor de multiplicación es  $10^2$ , la prevalencia en ese hato es igual a 4.6 casos de mastitis por cada 100 vacas, es decir:  $4.6 \times 10^2$  o 4.6 %, o en ese lugar una vaca tiene un 4.6% de probabilidades de estar afectada.

Para hablar de prevalencia es necesario que se considere a la **población total** o a una **muestra representativa** de ella, de no ser así, entonces es mejor referirse a la frecuencia relativa (proporción o porcentaje), esto es porque comúnmente se

comete el error de que cualquier proporción es tomada como prevalencia, cuando en realidad no lo es, un ejemplo podría ser querer calcular la TP de los datos obtenidos en un laboratorio de diagnóstico. Es decir, habrá de suponer que se quiere calcular la prevalencia de los casos diagnosticados con leptospirosis durante una semana con la siguiente ecuación:

$$\frac{\text{Casos de leptospirosis durante una semana}}{\text{Total de las muestras analizadas en esa semana}} \times 10^n$$

Algunas razones por las cuales el resultado no puede ser un estimador de la prevalencia son que:

- a) Los casos seguramente no fueron seleccionados de manera aleatoria, sino por medio de muestras de animales con signología clínica, es muy probable que animales en periodos iniciales o sin signología no sean evaluados.
- b) La población es desconocida, ya que debería ser el total de animales de donde proceden los casos.

Como se puede observar, la prevalencia indica qué tanto está presente la enfermedad en una población. Y dado que la prevalencia es un indicador de la forma como se han acumulado los casos en esa población, este indicador se aplica en enfermedades de curso crónico, haciéndose difícil o prácticamente imposible su evaluación en enfermedades agudas y de corta duración. Hay factores que favorecen un **aumento o disminución** de la prevalencia en cualquier población.

Factores que aumentan la prevalencia:

- **Mayor duración de la enfermedad.** Ya que permite que la acumulación de casos, pensando en una dinámica de presentación habitual en una región determinada.
- **Mayor esperanza de vida de un animal enfermo.** Similar al anterior, si un animal enfermo vive más tiempo, se acumulará con los casos nuevos y la probabilidad de encontrar positivos se incrementa.
- **Incremento en el número de casos nuevos (incidencia).** El que se incrementa la morbilidad, aumenta de manera automática la probabilidad de enfermedad en cualquier individuo de la población.
- **Inmigración de casos.**
- **Emigración de sanos.**
- **Mejores técnicas diagnósticas** (incremento aparente de la prevalencia). En este caso, no es en sí un incremento de la prevalencia, lo que indica es que ahora es posible de diagnosticar lo que en realidad sucede y que antes no se podía.

La prevalencia puede disminuir si:

- Se reduce la duración promedio de la enfermedad.

- La enfermedad presenta altas tasas de letalidad. Al morir los enfermos no permite que se acumulen los casos, un ejemplo podría ser la rabia, dada que todos los animales mueren en poco tiempo, es difícil calcular una prevalencia de rabia en un momento determinado.
- Disminuye la incidencia (disminuye el número de casos nuevos).
- Emigran casos.
- Inmigran sanos.
- Mejores técnicas terapéuticas.

### Tasa de incidencia acumulada (TIA)

Es quizá el cálculo más común de morbilidad, la incidencia implica conocer el número de **casos nuevos** durante un periodo determinado, el cual puede ser un día, una semana, un mes o un año.

$$TIA = \frac{\text{Número de casos nuevos en un periodo y lugar}}{\text{Población al inicio del periodo en ese lugar}} \times 10^n$$

- Del mismo modo se puede emplear como denominador a la población existente a mitad del periodo si durante éste la población fluctúa con una tendencia mínima, es decir aumenta o disminuye.

Por ejemplo, en un hato de 500 vacas, durante un año enfermaron 12 animales indicados en la figura 3-1, la cual indica la fecha de inicio de la enfermedad de cada vaca, la flecha la duración de la enfermedad y la punta de la flecha la terminación de la enfermedad ya sea por recuperación o muerte, es decir, la primera enfermó de febrero a mayo, la segunda de marzo a mayo, entre otros.

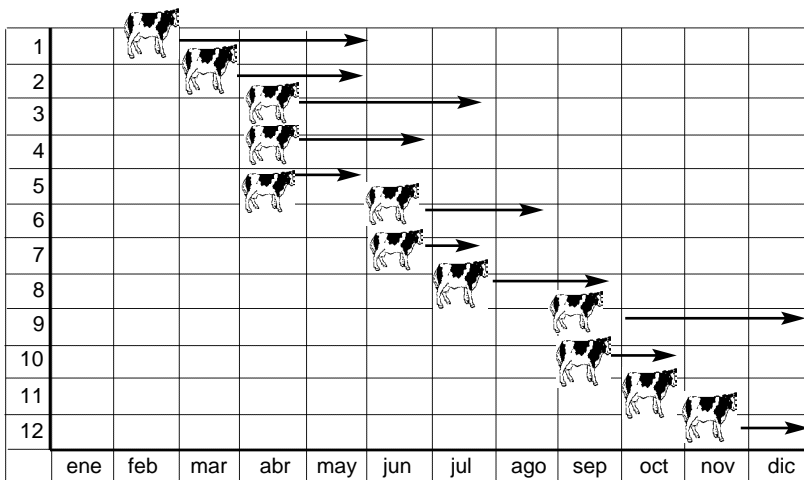


Figura 3-1. Momento y duración de la enfermedad en vacas.

Con base en esta información se puede calcular que la incidencia en febrero fue igual a 1 caso nuevo /500 vacas de la población = 0.002 o 2 x c/1 000 vacas, (el factor de multiplicación es  $10^3$ ).

De enero a junio se presentaron siete casos nuevos, por lo tanto la incidencia de enero a junio es de  $7/500 = 0.014$  o 14 casos por cada 1 000 vacas (el factor de multiplicación es  $10^3$ ), durante ese año la incidencia fue de 12 casos nuevos/500 vacas = 0.024 o dicho de otra forma; la incidencia durante ese año fue de 24 casos por cada 1 000 vacas, ¿cuál fue la incidencia acumulada de mayo a septiembre?

### Tasa de incidencia o incidencia verdadera (TIV)

La incidencia permite conocer la probabilidad de ocurrencia de casos nuevos en una población en un tiempo dado, mide la rapidez con la cual se desarrolla una enfermedad, por lo que proporciona la idea más exacta de los nuevos casos, considerando el tiempo a riesgo que tienen cada uno de los individuos para enfermar, en esta situación la expresión derivada de la obtención de la tasa es el número de nuevos casos por unidad por personas o animales-tiempo.

El tiempo a su vez puede ser planteado por periodos definidos y dependen del tipo de enfermedad y de la especie de la que se trate, pueden ser días, semanas, meses o incluso años.

La tasa de incidencia se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Tasa de incidencia (TIV)} = \frac{\text{Número de casos nuevos durante el periodo}}{\text{Suma de periodos a riesgo por la población expuesta}} \times 10^n$$

- a) Considerar cuál es el periodo total y cuáles los subperiodos durante los que se observará la enfermedad, por ejemplo, si se observa durante 1 año, es posible que se pueda dividir en meses o si es un mes en semanas, o días.
- b) Evaluar en qué momento ocurren los nuevos casos de enfermedad y contar el número de periodos a exposición, es decir, los periodos antes de que enfermaran los animales, se suman y el total es el denominador, no olvidar que los que no enfermaron también cuentan y cada uno estuvo expuesto todos los periodos. Por ejemplo, como se puede observar en la figura 3-2.

En este caso se tienen las mismas vacas que en el ejemplo anterior, el periodo a evaluar es de 1 año, el cual está dividido en meses, éstos son los periodos de riesgo a evaluar, suponga que se desea calcular la incidencia de enero a junio 30.

$$\text{TIV} = \frac{\text{Número de casos nuevos de enero a julio}}{\text{Suma de periodos a riesgo por la población expuesta}} 10^n$$

$$TIV = \frac{7}{\text{Suma de periodos a riesgo por la población expuesta}} 10^n$$

Para calcular el número de periodos (meses) a riesgo se realiza lo siguiente:

No vaca	Meses expuesta	No de vaca	Meses expuesta
1	1	5	3
2	2	6	5
3	3	7	5
4	3	Suma	22

En ese periodo enfermaron siete vacas, pero había 500, por lo tanto 493 no enfermaron, cada una estuvo expuesta 12 meses, por lo tanto  $493 \times 12 = 5\,916$  meses de exposición + 22 de las 7 que si enfermaron = 5938. Por lo tanto:

$$TIV = \frac{7 \text{ nuevos casos}}{5938 \text{ meses de exposición riesgo}} 10^n$$

$$TIV = 0.00117 \times 10^4 = 11.78 \times 10\,000$$

Existe una incidencia de 11.78 casos por cada 10 000 vacas expuestas durante un periodo (un mes) o hubo una incidencia de 11.78 casos por cada 10 000 meses de exposición a riesgo.

¿Cuál fue la incidencia verdadera de enero a diciembre? ¿Cuál sería la incidencia verdadera y la incidencia acumulada si en un hato también de 500 vacas,

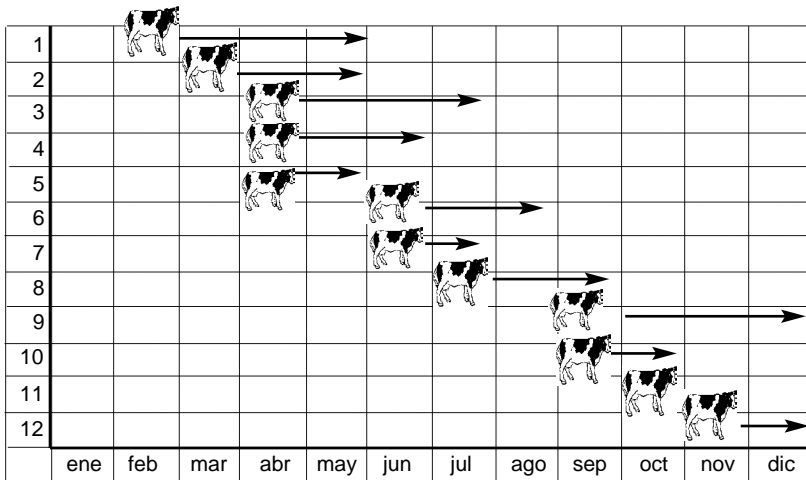


Figura 3-2. Momento y duración de la enfermedad en vacas.

12 enfermaron?, y se detectó el problema durante los siguientes meses: junio 1 caso, 3 en agosto, 4 en septiembre, 1 en octubre y 3 en diciembre.

A diferencia de la incidencia acumulada, la incidencia verdadera permite determinar con mayor precisión el riesgo de enfermar considerando el tiempo durante el cual los animales están con la probabilidad de padecer el problema en cuestión, es decir, toma en cuenta que el denominador será la suma de periodos donde los animales se encuentran bajo riesgo de enfermar.

## RELACIÓN ENTRE PREVALENCIA E INCIDENCIA

Como puede observarse, existe una relación estrecha entre la prevalencia y la incidencia. La cual se puede expresar en la siguiente ecuación:

$$\text{Prevalencia P} = \text{Incidencia} \times \text{duración de la enfermedad} \text{ o } P = I \times D$$

Esto quiere decir que la prevalencia depende del número de casos nuevos y de la duración de los mismos.

