



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**MANUAL DE TEMAS SELECTOS DE  
EPIDEMIOLOGÍA VETERINARIA VOLUMEN II**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE MÉDICO  
VETERINARIA ZOOTECNISTA**

**PRESENTA**

**MARIANA ZAVALA SOUSA**

**ASESOR**

**DR. ORBELÍN SOBERANIS RAMOS**



**Cd. Universitaria, CDMX**

**2021**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar este trabajo a mi familia, en especial a mis papás, Beatriz y Mario, que me han apoyado de manera incondicional todo este tiempo y que me han animado e inspirado a seguir mis sueños y nunca rendirme.

A mis hermanos Pablo, Andrea y Emilio por creer en mí y acompañarme en todo momento.

A mis abuelos, Lupita, Alejandro y Netza por ser mi inspiración, y demostrarme que nada es imposible.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco primero a Dios por lo lejos que he llegado.

A la UNAM por la educación y las oportunidades que me brindó.

A mi familia por el amor y el apoyo incondicional que siempre me ha dado.

A los amigos que he hecho a lo largo de la carrera, en especial a Gaby y a Marco por inspirarme, acompañarme y no dejar que me rindiera.

Al Dr. Orbelín Soberanis Ramos por permitirme la oportunidad de participar en esta tesis.

Al MVZ José Luis Quezada Nolasco por guiarme y apoyarme todo este tiempo, su ayuda fue esencial para la elaboración de este trabajo.

Al Dr. Fernando, por su tiempo y consejos que me guiaron en momentos difíciles.

Y quiero agradecer a todos los autores que aparecen en este trabajo por sus invaluable contribuciones a la ciencia y por los cuales se pudo elaborar esta tesis.

## CONTENIDO

I. RESUMEN.....	1
II. INTRODUCCIÓN.....	2
III. MATERIAL Y MÉTODOS .....	4
IV. RESULTADOS .....	5
1. Desarrollo de la epidemiología .....	6
2. Conceptualización de la epidemiología.....	14
3. Historia natural de la enfermedad y niveles de prevención.....	16
3.1 Periodos de la HNE.....	16
3.2 La Tríada epidemiológica.....	17
3.3 La cadena epidemiológica.....	25
3.4 Etapas de la HNE.....	29
3.5 Niveles de prevención .....	32
4. Nivel de vida y nivel de salud.....	35
4.1 Medición del proceso salud y enfermedad en las poblaciones .....	35
4.2 Variaciones en el tiempo y en el espacio de la frecuencia de las enfermedades .....	42
4.3 Asociación causal .....	45
5. La investigación epidemiológica. ....	54
5.1 El método estadístico .....	54
5.2 Diseño de encuestas y de bases de datos.....	58
5.3 Definición de los grupos de estudio y control. ....	61
5.4 Descripción y análisis de los datos: cuadros, gráficas. ....	61
5.5 Distribución de frecuencias, medidas de tendencia central y medidas de dispersión en la distribución normal y anormal. ....	66
5.6 Conclusiones.....	71
5.7 El método epidemiológico .....	72
V. REFERENCIAS.....	73

## LISTA DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Casos de leucosis en vacas .....	39
<b>Cuadro 2.</b> Casos de PRRS en cerdos .....	51
<b>Cuadro 3.</b> Casos de tuberculosis en terneras.....	52
<b>Cuadro 4.</b> Casos de toxoplasmosis en gatos expuestos y no expuestos al jardín	53
<b>Cuadro 5.</b> Parámetros productivos de pollos de engorde sometidos a dos planes de vacunación contra Newcastle .....	62
<b>Cuadro 6.</b> Pesos de destete en una granja de cerdos.....	67
<b>Cuadro 7.</b> Producción lechera en un hato .....	69

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Tríada epidemiológica .....	17
<b>Figura 2.</b> Cadena epidemiológica.....	26
<b>Figura 3.</b> Diagrama HNE .....	34
<b>Figura 4.</b> Ejemplo de gráfica de barras.....	63
<b>Figura 5.</b> Ejemplo de gráfica de pastel .....	64
<b>Figura 6.</b> Ejemplo de histograma.....	65
<b>Figura 7.</b> Ejemplo de polígono de frecuencias.....	66
<b>Figura 8.</b> Campana de Gauss.....	71

## I. RESUMEN

ZAVALA SOUSA MARIANA. Manual de Temas Selectos de Epidemiología Veterinaria volumen II (bajo la dirección del Dr. Orbelín Soberanis Ramos).

Se llevó a cabo el desarrollo de un manual de epidemiología veterinaria con los temas de las unidades 1 al 5 del Plan de Estudios 2006, de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM; siendo éstos:

1. Desarrollo de la epidemiología, 2. Conceptualización de la epidemiología, 3. Historia natural de enfermedad-niveles de prevención, 4. Nivel de vida y nivel de salud y 5. La investigación epidemiológica.