## Tasa de ataque (TA)

Es un tipo especial de tasa de incidencia, generalmente se utiliza en la **investigación de brotes**, mediante ella se busca determinar la magnitud de un problema entre aquellos animales que estuvieron expuestos a un factor que fue considerado el origen de un problema o también llamado **factor de riesgo**.

$$TA = \frac{\text{Número de casos}}{\text{Total de expuestos}} \times 100$$

La tasa de ataque, por lo general **se expresa en porcentaje** e indica qué tantos enferman los que estuvieron expuestos, proporciona la idea básica sobre la probabilidad de enfermarse un individuo expuesto por algún factor en particular. El factor de exposición a considerar será el que elija el investigador como potencialmente importante para desencadenar dicho problema.

Por ejemplo, en un hato se observó un brote de intoxicación alimentaria, se quiere determinar qué tanto puede estar involucrado el tipo de dieta con la presencia de la enfermedad, se sabe que en la población se dan tres dietas diferentes, y se obtienen los siguientes datos (cuadro 3-1):

Como puede verse, dado que el tipo de alimento es lo que se considera como causa del problema, la tasa de ataque estará en función de la exposición a cada una de las dietas administradas.

En este caso el alimento "A" tiene la mayor tasa de ataque (28.68%), por lo tanto pudiere estar asociado como causa del problema, su interpretación es que 28.68% de los animales que consumieron alimento "A" enfermaron.



**Cuadro 3-1. Frecuencia de casos de intoxicación alimentaria en una granja de acuerdo al tipo de dieta**

Dieta o alimento	Animales que enfermaron (A)	Animales que no enfermaron (B)	Total de animales (A+B)	Tasa de ataque x 100 (A/A+B)
"A"	35	87	122	28.68
"B"	6	94	100	6
"C"	3	136	139	2.15

La tasa de ataque es un indicador de la **patogenicidad** de los microorganismos o de la exposición a cierto factor de riesgo. De hecho, las tasas de incidencia y ataque, pueden ser utilizadas en problemas crónicos y agudos, ya que implican la detección de los casos, y no necesariamente su acumulación, como en el caso de la prevalencia.

### Tasas de mortalidad

Como su nombre indica, sirven para cuantificar un proceso natural en cualquier población, y que además pudiera incrementarse como consecuencia de enfermedades o exposiciones a condiciones indeseables a través de la evaluación de las muertes en una población, para lo cual se considera como evento de interés el número de muertos en general o por alguna causa en particular, como se señaló anteriormente, las tasas pueden ser brutas o específicas.

$$\text{Tasa de mortalidad} = \frac{\text{Número de muertos en determinado tiempo y lugar}}{\text{Total de la población durante ese tiempo y lugar}} \times 10^n$$

### Tasa de letalidad

Es un tipo especial de tasa de mortalidad, mediante la cual se trata de conocer la proporción de animales que mueren de entre aquellos que están enfermos por alguna causa en particular, permite **determinar la virulencia de una enfermedad**, su resultado se expresa en porcentaje:

$$\text{Tasa de letalidad} = \frac{\text{Número de muertos}}{\text{Número de enfermos}} \times 100$$

La importancia de este indicador reside en que en un brote, la tasa de letalidad podría ser un indicador entre otros, de la causa del problema. Además, su conocimiento permite priorizar ante problemas diferentes.

Por ejemplo, en un brote de rabia parálitica bovina se vieron afectados cinco animales, éstos murieron, por lo tanto la letalidad fue del 100%. Con otro ejemplo, se puede observar que en un hato se presentaron 25 casos de babesiosis de los cuales murieron tres animales, la letalidad fue de  $3/25 = 12\%$ .

## INTERVALO DE CONFIANZA DE UNA TASA Y COMPARACIÓN DE DOS TASAS

Con frecuencia, al referir una tasa se considera como un **indicador puntual**, es decir, se obtiene un valor único, sin embargo éste puede encontrarse sujeto a diversas variaciones y en consecuencia a posibles errores.

Por ejemplo, si determinara la prevalencia de una enfermedad en una muestra representativa de una población y al otro día otro investigador tomará otra muestra representativa de la misma población (que puede incluir a algunos de los mismos animales), aún cuando ambas hayan sido tomadas adecuadamente es casi seguro que habrá variaciones entre cada uno de los resultados, ya que tendrán un error aceptable derivado del resultado que es sólo un estimador de lo que pasa en realidad.

Cada uno de estos resultados o estimaciones puntuales de la prevalencia, al repetirlos varias veces y agruparlos, tienden a presentar una distribución normal, con base en esto, es posible calcular con el porcentaje de probabilidad conocida, el intervalo de confianza donde pudiera encontrarse el valor real de la tasa que se desea calcular. Existen varias ecuaciones para calcular el intervalo de confianza de una tasa, en este capítulo se expónrán dos:

### a) Método 1:

$$p \pm 1.96 \sqrt{(p \times q)/n}$$

donde p = proporción del evento (enfermos o muertos).

q = 1-p (proporción de no presentación del evento (sanos o vivos).

Por ejemplo: Suponga que hubieron 180 defunciones en una población de 18 354 habitantes. La tasa de mortalidad global como estimador puntual es de 0.009807 o 9.8 muertos por cada 1 000 habitantes.

$$p = 180/18\ 354 = 0.009807.$$

$$q = 1 - 0.009807 = 0.990192.$$

Sustituyendo:

$$0.009807 \pm 1.96 \sqrt{(0.009807 \times 0.990192)/18\ 354}$$

$$0.009807 \pm 1.96 \sqrt{0.0000005290} = 0.009807 \pm 0.001425.$$

**Límite inferior = 0.01129 o 11.29 muertos por cada 1 000 habitantes.**

**Límite superior = 0.00832 o 8.3 muertos por cada 1 000 habitantes.**

Con esto se obtienen dos valores, los cuales corresponderán al límite superior e inferior del intervalo donde se espera con un 95% de confianza que se encuen-

tre la verdadera tasa, en este caso de mortalidad.

Por lo tanto, es posible mencionar con 95% de confianza que la mortalidad va de 8 a 11 muertos por cada 1 000 habitantes.

b) Método 2:

$$k/n (d \pm 1.96 \sqrt{d})$$

donde: k= factor de multiplicación de la tasa.

d = Número de eventos (muertos o enfermos).

n = Población.

Con el mismo ejemplo:

La tasa de mortalidad era de 9.807 x cada 1 000 habitantes, por lo tanto el factor de multiplicación fue 1 000.

**d = 180, son el número de muertos.**

**n = 18 354 de población.**

Sustituyendo.

$$(1\ 000 / 18\ 354) \times (180 \pm 1.96 \sqrt{180}) = (1\ 000 / 18\ 354) \times (180 \pm 1.96 \times 13.41) \\ 0.05448 \times (180 \pm 26.29)$$

$$\text{Límite superior} = 0.05448 \times 206.29 = 11.23.$$

$$\text{Límite inferior} = 0.05448 \times 153.71 = 8.37.$$

En este caso el valor ya está calculado como una tasa por cada 1 000 habitantes y como podrá observarse es similar al calculado anteriormente. En un estudio para determinar la prevalencia de cisticercosis se evaluaron 650 sueros de cerdo, de ellos 39 resultaron positivos, ¿cuál es la prevalencia estimada y sus intervalos de confianza?.

Como se había señalado antes, un objetivo del cálculo de las tasas es poder establecer comparaciones entre dos poblaciones o en la misma a lo largo del tiempo, por esto es necesario que al tener dos poblaciones y comparar sus tasas, sea posible determinar si la diferencia encontrada es estadísticamente significativa. Entonces se puede observar cómo establecer la comparación considerando dos poblaciones independientes y dos poblaciones relacionadas.

## **Determinación de la diferencia de dos tasas independientes**

Dever propone la siguiente ecuación:

$$R \pm 1.96 R \sqrt{(1/d1) + (1/d2)}$$

donde:  $R = \text{tasa 1}/\text{tasa 2}$ .

$d_1 =$  Número de eventos en población 1.

$d_2 =$  Número de eventos en población 2.

El resultado será un intervalo, si en el intervalo no está presente el valor 1 (la unidad), entonces la diferencia es significativa. Es decir, si los dos valores son mayores o menores que la unidad, entonces confirma la diferencia. Así, un intervalo de 2.3 a 5.9 implica diferencia, otro de 0.87 a 5.4 implica que la diferencia no fue significativa. **Por ejemplo:**

Se desea comparar dos ranchos con los siguientes datos:

Rancho	Defunciones	Población	Tasa de mortalidad (1 000)
A	200	5 000	40
B	100	4 000	25

$$R = 40/25 = 1.6$$

Sustituyendo:

$$1.6 \pm 1.96 \times 1.6 = 1.6 \pm 1.96 \times 1.6 \times 0.1224.$$

$$1.6 \pm 1.96 \times 0.1958 = 1.6 \pm 0.3840.$$

Límite inferior: 1.98407.

Límite superior 1.2163.

Interpretación: Como en este caso los dos valores del intervalo son mayores que 1 (no lo contemplan como tal), por lo tanto, la diferencia entre ambas tasas de mortalidad es significativa.

## Ajuste de tasas

Si bien las tasas son mucho mejores indicadores que los valores absolutos para determinar o comparar la situación de salud en una población, circunstancialmente es posible que puedan generarse errores al tratar de **comparar** las tasas de dos poblaciones **cuya estructura en el evento de interés es diferente**. Cuando esto sucede es necesario realizar un ajuste en una población para poder equipararla con la otra, en general existen variables para las cuales es necesario considerar realizar un ajuste como son: edad, sexo, fin zootécnico, raza, entre otros.

Existen dos formas de ajustar o estandarizar las tasas, por el método directo y el método indirecto. Mediante el primero lo que se busca es determinar cuál sería la tasa global de nuestra población si su distribución fuera similar a la de una población de referencia o a la de otra población. En el caso del método indirecto, busca tratar de determinar cual sería la tasa global de nuestra población si tuviera las mismas tasas específicas que las de una población de referencia o con las tasas máximas permisibles en las diferentes etapas del proceso productivo en

unidad pecuaria. Por lo regular los ajustes de tasas se hacen con mortalidad, aunque también pueden aplicarse a morbilidad.

Por ejemplo, suponga que trabaja en dos granjas porcinas y se quiere saber cuál es el estado que guardan con respecto a la mortalidad como indicador directo de salud, es por ello que se desea comparar la mortalidad global de una con respecto a la otra y se obtiene lo siguiente:

Granja	Muertos	Población	Tasa x 100 cerdos
A	31	545	5.68
B	31	1350	2.29

¿Dónde se podría suponer que existen más problemas? Evidentemente se piensa que en la granja A hay una mayor mortalidad que la granja B, lo cual si bien es cierto, quizá pudiera ser debido a que algún factor propio de la población se encuentra influyendo en este resultado, por lo que al hacer el ajuste de tasas lo que se tratará de determinar es si la mortalidad sigue diferente o no al evaluar la estructura de la población por alguna de las variables mencionadas con anterioridad, en este ejemplo se puede observar que al distribuir por edad o etapa de desarrollo de los lechones, la estructura de la población es como sigue:

Etapa	Población A	Muertos A	Tasa x 100 A	Población B	Muertos B	Tasa x 100 B
Maternidad	225	21	9.33	50	5	10.00
Destete	130	7	5.38	100	6	6.00
Crianza	100	2	2.00	500	12	2.40
Finalización	90	1	1.11	700	8	1.14
Total	545	31	5.69	1350	31	2.30

Como ya se mencionó, la población A tiene una mayor tasa de mortalidad global que la población B, sin embargo si se observa con cuidado es posible apreciar que todas las tasas específicas en la población B son ligeramente mayores.

La explicación es sencilla, es debido a que la distribución proporcional de cada población es diferente y las mortalidades específicas por etapa también lo son, es decir, en aquellas etapas cuya proporción de individuos sea mayor y a su vez tiene una mayor tasa específica, aportará más peso a la tasa global. Esto se puede apreciar en el siguiente cuadro:

Etapa	Población A	Porcentaje A	Población B	Porcentaje B
Maternidad	225	41.3	50	3.7
Destete	130	23.9	100	7.4
Crianza	100	18.3	500	37.0
Finalización	90	16.5	700	51.9
<b>Total</b>	<b>545</b>	<b>100.0</b>	<b>1350</b>	<b>100</b>

En este caso, los lechones en maternidad tienen la mayor mortalidad en ambas poblaciones, sólo que en la población A constituye 41.3% de la población, mientras que en la B el 3.7%.

Por lo tanto, resulta de interés saber qué pasaría con la mortalidad en la población A, si su distribución por edad fuera igual a la de la B o viceversa.

### Procedimiento

#### Método directo

- Determinar la variable para hacer el ajuste (en este caso etapa de desarrollo).
- Determinar la población y número de muertos de cada etapa o estrato de población.
- Calcular la tasa de mortalidad específica para cada estrato de población.
- Determinar el número de muertos que esperaría en A si cada etapa tuviera la misma mortalidad pero con la población de B.

Por ejemplo: Los muertos esperados para el estrato de maternidad es igual a:

$$(50 \times 9.33)/100$$

O dicho de otra forma, si hay 9.33 muertos por cada 100 lechones, ¿cuántos muertos habrá si la población es de 50 lechones?, lo mismo en cada uno de los demás estratos, **al final se suman todos.**

Etapa	Mortalidad A x 100	Población B	Muertos esperados A
Maternidad	9.33	50	4.665
Destete	5.38	100	5.38
Crianza	2.00	500	10
Finalización	1.11	700	7.77
<b>Total</b>	<b>5.69</b>	<b>1 350</b>	<b>27.815</b>

e) Cálculo de la tasa ajustada.

$$\text{Tasa ajustada} = \frac{\text{muertes esperadas}}{\text{población estandar}} \times 10^n$$

$$\text{Tasa ajustada} = \frac{27.815}{1350} \times 100 = 0.0206 \times 100 = 2.06 \times \text{cada 100}$$

**Interpretación:** en este caso, al ajustar las tasas de mortalidad global de la población A con una distribución igual a la de B, la tasa de A sería menor que la que tiene, incluso ligeramente menor que la de la población B o dicho de otra mane-

ra, la población A tendría una tasa de mortalidad global de 2.06 muertes por cada 100 cerdos si su distribución fuera similar a la de la población B.

¿Qué pasaría si la población B se distribuyera como la población A, podría calcularse?

**Consideraciones:** Como se puede observar en el ejemplo anterior, es posible la comparación de dos poblaciones; sin embargo, se puede tener una distribución hipotética ideal o también llamada estándar, sobre la cual realizar las comparaciones. Por ejemplo, la distribución ideal de una granja de ciclo completo, donde el número de animales por etapa estará en función de **la proporción** que se considere ideal para una granja de este tipo.

### Método indirecto

Es el método más utilizado, esto se debe a que es frecuente que se desconozcan las tasas específicas para cada estrato, en ese caso, la información mínima con la que generalmente se cuenta es:

- El número de animales.
- El número de animales por estrato.
- El número de muertos totales.

Con esta información es posible calcular la tasa global. Además se necesitan conocer las tasas específicas en una población de referencia, que en caso de veterinaria, pueden ser las tasas de mortalidad máxima permitida en las diferentes etapas de crianza de alguna especie o las tasas específicas de algún rancho o granja que se consideren como modelo.

Suponga que nuestra granja modelo es la granja B, en ella se conocen las tasas específicas para cada estrato, además existen otras granjas, entre ellas la granja A, en la cual son desconocidos estos valores, lo único que se sabe es cuántos cerdos hay en total por estrato y cuántos murieron en total, sin identificar la edad.

### Procedimiento

- a) Determinar la variable para hacer el ajuste.
- b) Determinar el número de individuos por estrato.
- c) Determinar el total de muertos en esa población problema.
- d) Calcular la tasa de mortalidad global.

Etapa	Población A	Muertos	Tasa x 100
Maternidad	225	?	?
Destete	130	?	?
Crianza	100	?	?
Finalización	90	?	?
<b>Total</b>	<b>545</b>	<b>31</b>	<b>5.69</b>

Si se toman los datos del ejemplo anterior, se sabrá que había 545 cerdos y murieron 36, es decir, una tasa de mortalidad 6.61 x cada 100 cerdos.

e) Anotar las tasas de mortalidad de la población de referencia (en este ejemplo es la población B) y calcule las muertes esperadas.

Etapa	Población A	Muertos	Tasa x 100 población A	Tasa x 100 población B
Maternidad	225	?	?	10.00
Destete	130	?	?	6.00
Crianza	100	?	?	2.40
Finalización	90	?	?	1.14
<b>Total</b>	<b>545</b>	<b>31</b>	<b>5.69</b>	<b>2.30</b>

El cálculo de las muertes esperadas es similar al encontrado anteriormente, por ejemplo, para los cerdos de destete, se dice que si hay seis muertos por cada 100 cerdos y la población es de 130, por lo tanto habrá 7.8 muertos esperados, de esta forma se encuentra lo siguiente:

Etapa	Población A	Muertos	Tasa x 100 población A	Tasa x 100 población B	Muertos esperados
Maternidad	225	?	?	10.00	22.50
Destete	130	?	?	6.00	7.80
Crianza	100	?	?	2.40	2.40
Finalización	90	?	?	1.14	1.03
<b>Total</b>	<b>545</b>	<b>31</b>	<b>5.69</b>	<b>2.30</b>	<b>33.73</b>

Nuestra tasa ajustada será igual:

$$\text{Tasa ajustada} = \frac{\text{Muertos esperados}}{\text{Población}} \times 10^n$$

$$\text{Tasa ajustada} = \frac{33.73}{545} \times 10^2 = 6.18$$

En este caso si la población A tuviera las tasas de mortalidad específicas de la población B, entonces la mortalidad global de la población A aumentaría a 6.18 muertos por cada 100 habitantes. Por lo tanto, tiene mejores condiciones la población A que la de referencia.

Como estos resultados pueden ser confusos, ya que un valor mayor al observado implica mejores condiciones, es común el uso de otro indicador llamado la



razón estandarizada de mortalidad (REM). La REM se calcula:

$$\text{REM} = \frac{\text{Número de muertos observado}}{\text{Número de muertos esperado}} \times 100$$

Mediante esta ecuación es posible encontrar dos tipos de resultados de interés; que sea mayor o menor de 100, un valor mayor de 100. Por ejemplo, 130 indicará que aún ajustando a la población de acuerdo a la variable de interés, ésta tendrá un 30% más mortalidad que la estándar, si por el contrario el valor es menor, por ejemplo 80, después de ajustar la tasa el número de defunciones fue un 20% menor que en la población estándar.

En el ejemplo es igual a  $(31/33.73) \times 100 = 91.90$ , es por ello que después de ajustar la tasa, la población "A" tendría un 8.1% menos mortalidad.

### Determinación de la diferencia entre dos tasas relacionadas

De manera similar, como cuando se determina la diferencia entre dos tasas independientes, es posible que se quiera establecer si hay significancia estadística entre nuestra tasa observada y la ajustada, ya que para la toma de decisiones es necesario considerar si la diferencia encontrada merece la toma de acciones para esto es posible utilizar la siguiente ecuación propuesta por Dever:

$$\mu = (t-s) \sqrt{n/s^2}$$

donde: t = proporción observada.

s = proporción ajustada.

n = población.

El resultado es sencillo de interpretar, si  $\mu$  es mayor de 1.96, ambas tasas son distintas significativamente con un 95% de confianza, si el valor es mayor a 2.58 entonces son diferentes de manera significativa con un 99% de confianza, si el valor encontrado es menor a éstos, por lo tanto no hay diferencia. Retomando el ejemplo del método directo:

**Proporción observada = 0.0569.**

**Proporción ajustada = 0.0206 (método directo).**

**n = 545.**

Sustituyendo:

$$\begin{aligned} \mu &= (0.0569 - 0.0206) \sqrt{545/(0.0206 - 0.0206^2)} = \mu = 0.0363 \sqrt{545/0.02017} = \\ &\mu = 0.0363 \times 164.37 = 5.95 \end{aligned}$$

Como el valor obtenido es mayor que 2.58, hay diferencia estadísticamente sig-

**Cuadro 3-1. Ventajas y desventajas del uso de cierto tipo de tasas**

Indicadores del estado de salud	Ventaja	Desventaja
Tasa bruta	Es fácil de calcular, sirven como un valor de resumen, se usan para comparar poblaciones	Puede haber error al comparar poblaciones de con diferente estructura de alguna variable
Tasa específica	Permite comparar grupos homogéneos. Proporciona mayor información sobre posible causalidad	Puede ser complicado realizarlas o difícil obtener la información necesaria para ello
Tasa ajustada	Representan la tasa resumen, permiten realizar comparaciones entre dos o más poblaciones	No son tasas reales, dependen de la población estándar

nificativa entre las tasas observada y ajustada de la población A, evaluadas mediante el método directo (cuadro 3-1).

## BIBLIOGRAFÍA

- Colimon KM: *Fundamentos de epidemiología*. Editorial Díaz de Santos. S.A. Madrid, España 1990.
- Dever A: *Epidemiología y administración de servicios de salud*. Organización Panamericana de la Salud. Organización Mundial de la Salud. Maryland, 1991.
- Greenberg RS: *Epidemiología Médica*. 2ª ed. Editorial El Manual Moderno. México, D.F., 1998.
- Martin SW, Meek AH, Willeberg P: *Veterinary Epidemiology. Principles and Methods*. Iowa, University Press, 1988.
- Thrusfield M: *Epidemiología Veterinaria*. Acribia. Zaragoza, España.



---

# Consideraciones en el uso de pruebas diagnósticas

---

*Jorge Carlos Rodríguez Buenfil*

## INTRODUCCIÓN

Las habilidades principales del médico veterinario zootecnista son preservar la salud de la población animal y mejorar los parámetros en los sistemas de producción de una manera sustentable. Para llevar a cabo una evaluación del estado de salud en los animales, es necesario realizar un diagnóstico definitivo de las enfermedades que afectan a las explotaciones animales. El médico veterinario utiliza diversas herramientas diagnósticas al nivel de campo y de laboratorio, que lo ayuda a confirmar su diagnóstico presuntivo.

El diagnóstico correcto es la base para sustentar la toma de decisiones médicas, tanto de manera individual como al nivel de una población animal. Para fortalecer aún más este propósito, el profesionalista debe tener un conocimiento extenso sobre la biología de la enfermedad, experiencia en campo y un pensamiento lógico. El uso integrado de estos componentes incrementa la probabilidad de éxito.

En la actualidad, existen muchas pruebas diagnósticas disponibles que son utilizadas para identificar y/o cuantificar diferentes componentes presentes o relacionados con los animales. Dichas pruebas se pueden utilizar con el fin de:

- Detectar agentes patógenos o toxinas responsables de enfermedades explosivas.
- Evaluar el estado de infección, exposición a nivel de individuo, población, así como también para detectar el grupo de producción afectado.
- Estimar el porcentaje de hatos o individuos, con respuesta inmunológica (anticuerpos) ante algún agente.
- Evaluar a nivel del hato la respuesta inmunológica (anticuerpos) ante una vacunación.