Se consultó información hemerobibliográfica, como libros de epidemiología, salud pública y bioestadística, además de artículos recientes con temas relevantes al temario de la asignatura de epidemiología veterinaria, del plan de estudios de 2006.

Con la información anterior, se elaboró el "Manual de Temas Selectos de Epidemiología Veterinaria volumen II.

## II. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS) la epidemiología se define como el estudio de la distribución y los determinantes de eventos relacionados con la salud y la aplicación de esos estudios al control de enfermedades. (1)

Según el CDC (Centro de Control y Prevención de Enfermedades) la epidemiología es el estudio (científico, sistemático) de la distribución (frecuencia, patrones), determinantes (causas, factores de riesgo) y eventos relacionados a la salud en poblaciones específicas. (2)

En México, la Secretaría de Salud define a la epidemiología como el estudio de la distribución, frecuencia y determinantes del proceso salud-enfermedad en poblaciones humanas. (3)

Por lo tanto, la epidemiología veterinaria es el estudio de la distribución, frecuencia y determinantes de los estados o eventos relacionados con la salud de las poblaciones animales y la aplicación de estos estudios en el control y posible erradicación de las enfermedades. (4)

La Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE) es la organización intergubernamental encargada de mejorar la sanidad animal en el mundo. Ha desarrollado diferentes programas y manuales con las recomendaciones de las asignaturas más importantes para la preparación de los futuros médicos veterinarios. En el "Plan de Estudios Básico de Formación Veterinaria" sugiere que la asignatura de epidemiología se lleve en la mitad del ciclo de la carrera.(4)

Actualmente en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ), de la UNAM se imparte la asignatura de Epidemiología Veterinaria, en el sexto semestre a partir del plan de estudios 2006. (5)

Antes, se comenzó con la elaboración de un Manual de Temas Selectos de Epidemiología al observar que había una falta de material de apoyo para la materia,



este manual actualmente abarca de los capítulos VI al X del plan de estudios de la materia de Epidemiología Veterinaria. (6)

Por lo que se propone elaborar el material de los capítulos I al V para concluir la elaboración del manual para que sirva de herramienta útil a disposición de los alumnos de la licenciatura de la FMVZ que cursan esta asignatura.

Este manual pretende abarcar con mayor profundidad los temas de los capítulos faltantes, además de dar ejemplos relevantes y actuales así como algunos ejercicios y ejemplos para apoyar el aprendizaje de los alumnos.

### **III. MATERIAL Y MÉTODOS**

Se realizó una revisión de la tesis titulada “Manual de Temas Selectos de Epidemiología Veterinaria” (6) para determinar los capítulos faltantes de acuerdo con el plan de estudios de la asignatura “Epidemiología Veterinaria”, impartida por el Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM.

Después se realizó una revisión hemerobibliográfica para obtener material relevante y actual que sirvió de base para la elaboración de los capítulos 1 a 5 correspondientes a los temas:

1. Desarrollo de la epidemiología
2. Conceptualización de la epidemiología
3. Historia natural de la enfermedad y niveles de prevención
4. Nivel de vida y nivel de salud
5. La investigación epidemiológica.

Los temas se desarrollaron con ejemplos, ejercicios y diagramas para apoyar a la asignatura de epidemiología veterinaria, con el temario del plan de estudios aprobado por el Consejo Técnico de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia el 20 de noviembre de 2006.

## **IV. RESULTADOS**

# **MANUAL DE TEMAS SELECTOS DE EPIDEMIOLOGÍA VETERINARIA (VOLUMEN II)**

## **1. Desarrollo de la epidemiología**

### **Historia de la epidemiología y de la epidemiología veterinaria**

A lo largo de la historia, el ser humano ha demostrado gran interés en descubrir el origen de las enfermedades para recuperar y mantener la salud. En el intento por comprender este proceso, han surgido diferentes enfoques o sistemas de conocimiento en distintas épocas históricas, donde el ser humano intenta explicar el origen de estos problemas de salud. Dentro de estos sistemas de pensamiento destacan el sistema mágico, el empírico y el científico. (7)

En la antigüedad, se consideraba que la enfermedad era un fenómeno derivado de fuerzas sobrenaturales como la ira de demonios y divinidades, por lo cual a este enfoque de conocimiento se le conoce como sistema mágico. En este sistema los tratamientos ante las enfermedades incluían rituales o sacrificios para alguna divinidad y se necesitaba de intermediarios como magos, chamanes o santeros para acelerar la recuperación. Un ejemplo de este tipo de pensamiento son las Diez Plagas de Egipto mencionadas en el relato del Éxodo en la biblia judeocristiana, donde se menciona una peste en el ganado que se atribuye a la ira del Dios hebreo. (8)