- Evaluar los programas de control y erradicación de enfermedades.
- Realizar estudios epidemiológicos y de análisis de riesgo.
- Monitoreo y vigilancia de enfermedades.
- El éxito de cada uno de estos objetivos puede diferir de acuerdo a la calidad de la prueba que se utilice, al número de muestras considerado y a la estrategia diagnóstica que se lleve a cabo.

La elección de una prueba diagnóstica que responda a las necesidades de los objetivos anteriormente planteados, en gran parte se encuentra determinada por la disponibilidad y calidad de las mismas, del tipo de muestra que se deba tomar, así como también del costo, la rapidez y el grado de complejidad en su procesamiento. Por ejemplo, la aglutinación es considerada como una prueba relativamente sencilla y económica o por el contrario, la técnica de reacción en cadena de la polimerasa (PCR por sus siglas en inglés) convencional y de tiempo real presenta un proceso complejo y costoso.

La confiabilidad de cada una de las pruebas diagnósticas para proporcionar un resultado correcto depende directamente de la probabilidad de que el animal pueda resultar enfermo o sano, así como también de ciertas propiedades inherentes a las mismas. Con relación a la probabilidad de detectar a un animal enfermo, es de gran valor el conocimiento previo de la prevalencia de la enfermedad en la población que se va a estudiar. En este capítulo se realizará una revisión de los componentes de las pruebas diagnósticas y de los conceptos necesarios para el uso racional e interpretación de las mismas, con el fin de incrementar el éxito en el diagnóstico y su aplicación en los programas de control y erradicación de las enfermedades que afectan a la industria ganadera.

## CONCEPTOS BÁSICOS

Una prueba diagnóstica es un proceso diseñado para detectar lesiones, antígenos, anticuerpos, sustancias tóxicas, organismos o marcadores genéticos. Debido a su uso, aplicación o ambos, las pruebas pueden ser: filtro o tamiz y diagnósticas. Las pruebas filtro son aplicadas a poblaciones aparentemente sanas, para detectar infección o enfermedad subclínica y las diagnósticas a poblaciones afectadas. Por regla general, se dice que las pruebas filtro se llevan a cabo en poblaciones grandes y son seguidas por pruebas diagnósticas en aquellos animales que resulten positivos.

El resultado de una prueba puede ser expresado como una variable dicotómica, ordinal o continua:

- **Dicotómica:** presencia de signos clínicos (sí/no).
  - Gestante (sí o no).
  - Aislamiento viral (sí o no).
  - Serología positiva (sí o no).
- **Ordinal:** Títulos serológicos (1:4, 1:8, 1:16., 1:32, 1:64)

- **Continuas:** Conteo celular.  
Cantidad de enzimas en suero

## Prueba de Oro

También denominada *Gold estándar*, diagnóstico estándar, prueba definitiva o de referencia. Es considerada como un método o una combinación de éstos, con el cual se determina absolutamente y sin error si un individuo o un hato se encuentra infectado o enfermo, su resultado es considerado como el diagnóstico definitivo de una enfermedad.

Para muchas enfermedades el estado verdadero de salud en un animal, sólo puede ser determinado a través de la necropsia, y para otras no existe una prueba de oro. Además generalmente este tipo de pruebas presenta la desventaja de su elevado costo, es laboriosa y poco práctica desde el punto de vista clínico. Ejemplos de algunas pruebas se observan en el cuadro 9-1.

Existen pruebas rápidas y económicas que pueden ser desarrolladas aunque probablemente sean menos exactas que la prueba de oro. Para que una prueba pueda ser evaluada se utiliza una tabla de 2 x 2, obteniendo datos de las cuatro celdas (cuadro 9-2).

Donde:

- a: Animales enfermos detectados por la prueba (verdaderos positivos).
- b: Animales sanos que resultaron positivos a la prueba (falsos positivos).
- c: Individuos enfermos no detectados por la prueba (falsos negativos).
- d: Individuos sanos que resultaron negativos a la prueba (verdaderos negativos).

## CARACTERISTICAS DE LAS PRUEBAS

### Precisión

La **precisión** es la habilidad de una prueba para dar el mismo resultado cuando ésta es repetida bajo las mismas condiciones e interpretada sin el conocimiento

**Cuadro 9-1. Pruebas de oro que recomiendan para el diagnóstico definitivo en diferentes enfermedades que se presentan en la industria ganadera**

Enfermedad	Prueba de Oro
Leptospirosis porcina	Cultivo de riñón
Pseudorabia porcina	PCR (de tonsilas o nervio trigémino)
Toxoplasmosis porcina	Bioensayo de tejido cardíaco
Encefalopatía espongiiforme bovina	Inmunohistoquímica e histopatología de cerebro
Bruceosis Bovina	Aislamiento en productos del aborto
Paratuberculosis	Cultivo fecal

**Cuadro 9.2. Tabla de contingencia que se utiliza para determinar las propiedades de las pruebas diagnósticas**

		ESTADO VERDADERO (Prueba de oro)		
		+	-	total
P r u e b a	+	a	b	a + b
	-	c	d	c + d
	total	a + c	b + d	N

del primer resultado. En otras palabras, la precisión expresa la probabilidad de proporcionar el mismo resultado en pruebas repetidas a la misma muestra. Existen varios factores pueden afectar la precisión de una prueba, los más comunes son:

- Factores de variación biológica en la respuesta de animales infectados o no. Para el caso de individuos infectados, la respuesta serológica depende de la duración de la infección, de la dosis infectante, de la forma de infección (clínica o subclínica), del tipo de enfermedad (sistémica o localizada), del efecto de otras infecciones (inmunosupresoras), de la edad del animal y del momento en el cual se aplique la prueba. Para el caso de individuos no infectados, la variación se puede dar por la exposición a organismos que ocasionen reacción cruzada o a la presencia de anticuerpos inducidos por una vacunación.
- Factores de variación atribuibles al procesamiento de las pruebas. Dentro de éstos se incluyen las diferentes formas como se llevan a cabo el procesamiento de las muestras y a la interpretación de los resultados. Simultáneamente la variación en la interpretación por un mismo técnico en diferentes momentos de lectura de una prueba. Además, se pueden atribuir errores del laboratorio como serian la clasificación o identificación equivocada al momento de la recepción de muestras y al momento de entregar los resultados.

Por lo general, las medidas de precisión de las pruebas de laboratorio son:

- Repetibilidad: grado de variación de resultados dentro de un laboratorio.
- Reproductibilidad: grado de variación de resultado entre laboratorios.

## Exactitud o validez

La exactitud de una prueba describe que tan cercano es el resultado de ésta, con el estado verdadero del individuo. Es decir, es el grado con que se refleja el valor real de la variable en cuestión (enfermedad o infección). Una prueba exacta siempre va a ser correcta, esto es, nunca van a existir resultados falsos positivos y

negativos. La mayoría de las pruebas no son 100% exactas en su habilidad para identificar correctamente individuos infectados o no infectados.

La exactitud se entiende como la proporción de resultados negativos y positivos que son correctos.

$$\frac{a+d}{N}$$

La exactitud se utiliza para expresar el comportamiento general de una prueba diagnóstica.

Exactitud y precisión no son la misma cosa. Una prueba puede ser precisa sin ser exacta, pero no puede ser exacta sin ser precisa.

La exactitud tiene dos componentes importantes:

- Sensibilidad (Se).
- Especificidad (Es).

Para establecer dichas características, la prueba debe realizarse con muestras procedentes de animales de los cuales se conoce el estado de salud: enfermos o sanos. Los resultados pueden ser tabulados en una tabla de 2 x 2, de tal manera que la Se y la Es pueden ser calculadas.

## Conceptos de sensibilidad y especificidad analítica

Desde el punto de vista del laboratorio, la sensibilidad de una prueba se refiere a la capacidad para detectar concentraciones mínimas de ciertos componentes químicos. Por otro lado, la especificidad se refiere a la capacidad para reaccionar con solo un componente químico. La sensibilidad y especificidad desde el punto de vista epidemiológico depende de estos conceptos de laboratorio. Sin embargo son conceptos diferentes. La sensibilidad y especificidad epidemiológica responde a las preguntas: De todas las muestras que son positivas a una características ¿Qué proporción resultará positiva?, y de aquellas que son negativas ¿Qué proporción resultará negativa?, respectivamente.

### **Sensibilidad (Se)**

Existen muchas definiciones en la literatura con relación a estos dos componentes, las más comunes se enuncian a continuación:

- “Es la habilidad de la prueba para detectar a los individuos enfermos”.
- “Es la probabilidad de que una prueba identifique correctamente aquellos individuos que están infectados”.
- “Es la probabilidad de un resultado positivo en individuos que se conoce son positivos al evento de interés (enfermo, infectado)”.



La sensibilidad es medida como: la proporción de individuos con la enfermedad que dan un resultado positivo.

$$\frac{a}{a+c}$$

### **Especificidad (Es)**

La especificidad se puede definir de las siguientes formas:

- Es la habilidad de la prueba para detectar a los individuos sanos.
- Es la probabilidad de que una prueba identifique correctamente aquellos individuos que no están enfermos.
- Es la probabilidad de un resultado negativo en individuos que se sabe que son libres del evento de interés (enfermedad, infección).

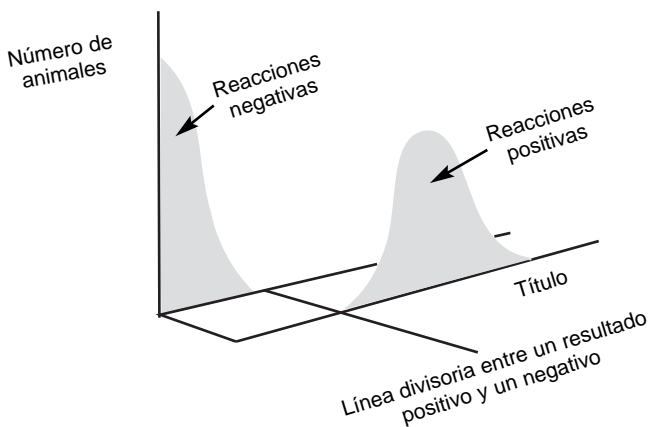
La especificidad es medida como: la proporción de individuos no enfermos que dan un resultado negativo.

$$\frac{d}{b+d}$$

### **Punto de corte**

La distribución normal de una prueba exacta, sería como se muestra en la figura 9-1. Sin embargo, no existe prueba que tenga un 100% de exactitud debido a la influencia de factores biológicos, técnicos o humanos.

Siempre en los resultados obtenidos, existirán animales clasificados como falsos positivos y falsos negativos, lo que origina que la curva de distribución de



**Figura 9-1.** Distribución de una población positiva y negativa obtenida de una prueba 100% exacta.

los valores de las poblaciones con y sin la variable de interés se superpongan (figura 9-2).

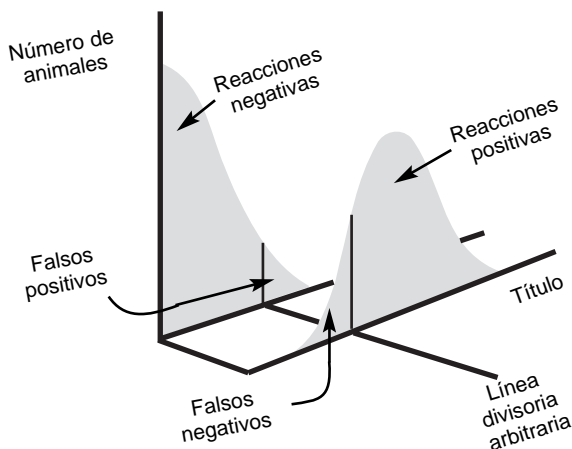
El punto donde se superponen las dos curvas es conocido como punto de corte (del inglés *Cut-off value*). Éste se puede definir de las siguientes maneras:

- El punto de corte es un punto en una escala de medida que clasifica los resultados en positivos a la prueba y negativos a la prueba.
- El punto de corte es aquel que divide los resultados en dos grupos: los infectados y no infectados.

Dentro de los animales infectados se consideran resultados falsos negativos y verdaderos positivos. Finalmente dentro del grupo de los no infectados se consideran resultados verdaderos negativos y falsos positivos.

Con frecuencia, el resultado de un proceso diagnóstico es interpretado como una variable dicotómica, tal es el caso de enfermo o no enfermo, presencia o ausencia del agente infeccioso, que facilita la interpretación del resultado significativamente. Sin embargo, si el diagnóstico proporciona un resultado que se mide en una escala de variables continuas como son los niveles de anticuerpos y el conteo de células somáticas, el valor del punto de corte de esta escala para determinar si el animal es positivo o negativo debe de ser determinado.

Para seleccionar el valor del punto de corte se deben de considerar factores tales como: el propósito de la prueba (como prueba tamiz o como prueba confirmatoria), el costo relativo (económico, social o político), que implica detectar cierto número de falsos positivos o falsos negativos y la disponibilidad de una prueba confirmatoria con alta especificidad. De igual forma, cuando se interpretan los resultados es conveniente considerar los siguientes puntos:



**Figura 9-2.** Distribución de una población positiva y negativa cuando se utiliza un punto de corte en pruebas no exactas.

1. Conocer si el punto de corte fue determinado por el laboratorio o la fábrica que elabora el paquete de prueba (kit) y si suministra resultados sólo como valores positivos o negativos. En este caso no se saben los criterios de elección del punto de corte, de tal manera que se pierde mucha información valiosa cuando los resultados se interpretan.
2. En el mismo sentido, cuando el laboratorio selecciona el punto de corte, lo realiza con el fin de minimizar errores de clasificación, esto es falsos positivos y falsos negativos, sin considerar el costo que implica.
3. Finalmente, es recomendable que el laboratorio proporcione los valores de S/P para el caso de las ELISAS o los títulos para el caso de otras pruebas, debido a que con ellos se tendría mejor información del punto de corte usado, para la interpretación de los resultados.

## Prevalencia

Clínicamente, el término prevalencia significa el mejor estimador de la probabilidad de que un animal tenga el evento de interés. Es una medida epidemiológica que se utiliza para cuantificar la presencia de una característica en una población animal en un punto del tiempo, es decir, de una manera estática y sin importar si son casos nuevos o viejos.

En el desarrollo de los estudios epidemiológicos se utilizan con frecuencia las pruebas diagnósticas para conocer esta prevalencia. Sin embargo, dicha prevalencia puede ser aparente o real. Estos mismos valores pueden ser obtenidos del cuadro de contingencia.

### **Prevalencia aparente (PA)**

Proporción de individuos que son positivos a la prueba diagnóstica que se utilizó (prueba filtro o tamiz), para medir el evento de interés (seropositivo).

$$\frac{a+b}{N}$$

### **Prevalencia real (PR)**

Proporción de individuos verdaderamente enfermos clasificados con una prueba de oro.

$$\frac{a+c}{N}$$

Con frecuencia, al realizar estudios epidemiológicos se conoce la Se y la Es de las pruebas que se utilizan. Por lo tanto, la prevalencia real puede ser calculada de la siguiente forma:

$$\text{Prevalencia real} = \frac{PA + Es - 1}{Es + Se - 1}$$

## Consideraciones:

- Los términos Se y Es son referidos como Se y Es relativa, para distinguirlas de Se y Es absoluta.
- Cuando existe una falta de Se conlleva a resultados falsos negativos. En contraste, cuando se observa falta de Es conduce a resultados falsos positivos.
- La sensibilidad y los falsos negativos describen como la prueba se comporta en individuos enfermos, esto es cuando existen prevalencias altas en la población de estudio.
- La especificidad y los falsos positivos describen como la prueba se comporta en individuos sanos, esto es cuando existen prevalencias bajas en la población de estudio.

Como se mencionó anteriormente, el uso de la Se y Es en epidemiología difiere del uso farmacológico e inmunológico. En estas últimas disciplinas, la Se de una prueba es aquella que detecta pequeñas cantidades de anticuerpo, toxinas enzimas, entre otros (cuadro 9-3). Inmunológicamente, la Se de una prueba puede no ser la Se desde el punto de vista epidemiológico.

**Para una mayor comprensión de los componentes descritos con anterioridad, se plantea el siguiente ejemplo:**

Se realizó un estudio epidemiológico transversal para conocer la prevalencia aparente y real de Brucelosis en el ganado bovino y para evaluar el uso de la prueba de tarjeta como prueba tamiz. La prueba de Oro que se utilizó fue la de fijación de complemento. El estudio se realizó en 10 000 animales (cuadro 9-4).

<b>a=</b>	186	Verdaderos positivos.
<b>b=</b>	48	Falsos positivos.
<b>c=</b>	114	Falsos negativos.
<b>d=</b>	9 652	Verdaderos negativos.

$$\text{Exactitud} = \frac{9838}{10000} = 98.38\%$$

**Cuadro 9-3. Cantidad mínima de proteína (anticuerpos) detectable por diferentes pruebas serológicas**

Prueba	Proteína ug/mL
Precipitación en gel	30.0
Neutralización con antitoxinas	0.06
Fijación de complemento	0.05
Aglutinación bacteriana	0.05
Inhibición de la aglutinación	0.005
ELISA	0.0005
Suero virus Neutralización	0.00005

**Cuadro 9-4. Evaluación de la prueba de tarjeta para el diagnóstico de Brucelosis**

P r u e b a	t a r j e t a	ESTADO VERDADERO (Fijación de complemento)			
			+	-	total
	+		186	48	234
	-		114	9 652	9 766
	total		300	9 700	10 000

$$\text{Sensibilidad} = \frac{186}{300} = 62\%$$

$$\text{Especificidad} = \frac{9652}{9700} = 99\%$$

$$\text{Prevalencia real} = \frac{300}{10000} = 3\%$$

$$\text{Prevalencia aparente} = \frac{234}{10000} = 2.34\%$$

### Interpretación

De los resultados obtenidos se puede observar que la exactitud de la prueba es alta. La PA y PR son muy similares 2.3 y 3% de manera respectiva. Asimismo, la Se (62%) relativa de la prueba de tarjeta es muy baja; esto quiere decir, que de cada 100 animales verdaderamente positivos, sólo 62 van a ser clasificados de forma correcta como verdaderos positivos. Por otro lado, se observa una Es alta (99%), lo que indica que de cada 100 animales negativos 99 van a ser clasificados como verdaderos negativos.

Asimismo, se puede observar un gran número de individuos clasificados como falsos negativos (114). Esta situación se observa cuando la frecuencia de la enfermedad es muy baja y hay que tener cuidado con los falsos negativos que pudieran representar un riesgo para la diseminación de la enfermedad.

### Valores predictivos (VPs)

Para que el médico determine el estado sanitario real de un individuo no sólo requiere conocer la sensibilidad y especificidad de la prueba diagnóstica, sino que también necesita estimar la probabilidad de que el resultado de dicha prueba represente la condición sanitaria verdadera del individuo. Para tal efecto puede hacer uso de los valores predictivos.

El valor predictivo puede definirse como la probabilidad de que el resultado de la prueba refleje el estado verdadero.

**Valor predictivo positivo (VP+)**

Es la probabilidad de que un individuo con resultado positivo a la prueba esté enfermo.

$$\frac{a}{a+b}$$

**Valor predictivo negativo (VP-)**

Es la probabilidad de que un individuo con resultado negativo a la prueba este sano.

$$\frac{d}{c+d}$$

Los valores predictivos se pueden mejorar seleccionando pruebas más sensibles y específicas. Por otro lado, mientras que la Se y Es son propiedades absolutas de las pruebas y no cambian por algún punto de corte dado, los VPs son relativos, varían con la prevalencia de la enfermedad de la población.

El efecto de la prevalencia en VP se puede resumir de la siguiente forma:

- Cuando la prevalencia disminuye el VP+ también disminuye pero el VP- se incrementa.
- Si existe mayor Se obtendrá un VP(-) mayor.
- Si existe mayor Es se obtendrá un VP(+) mayor.

No obstante, debido a que la prevalencia varía sobre un mayor rango que la sensibilidad y la especificidad, ésta se considera como el principal “factor” en determinar el VP. Al final, se debe tener en cuenta que los VPs no pueden ser empleados para comparar pruebas.

A continuación, se presenta un ejemplo para entender mejor estos conceptos:

Se realizó un estudio en 404 animales para evaluar el uso de la técnica de ELISA para la detección de anticuerpos contra *Mycobacterium paratuberculosis*. Para tal estudio se utilizó como prueba de Oro el cultivo fecal (cuadro 9-5).

a= 102 Verdaderos positivos.

b= 40 Falsos positivos.

c= 38 Falsos negativos.

d= 224 Verdaderos negativos

$$\text{Exactitud} = \frac{326}{404} = 80.69\%$$

$$\text{Sensibilidad} = \frac{102}{104} = 72.85\%$$

**Cuadro 9-5. Evaluación de la prueba de ELISA para la detección de anticuerpos contra *Mycobacterium paratuberculosis***

		ESTADO VERDADERO (Cultivo fecal)			
			+	-	total
P r u e b a	E l i s a	+	102	40	142
		-	38	224	262
		total	140	264	404

$$\text{Especificidad} = \frac{224}{264} = 84.84\%$$

$$\text{Prevalencia real} = \frac{140}{404} = 34.65\%$$

$$\text{Prevalencia aparente} = \frac{142}{404} = 35.14\%$$

$$\text{Valor predictivo +} = \frac{102}{142} = 71.83\%$$

$$\text{Valor predictivo -} = \frac{224}{262} = 85.49\%$$

### **Interpretación**

Se puede observar que la exactitud de la prueba es moderada 80%, lo que quiere decir que de 100 animales 80 son clasificados correctamente. Con relación a la Se y Es aunque se pueden catalogar como buenas, no son las deseables, debido a que se incluyen muchos falsos positivos y negativos.

Por otro lado, la PA y PR son muy similares. El VP (+) es relativamente moderado (72%), lo que indica que la probabilidad de que un individuo que resulte positivo a la prueba de ELISA esté en realidad enfermo es de 0.72. En contraste con lo anterior, se puede observar VP(-) mucho mejor (85%), de tal manera de que la probabilidad de que un individuo resulte negativo a la prueba de ELISA y este sano es del 0.85.

### **9.3.6. Razón de probabilidades**

Otro componente para considerar cuando se evalúa la utilidad de la prueba diagnóstica es la razón de probabilidades, que indica la probabilidad de que ocurra un evento en un grupo de animales en comparación con otro.

La razón de probabilidades es un índice de utilidad diagnóstica para expresar los *odds* que un hallazgo dado en un laboratorio ocurriría en un animal en oposición a un individuo sin la condición de interés.

Por hallazgo se entiende la presencia o ausencia de algún signo, o nivel de resultado de una prueba de laboratorio. La razón de probabilidades es calculada utilizando los mismos cuatro valores utilizados en la tabla de contingencia.

Razón de probabilidades para una prueba positiva:

$$\frac{a}{a+c} \bigg/ \frac{b}{b+d}$$

Razón de probabilidades para una prueba negativa:

$$\frac{c}{a+c} \bigg/ \frac{d}{b+d}$$

Para una mejor comprensión de estos conceptos se utilizan los mismos datos del ejemplo anterior (cuadro 9-5):

Razón de probabilidad positiva:

$$\frac{102}{140} \bigg/ \frac{40}{264} = 4.81$$

Razón de probabilidad negativa:

$$\frac{38}{140} \bigg/ \frac{224}{264} = 0.32$$

### Interpretación

En el ejemplo anterior la RP para una prueba positiva es 4.81. Esto significa que es 4.81 veces más probable que animales **infectados** con paratuberculosis tengan resultados de ELISA positivos en comparación con animales **no infectados**.

El RP para una prueba negativa es de 0.32. Esto significa que existe 1/3 de probabilidad de que individuos infectados con paratuberculosis, resulten negativos a la prueba de ELISA en comparación con los animales no infectados.

La razón de probabilidades ofrece ventajas sobre otros métodos para reportar el comportamiento de las pruebas. Debido a que la RP se deriva de la sensibilidad y la especificidad, ésta no se afecta por la prevalencia de la enfermedad.

## CONCORDANCIA ENTRE PRUEBAS

En muchas situaciones es difícil establecer el verdadero estado de salud de un individuo, debido a que se tiene que realizar exámenes *posmortem* o en el caso de enfermedades virales el cultivo y aislamiento del agente. En ambas situaciones es un trabajo laborioso y muy costoso. Esto ocasiona que se utilicen pruebas diagnósticas imperfectas como pruebas estándar. La Se y Es de estas pruebas no necesariamente tienen que ser conocidas, aunque se presume que los valores predictivos son aceptables para realizar el estudio. Bajo estas consideraciones, una prueba diagnóstica alternativa puede ser comparada con la prueba diagnóstica imperfecta



(contemplada como estándar). La concordancia entre ambas se expresa por el valor de Kappa.

Kappa es un método estadístico para evaluar el acuerdo entre métodos diagnósticos medidos en una escala dicotómica. Esto mide la proporción de acuerdo más allá de lo esperado por la casualidad. El valor de Kappa varía entre 0 a 1, valores mayores de 0.81 es un acuerdo casi perfecto, valores entre 0.61 y 0.80 indican un nivel de acuerdo sustancial, valores entre 0.41 y 0.60 es un acuerdo moderado, valores entre 0.21 a 0.40 es un acuerdo aceptable y valores menores a 0.20 es un acuerdo leve. Esta prueba también puede ser usada para evaluar el acuerdo entre el diagnóstico realizado por clínicos de campo.

Nota: La concordancia entre dos pruebas diagnósticas no indica que éstas posean la misma Se y Es, ni sirve como medida de las mismas.

## **PRUEBAS MÚLTIPLES**

Algunas veces las pruebas no son suficientemente exactas lo que origina que se tenga que utilizar algunas de ellas para tener mayor probabilidad de efectuar un diagnóstico correcto. Se tienen dos opciones para utilizar dichas pruebas: en serie o paralelas. La combinación de pruebas es un recurso utilizado en muchos diagnósticos, certificados de salud, monitoreo, vigilancia de enfermedades y programas de erradicación de las mismas.

Se asume que las propiedades de cada prueba son diferentes lo que las hace independientes, no obstante, al aplicarse para medir un proceso biológico en un individuo (presencia de anticuerpos), las pruebas se hacen dependientes condicionadas al estado verdadero del animal. Por ejemplo: la respuesta serológica de un animal infectado medida a través de dos pruebas diferentes, deben mostrar un patrón similar. Los resultados de falsos negativos deben ser muy parecidos tanto al inicio como durante el proceso de infección. De manera similar, en animales no infectados, los falsos positivos atribuibles a una vacunación o a una reacción cruzada deben tener una correlación positiva en ambas pruebas.

### **Pruebas en serie**

Es un procedimiento en el cual se aplican varias pruebas en forma secuencial y de forma consecutiva, basado en los resultados de la prueba anterior para clasificar a los animales positivos. Es decir, solo aquellos animales que son positivos a la prueba inicial son analizados nuevamente. Se considerará que el individuo tiene la enfermedad cuando el resultado de todas las pruebas es positivo. Para este tipo de pruebas se recomienda incrementar la especificidad y el valor predictivo positivo. Este tipo de pruebas son importantes para las campañas de erradicación, en donde los animales positivos son eliminados de los hatos. Por ejemplo, en México en la campaña contra brucelosis, primero se utiliza la prueba de tarjeta y las muestras

positivas son analizadas nuevamente con la prueba de Rivanol y/o fijación de complemento y si resulta positiva, el animal es clasificado como positivo.

## Pruebas paralelas

Este es un procedimiento en el cual se realizan dos o más pruebas en una población al mismo tiempo. En este caso se considerará que el animal posee la enfermedad cuando sea positivo a una o más de las pruebas aplicadas. Se recomienda incrementar la sensibilidad y el valor predictivo negativo. Este proceso es conveniente para evaluaciones rápidas o exámenes de rutina. Por ejemplo, en el Reino Unido, todas las vacas que abortan son muestreadas de manera rutinaria para brucelosis utilizando cultivo bacteriano de hisopos vaginales, rosa de Bengala para los sueros y la prueba de anillo en leche; el animal se considera afectado si resulta positivo a alguna de estas pruebas.

## CRITERIOS PARA SELECCIÓN DE PRUEBAS

1. Cuando usar una prueba con alta Se y alto VP (-).

Una prueba con estas características se debe utilizar en las etapas iniciales de cualquier programa de salud a nivel granja, región o nación, cuando la prevalencia de las enfermedades es relativamente alta. Con esto se busca detectar al mayor número de animales positivos al evento de interés y reducir el número de falsos negativos. Un animal falso negativo puede ser el diseminador de las enfermedades dentro de una granja, país o entre países, trayendo con esto consecuencias económicas severas en la industria ganadera.

2. Cuando usar una prueba con alta Es y alto VP (+).

Una prueba con estas características sirve para confirmar el diagnóstico y puede ser utilizada en las últimas etapas de un programa, cuando la prevalencia de la enfermedad es baja. El riesgo de obtener muchos falsos positivos en este periodo, es el costo elevado que representa enviar a estos animales al rastro para su sacrificio.

Si se realizan estudios en los cuales se utilizan pruebas filtro con el propósito de identificar aquellos casos que requieren tratamientos, es deseable para una prueba que tenga un alto VP (+), debido a que si esto no fuera así, un gran número de animales serían tratados o enviados al rastro innecesariamente.

## CONCLUSIONES

Para realizar un diagnóstico correcto en una población animal participan tanto los laboratorios como los profesionistas, sin embargo estos últimos son los que

tienen la mayor responsabilidad debido a que analizan los resultados que se obtienen en el laboratorio. Asimismo, se basan en la información existente en las explotaciones o en las granjas, de la importancia de los agentes infecciosos en éstas y de los factores de riesgo que hacen que se incremente la presencia de las enfermedades.

Con el fin de obtener los mayores beneficios en el uso de la metodología clínica epidemiológica que se desarrolla el veterinario debe de considerar lo siguiente:

1. Definir claramente los objetivos por los cuales se va a realizar el diagnóstico.
2. Identificar y seleccionar los laboratorios dentro de la región o a nivel nacional que tengan procedimientos de control de calidad y experiencia en el diagnóstico del agente que se está estudiando.
3. Seleccionar el tipo de muestra apropiado para el objetivo. De igual forma, utilizar los métodos de toma, conservación y envío de muestras recomendado para el tipo de muestra.
4. Tomar una muestra estadísticamente representativa de la población que se está estudiando, considerando el costo que esto representa.
5. Considerar, en su caso, incluir un grupo control para contrastar.
6. Considerar las propiedades que tienen cada una de las pruebas diagnósticas disponibles.
7. Finalmente, tener en cuenta los VPs de las pruebas cuando se aplican de manera individual y poblacional.

---

## BIBLIOGRAFÍA

- Gardner IA, Blanchard PB:** Interpretation of laboratory results. En: Straw BE, D'Allaire S, Mengeling WL *et al.* *Disease of Swine*. Iowa State University Press, 8<sup>th</sup> ed. 1999:19-39.
- Gardner IA, Greiner M:** Manual of First international course on advanced methods for test validation and interpretation. Freie Universität Berlin. 1999:20–22.
- Martin SW, Meek AH, Willeberg P:** *Veterinary Epidemiology. Principles and methods*. 1st edition. Iowa State University Press. EUA, 1987.
- Pearson RJ:** How to read an article on a new diagnostic test. Super course of Epidemiology (Serial online) 2000. Available from: <http://www.pighealth.com/Scourse/lecture/lec0342/001.htm>.
- Pfeiffer DU:** *Veterinary epidemiology*. An introduction. Institute of Veterinary, Animal and Biomedical Sciences. Massey University. New Zealand, 1998.
- Thrusfield M:** *Veterinary Epidemiology*. 2nd Edition, Blackwell Science. UK, 1995.
- Tizard I:** *Inmunología Veterinaria*. 5a edición,. McGraw-Hill Interamericana. México, 1996.

**Noordhuizen, J, Frankena K, Trusfield M y Graat E:** *Application of Quantitative Methods in Veterinary Epidemiology*. Wageningen, Pers, Wageningen, the Netherlands, 2001.

**Salman MD:** *Animal Disease Surveillance and Survey Systems*. Methods and Application. Iowa State Press First Edition, 2003.



---

---

# Índice

---

**NOTA:** Los números de página en **negritas** indican cuadros y en *cursivas* corresponden a figuras

## A

---

---

- Ácidos, 22  
Acuerdo General sobre Aranceles y Tarifas (GATT), 177  
Agente(s), 26  
    biológico  
        grado de patogenicidad, 22  
        infecciosidad, 22  
        morfología, 22  
    causal, 22  
    ciclo evolutivo del, 29  
    destrucción del, 141  
    etiológico, 21, 22  
    patógenos, 145, 178  
        vigilancia y el seguimiento epidemiológico, 173  
    vía de penetración, 27  
Agroquímicos, 136  
Álcalis, 22  
Aleatorización, 96  
Almacenes de alimentos, 136  
Alquimista, 6  
Ambiente, 24  
    mejoramiento del, 141  
Análisis  
    costo-beneficio, 171  
    de árboles,  
        de escenarios, 178  
        de fracaso, 178  
    de estudios de casos y controles pareados, 77  
    de riesgo, 177, 178  
        inicio del proceso, 180  
        limitaciones, 187  
        perspectivas, 187  
    de sensibilidad, 178, 184  
Anticuerpos, 145, 146, **153**  
Antígenos, 146  
Árboles  
    de escenarios, 178, 181  
    de fracaso, 178, 181  
Armonización, 177  
Arterias coronarias, 11  
Asociación  
    causal, 53, 58  
    consistencia de, 59  
    estadística, 58  
    medición de, 60  
    medidas de, 60  
Astrología, 6  
Astrólogo, 6  
Autopareo, 75, 80  
Autoridades sanitarias, 133

## B

---

---

- Babesia bigemina*, 29  
Bacilo tuberculoso, 60

Bacterias, 22, 181  
 Bacteriología, 10  
 Balanitis, 24  
 Becerros, 91  
 Bilis  
   amarilla, 3  
   negra, 3  
 Bioensayo de tejido cardíaco, 147  
 Biólogo, 171  
   celular, 59  
 Bioseguridad, 105  
   medidas de, 136  
 Brote(s), 41, 128  
   detectar un, 132  
   difuso, 140  
   futuros, 128  
   localizado, 140  
 Brucelosis, 121, 153  
   bovina, 89, 147  
   prueba de tarjeta para, 154  
*Brucella*, 23

## C

---

Cadena epidemiológica, 26  
 Calculadora, 118  
 Calostro, 91  
 Camadas, 87  
 Canal endémico, 129, 137  
 Cáncer, 11, 57  
   canino, 87  
   de vejiga, 94  
     canino, 87  
 Carbunco, 9, 55  
 Carcinoma mamario, 24  
 Caso, 94  
   asociado con el brote, 135  
   clínico, 135  
   confirmado, 135  
     por laboratorio, 135  
   coprimario, 137  
   definición operacional, 135  
   identificar factores de riesgo, 135  
   índice, 136  
   no asociado con el brote, 135  
   primario, 137  
   secundario, 137  
     sospechoso, 135  
 Causa, 92  
   hacia efecto, 96  
   intermedia, 59  
   necesaria, 60  
   primaria, 59  
   secundaria, 59  
   suficiente, 60  
 Causal  
   directa, 58  
   indirecta, 58  
 Causalidad, 56  
 Células de Sertolli, 24  
 Censo, 111  
 Céstodos, 22  
 Chi cuadrada, 65  
 Ciego, 98  
   doble, 98  
   simple, 98  
   triple, 98  
 Cisticercosis, 23, 44, 59  
   humana, 30  
 Cloroformo, 8  
*Clostridium*, 59  
   *perfringens*, 59  
 Código  
   sanitario, 128  
   Zoosanitario Internacional, 173, 182  
 Coeficiente de correlación (r), 87  
 Coherencia, 59  
 Cohortes, 91  
   contemporáneas, 93  
   diseño de, 93  
   diseño de, 93  
   expuestas, 91  
   históricas, 92, 93  
     diseño de, 93  
   no expuestas, 91  
   selección,  
     en el pasado, 92  
     en el presente, 93  
 Cólera, 8, 9, 13, 54, 170  
   asiático, 9  
 Complejo  
   equinococosis-hidatidosis, 27  
   teniosis-cisticercosis, 3  
 Computadora, 118  
 Conformación de pares, 78  
   objetivos, 78  
   ventajas, 78

Consecuencias, 178, 183  
 altas, 184  
 bajas, 184  
 insignificantes, 184  
 moderadas, 184  
 Contagio, 54  
 teoría del, 54  
 Contaminación, 167  
 Controles, 94  
 Correo electrónico, 110  
 Costo relativo, 151  
 Criterios, 134  
 clínicos, 134  
 de laboratorio, 134  
 epidemiológicos, 134  
 Cuadro típico, 135  
 Cuartiles, 129  
 Cuestionario, 106  
 diseño de, 106  
 elaboración de preguntas, 107  
 formato de, 106  
 mecanismo de aplicación, 109  
 tipo de preguntas, 108  
 Cultivo  
 bacteriano de hisopos vaginales, 159  
 de riñón, 147  
 fecal, 147  
 Curva epidémica, 138  
*Cut-off value*, 151

## D

---

Datos  
 del ambiente, 172  
 demográficos, 172  
 Demografía animal, 174  
 Dengue, 13, 25  
 Denominador, 34  
 Depresión profunda, 134  
 Derriengue, 16  
*Desmodus rotundus*, 89  
 Diabetes, 11  
 Diagnóstico  
 correcto, 145  
 presuntivo, 145  
 Diarrea infantil, 10  
 Difusión, 178

Disentería, 53  
 Diseño de experimentos, 73  
 Doble ciego, 98  
*Doxa*, 4

## E

---

Ébola, 13  
 Ecología  
 de la salud, 11  
 médica, 13  
 Ecuación, 112, 116  
 de Canon y Roe, 115  
 Edad, 24  
 EEV (encefalitis equina venezolana), 134  
 Efecto, 92  
 Elemento, 111  
 ELISA, 155  
 Emigración de sanos, 37  
 Encefalitis, 133  
 equina, 170  
 venezolana, 134  
 Encefalopatía espongiiforme bovina, 147  
 Encuestas  
 epidemiológicas, 166, 171  
 personales, 110  
 por correo, 109  
 retrospectivas, 94  
 telefónicas, 110  
 transversales, 88  
 Endemia, 128  
 Endemicidad, 137  
 Endémico, 3  
 Enfermedad(es), 92  
 agentes causales de, 22  
 biológicos, 22  
 físicos, 22  
 químicos, 22  
 biología de, 145  
 canal endémico de, 129  
 causa,  
 necesaria, 55  
 suficiente, 55  
 causalidad de, 54  
 confirmar el diagnóstico, 133  
 de Chagas, 13  
 de chicleros, 25



- de la nutrición, 10
- de Newcastle en aves, 23
- de notificación inmediata obligatoria, 169
- de presentación esporádica, 128
- de trascendencia internacional, 170
- definición operacional de caso, 133
- definir un caso, 133
- del gusano de seda, 9
- del oeste del Nilo, 25
- gravedad de, 128
- hemorrágica viral, 133
- historia natural, 19
- incidencia de, 56
- infecciosas, 9
- niveles de prevención, 20
- no infecciosa, 10
- no transmisibles, 163
- patrón temporal, 137
- patrones de, 89
- peligro,
  - potencial de, 128
  - real de, 128
- por deficiencia, 10
- presentación de, 56
- reemergentes, 86
- subclínica, 146
- supuesta causa, 56
- transmisibles, 7, 163, 167
- tropical, 9
- X, 134
  - caso de, 134
  - de los conejos, 134
- Enfermo, 27
  - del suceso epidémico, 133
- Enmascaramiento, 98
- Ensayos
  - clínicos, 84
    - comunitarios, 97
    - controlados, 97
  - comunitarios, 84
  - naturales, 84
- Entrevistador, 110
- Envenenamiento, 53
- Epidemia, 128
  - confirmar la existencia, 137
  - de fuente,
    - común, 139
    - progresiva, 140
    - propagada, 140
  - detectar un, 132
  - extensión de, 128
  - investigación de, 127
  - periodo de incubación, 139
  - tipo de, 139
  - variables,
    - de espacio, 137
    - de población, 137
    - de tiempo, 137
- Epidémico, 3
- Epidemiología, 1, 7, 13, 127
  - de la enfermedad, 21
  - estrategia de, 84
  - síntesis histórica, 1
- Epidemiólogo, 3, 54
- EPIINFO, 118
- Equinococcus*, 27
- Equivalencia, 177
- Escala
  - de medición, 103
  - dicotómica, 158
- Escuela de veterinaria, 15
- Espacio, 140
- Especie, 23
- Especificidad (Es), 149, 150
  - analítica, 149
- Espujo, 29
- Estadística, 57
  - causal, 57
  - no causal, 57
- Estado
  - de infección, 145
  - de salud, 103
  - fisiológico, 24
- Estimación del riesgo, 184
- Estimador, 110
- Estimar, 111
- Estratos, 120
- Estudio(s)
  - analíticos, 89
  - comparativos, 83, 84, 89
  - cruzado, 76
  - de antes y después, 76
  - de casos y controles, 76, 79, 84, 90, 94
    - diseño de, 95
  - de casos y testigos, 94
  - de cohorte, 84, 90
  - de correlación, 84, 87
  - de encuestas expuestos–no expuestos, 90
  - de frecuencias, 88

de intervención, 95  
 de morbilidad, 84  
 de mortalidad, 84  
 de prevalencia, 88  
 de seguimiento de casos, 79  
 de Snow, 8  
 descriptivos, 83, 84, 85  
   de morbilidad, 89  
   de mortalidad, 89  
 ecológicos, 84, 87  
 epidemiológicos, 84  
   experimentales, 84  
   observacionales, 84  
   tipos de, 84  
 experimentales, 84, 95, 97  
   enmascaramiento, 98  
   tipos de, 97  
 exploratorios, 85  
 incidencia del evento, 91  
 longitudinales, 83  
 observacionales, 84, 85  
 prospectivos, 83  
 psiquiátricos, 75  
 retrospectivos, 83  
 transversales, 83

**Evaluación**  
 comunicación del, 186  
 cualitativa, 180  
 cuantitativa, 181  
 de consecuencias, 178, 182, 183  
 de difusión, 178, 182  
 de exposición, 178, 182  
 de factores medioambientales, 174  
 de opciones, 179, 185  
 de riesgo, 180, 182  
   cualitativa, 179  
   cuantitativa, 179  
 descriptiva, 180

Exactitud, 148  
 Exámenes *posmortem*, 157, 166

## F

---

**Factor(es)**  
 de exposición, 91  
 de riesgo, 58, 85  
 ausencia del, 90

identificar, 135  
 presencia del, 90  
 medioambientales, 174  
 biológicos, 175  
 físicos, 175

Falacia ecológica, 87

Falsos  
 negativos, 147  
 positivos, 147

Fármacos, 171

Fermentación, 9

Fiebre  
 aftosa, 23, 128, 132, 170  
 alta, 134  
 amarilla, 7, 170  
 carbonosa, 16  
 del valle de Rift, 132  
 escarlatina, 7  
 porcina clásica, 129  
 tifoidea, 9

Filariasis, 9, 55

Finalidad zotécnica, 24

Flebótomos, 25

Flema, 3

Formato, 106

FPC (fiebre porcina clásica), 129

Frecuencia, 33, 179  
 relativa, 33

Fuente de infección, 27

## G

---

Ganado, 55  
 bovino, 153  
 lechero, 89

GATT (Acuerdo General sobre Aranceles y Tarifas), 177

Gemelos homocigóticos, 74

Genética, 174

Gérmenes, 10  
 atmosféricos, 10

*Gold estándar*, 147

Gradiente biológico, 58

Granjas porcinas, 46

Grupo(s)  
 control, 90, 96  
 de casos, 94

de controles, 94  
 de enfermedades de notificación obligatoria, 169  
 de estudio, 90, 96, 98  
 de individuos, 98  
 Guerra biológica, 7

## H

---

Ha (hipótesis alterna), 65  
 Hábitat natural, 26  
 Hábitos mentales, 5  
 Hatos, 87  
   lecheros, 26, 92  
 Heces, 29  
 Hemoglobinuria bacilar bovina, 16  
 Heridas, 10  
   contaminación de, 10  
 Higiene, 4, 7, 14  
   de Galeno, 4  
   mental, 6  
   personal, 5  
 Hiperendémica, 128  
 Hipersensibilidad, 80  
 Hipoendémica, 128  
 Hipótesis  
   alterna, 65  
   epidemiológicas, 89  
   formular, 140  
   nula, 65  
   verificar, 140  
 Huésped, 23, 29  
   etapa,  
     clínica, 30  
     subclínica, 30  
   periodo patogénico, 29  
 Humanidad, 53

## I

---

Impacto económico, 183  
 Incertidumbre, 179, 183  
 Incidencia, 41  
   en la población, 70  
   en los no expuestos, 70  
 Incubación, 91

Indicador  
   del estado de salud, 51  
   puntual, 43  
 Índice endémico, 129, 137  
 Industria ganadera, 147  
 Infección(es)  
   fuente de, 27, 128  
     sospechosa, 134  
   identificar y detectar, 128  
   inmunosupresora, 148  
   modo de transmisión, 27  
   transmisión,  
     directa, 28  
     indirecta, 28  
     por agua, 29  
     por alimentos, 29  
     por el suelo, 29  
     por polvo, 29  
     por vectores, 28  
   vectores portadores de, 167  
 Infecciosidad, 22  
 Infectados, 157  
 Influenza, 6, 7  
   *astrorum*, 6  
   aviar HSN1, 170  
 Informe de la investigación, 141  
 Inmigración de casos, 37  
 Inmunidad, 171  
   de población, 183  
   materna, 24  
 Inmunización artificial, 9  
 Inmunogenicidad, 23  
 Inmunohistoquímica, 147  
 Instructivo, 109  
 Instrumento, 106  
 Interpretación, 154  
 Intervalo de confianza, 124  
   del riesgo relativo, 63  
 Intoxicación, 58  
   alimentaria, 41  
 Investigación(es)  
   científica, 172  
   de brotes, 41  
   de campo, 128, 132  
   de casos individuales, 166, 170  
   de epidemias, 127  
   de laboratorio, 166, 170  
   epidemiológica, 83, 103  
   búsqueda de información, 103

de campo, 166, 170  
 información, 103  
 informe de la, 141  
 recursos disponibles para, 83  
 Iteración, 179, 183

## J

---

Juramento hipocrático, 4

## K

---

Kappa, 158

## L

---

Láudano, 7  
 Leishmaniasis, 25  
 Lenguaje, 107  
 apropiado, 107  
 de fácil comprensión, 107  
 técnico, 107  
 Lepra, 4  
*Leptospira*, 23  
 Leptospirosis, 37  
 porcina, 147  
 Ley Mosaica, 6  
 Límite central, 113

## M

---

Madurez inmunológica, 24  
 Mal  
 francés, 6  
 rojo del cerdo, 16  
 Manejo del riesgo, 179  
 Manual, 109  
 MAS (muestreo aleatorio simple), 117  
 Mastitis, 24, 36, 85  
 clínica, 90  
 subclínica, 90

*Matching*, 73  
 Me (método de la mediana), 129  
 Medicina  
 científica, 2  
 clínica, 3  
 veterinaria, 7, 14  
 vigilancia epidemiológica, 163  
 Medición de asociación, 60  
 Médico, 3  
 veterinario, 16  
 zootecnista, 145  
 Medidas  
 de asociación, 60  
 Sanitarias y Fitosanitarias (MSF), 177  
*Melipoma*, 14  
 Meningitis, 170  
 Meningo encéfalomielitis, 86  
 Mercancías contaminadas, 167  
 Mesoendémica, 128  
 Metacéstodo, 22  
 Metazoarios, 22  
 Método  
 de la mediana, 129  
 directo, 47  
 epidemiológico, 84  
 indirecto, 48  
 Metritis, 24  
 Miasmas, 8  
 Mixomatosis, 12  
 Modelos  
 causales, 59  
 Morbilidad, 36, 87  
 Mortalidad, 87  
 global, 46  
 Muerte, 89, 92  
 súbita, 134  
 Muertos, número  
 esperado, 50  
 observado, 50  
 Muestra(s), 110  
 ajuste del tamaño, 114  
 con respecto al tamaño de población, 114  
 determinación del tamaño, 112  
 independientes, 73  
 no depende, 114  
 para presencia de una enfermedad, 115  
 para prevalencias grandes o pequeñas, 114  
 representativa, 36, 43, 88  
 tamaño, 112

Muestreo, 73, 110, 111, 116  
 aleatorio simple, 117  
 de conveniencia, 125  
 pareo de datos durante, 73  
 piloto, 112  
 Multicausalidad, 55, 56, 164  
*Mycobacterium*, 23  
   *bovis*, 55  
   *paratuberculosis*, 155  
*Myxoma*, 11

## N

---

Nicho ecológico, 25  
 Numerador, 34  
 Números aleatorios, 117  
 Nutrición, 10

## O

---

OIE (Organización internacional de epizootias), 168  
 OMS (Organización mundial de la salud), 19, 167  
 OIE (Organización mundial de sanidad animal), 128  
 OMC (Organización mundial del comercio), 177  
 Organismo, 30, 146  
 Organización  
   Internacional de Epizootias, 168, 173  
   Mundial,  
     de la Salud, 19, 167  
     de Sanidad Animal, 128  
     del Comercio, 177  
   sanitaria, 164  
 Orina, 29  
 Orquitis, 24

## P

---

P (prevalencia), 41  
 PAL (prueba de anillo en leche), 88

Paludismo, 7, 9, 25, 55  
 Parámetro, 110, 111  
 Parásitos, 181  
 Paratuberculosis, 147  
 Pareo, 75  
   de muestras, 74  
   en estudios,  
     de casos, 76  
     de controles, 76  
     de seguimiento, 77  
   inconvenientes del, 80  
 Periodo  
   de incubación, 91  
   de observación, 91  
   patogénico, 21  
   prepatogénico, 19, 21  
 Peste, 170  
   bovina, 132  
   equina, 132  
 Piometras, 24  
 Plausibilidad biológica, 59  
 Población, 110, 140  
   a riesgo, 34  
   expuesta, 34, 39  
   huésped, 174  
   total, 36  
*Poxviridae*, 11  
 Precisión, 147  
 Prevalencia, 41, 173  
   aparente, 152  
   real, 152  
 Proceso epidémico, 33  
 Producciones pecuarias, 169  
 Proporciones, 33  
   estimación de, 112  
 Propósito, 127  
 Prospectivo  
   concurrente, 93  
   histórico, 92, 94  
 Protozoarios, 22  
 Protozoos, 181  
 Prueba(s)  
   confirmatoria, 151  
   criterios para selección de, 159  
   de aglutinación lenta en tubo, 88  
   de anillo en leche, 88, 159  
   de ELISA, 156  
   de Oro, 147  
   de Rivanol, 159

de tarjeta, 153  
 diagnóstica, 145  
   confiabilidad de, 146  
   consideraciones en el uso, 145  
   tabla de contingencia, 148  
 en serie, 158  
 exacta, 150  
 filtro, 152  
 paralelas, 159  
 serológica, 153  
 tamiz, 151  
 Pseudorabia porcina, 147

## Q

Q (cuartiles), 129  
 Queratoconjuntivitis en bovinos Hereford, 24  
 Quinina, 7  
 Quiste hidatídico, 96

## R

RA% (riesgo atribuible porcentual), 60  
 Rabia, 8, 53  
   paralítica bovina, 16, 86, 89  
 RAP (riesgo atribuible poblacional), 60  
 Reacción adversa, 80  
   carcinogénica, 80  
   degenerativa, 80  
 Realidad sociocultural, 53  
 Rebaños, 87  
 Regimen *sanitatis Salernitanum*, 5  
 Regionalización, 177, 180  
 Registros de mortalidad, 166  
 Reglamento Sanitario Internacional, 167  
 Relación causal, 58  
   temporal, 58  
 REM (razón estandarizada de mortalidad), 50  
 Renacimiento, 6  
 Repetibilidad, 148  
 Reporte  
   de caso, 85, 86  
   de epidemias, 166, 169  
   de morbilidad, 166, 167

Reproductibilidad, 148  
 Reservorios, 26  
   animales, 171  
 RSI (Reglamento Sanitario Internacional), 167  
 Rickettsias, 22, 181  
 Riesgo, 179, 181  
   análisis de, 179  
   apreciación del, 178, 184  
   atribuible, 60, 67  
     poblacional, 60, 69  
     porcentual, 60, 68  
     porcentual en la población, 60, 70  
   comunicación del, 178  
   documentación del proceso, 185  
   estimación del, 178  
   manejo del, 179, 184  
   medidas de reducción, 179, 185  
 Rivanol, 159  
 RM (razón de momios), 60  
 Rosa de Bengala, 159  
 RPB (rabia paralítica bovina), 86  
 RR (riesgo relativo), 60

## S

*Salmonella typhi*, 9, 11  
 Salubridad pública, 14  
 Salud  
   animal, 34, 128, 166  
   análisis de riesgo, 177  
   ecología de la, 11  
   humana, 179  
   perfecta, 4  
   pública, 15, 88, 128  
     internacional, 163  
     veterinaria, 1, 127  
 Sarampión, 7, 54  
 Se (sensibilidad), 149  
 Sector pecuario, 186  
 Seguimiento, 77  
   a muy largo plazo, 78  
 Sífilis, 6, 7, 10, 54  
 Signos, 21  
 Síntomas, 21  
 Sistema  
   científico, 2  
   de crianza en vacas, 64

de salud, 2  
empírico, 2  
mágico, 2  
mágico- religioso, 2  
*Surveillance*, 163

## T

---

TA (tasas de ataque), 41  
*Tadarida brasiliensis*, 86  
*Taenia*  
  *Echinococcus*, 96  
  *solium*, 59, 107  
Tasa(s), 34  
  ajuste de, 45  
  atribuibles al factor de riesgo, 67  
  brutas, 35  
  de ataque, 41, 137  
  de incidencia, 36, 39  
    acumuladas, 36  
    verdadera, 39  
  de letalidad, 42, 129  
  de morbilidad, 36  
  de mortalidad, 42, 44  
    global, 35  
  de no respuesta, 109  
  de prevalencia, 36  
  específicas, 35  
  independientes, 44  
    determinación de la diferencia, 44  
Técnica de ELISA, 155  
Teorema del límite central, 113  
Teoría del contagio, 7, 54  
TIA (tasas de incidencia acumulada), 38  
TIV (tasas de incidencia verdadera), 39  
Toxiinfecciones  
  por alimentos, 139  
  por medicamentos, 139  
Toxina, 59, 145  
Toxoplasmosis, 23  
  porcina, 147  
Trastornos mentales, 11  
Triada  
  ecológica, 11, 21  
  epidemiológica, 21  
Tuberculosis, 9, 10  
  en bovinos,

confinados, 62  
no confinados, 62

## U

---

Unidades  
  animales, 182  
  de producto, 182  
  pecuarias, 46

## V

---

Vacunación, 8, 9, 145  
Variabilidad, 23  
Vector, 27  
Viabilidad, 23  
Vigilancia epidemiológica, 163  
  activa, 169  
  actividades de, 165  
  buena, 165  
  características generales, 165  
  elementos de, 165  
  especializada, 169  
  evaluación de riesgos, 173  
  fases en desarrollo, 165  
  finalidades, 164  
  pasiva, 169  
  requisitos previos, 165  
  seguimiento, 173  
VP+ (valor predictivo positivo), 155  
VP- (valor predictivo negativo), 155  
VPs (valores predictivos), 154

## Z

---

Zona  
  de alarma, 131  
  de éxito, 131  
  de seguridad, 131  
  epidémica, 131  
Zoonosis, 16, 171  
Zootecnia, 14





---

Esta obra ha sido publicada por  
**Editorial El Manual Moderno S.A. de C.V.**,  
y se han terminado los trabajos de la  
primera edición el 30 de Octubre del 2009  
en los talleres de  
Litográfica Cozuga, S.A. de C.V.  
Calzada Tlatilco No. 78  
Col. Tlatilco, 02860  
México, D.F.

1ª edición, 2010