Más adelante, Hipócrates (460-370 A.C.), considerado como el padre de la medicina, es el primero en documentar la distribución de las enfermedades y en estudiar los factores ambientales e intrínsecos que influyen en su desarrollo. En su tratado "Aires, Aguas y Lugares" buscaba explicar la o las causas de las enfermedades,(9) llegando a la conclusión de que estos problemas de salud eran una mezcla de un desbalance entre los humores del cuerpo y condiciones externas como el clima(10). De esta forma, la "teoría de los humores", menciona que el funcionamiento del cuerpo humano depende del equilibrio de cuatro sustancias llamadas humores, los cuales son: la bilis negra, la bilis amarilla, la flema y la sangre. (11)

Con el surgimiento de estos nuevos conceptos, el pensamiento mágico comenzó a ser reemplazado por ideas basadas en la aplicación de procedimientos que la

experiencia ha demostrado sirven o podrían servir ante algunas enfermedades, tal como la “Teoría de los humores” o la “Teoría miasmática”, en las cuales los tratamientos no son específicos y van más enfocados a los signos clínicos de la enfermedad. (10)

La teoría miasmática hace referencia a partículas nocivas en el aire producidas por material orgánico en putrefacción que podían invadir al cuerpo para causar enfermedades al romper el equilibrio natural de este (12). Muchos médicos de la Edad Media creían que los miasmas eran la causa de la mayoría de las enfermedades, entre ellas la Peste Negra.

La Peste Negra fue un brote de peste bubónica, una enfermedad provocada por la bacteria *Yersinia pestis*, la cual era transmitida por las pulgas de los roedores con los que las personas tenían contacto de forma cercana en la Edad Media (476-1492). Esta enfermedad afectó a una gran parte del territorio europeo y asiático, en donde morían miles de personas diariamente, terminando con un tercio de la población mundial según algunas estimaciones.

La Peste Negra es considerada como una de las epidemias más devastadoras para la humanidad, y se cree que fue esparcida principalmente por las rutas de comercio y campañas militares. Los médicos que llegaron a atender casos de esta enfermedad se enfocaban más en tratar los signos y evitar su diseminación que curar la enfermedad. (7)

Coincidiendo con el término de la Edad Media, el poeta y médico Girolamo Fracastoro (1478-1553), comenzó a distinguir entre tipos de “contagio”, siendo el primero en reconocer este término como una posible explicación a la transmisión de enfermedades. Girolamo observó que en enfermedades como la gonorrea y la sífilis se necesita contacto directo entre individuos para que la enfermedad sea transmitida; mientras que en otras como la tuberculosis o la viruela solo se necesita contacto con ropa o algún otro objeto del individuo enfermo para que se pueda presentar un contagio. (12)

Con el comienzo de la edad Moderna (Siglo XV-XVIII) se presentan grandes desarrollos científicos; se busca el progreso a través de la razón y es aquí donde tienen lugar las primeras revoluciones industriales. En esta etapa histórica se encuentra el tercer enfoque de conocimiento, el sistema científico. Este sistema busca entender el proceso epidemiológico para tener precisión al actuar, su objetivo es dar explicaciones basadas en la ciencia y enfoques metodológicos para abordar a las enfermedades desde su causa. (10)

Algunos personajes representativos del pensamiento científico en la Edad Moderna son los siguientes:

John Graunt (1620-1674). Estadístico inglés y considerado como el fundador de la bioestadística, realizó un análisis de la información de la mortalidad en Londres para crear la primera tabla de mortalidad donde cuantificó los patrones de nacimiento, muerte y presencia de enfermedades. Describió las diferencias entre sexos, edades y localidades en su trabajo "*Observaciones políticas y naturales hechas a partir de los boletines de mortalidad*" que publicó en 1622. (13)

Thomas Sydenham (1624-1689). Se le consideraba como el Hipócrates inglés, introdujo la idea de la clasificación de enfermedades a través de la observación y de registrar sus signos particulares e identificables. Además, consideraba que la fiebre era un signo de enfermedad, no la enfermedad en sí, ya que él creía que las enfermedades eran la expresión del esfuerzo del cuerpo para expulsar la "sustancia mala" que rompía el equilibrio natural. Finalmente, introdujo el concepto de "constitución epidémica" que indica que, dependiendo de la época, clima o características de los individuos, se daban distintos tipos de enfermedades. (14)

Edward Jenner (1749-1823). Considerado como el padre de la inmunología, fue un médico rural que basaba su investigación en observación y estudio de casos, se le conoce principalmente por su trabajo con la viruela y la vacunación. En esta época la viruela era una enfermedad que cobraba muchas vidas humanas y no había cura aparente. Jenner observó que las ordeñadoras de vacas que se llegaban a infectar de viruela bovina desarrollaban lesiones similares a la de viruela humana y que, si posteriormente se llegaban a infectar con viruela humana los signos clínicos que

presentaban eran menos graves. Considerando lo anterior, Jenner decidió realizar un experimento en el cual tomo líquido de una vesícula de la mano de una de las ordeñadoras y lo inoculó en un niño, el cual desarrolló algunos signos leves. Después de un tiempo, lo volvió a inocular, pero esta vez con viruela humana, notando que los signos clínicos que presentó eran menos severos que en aquellas personas que no habían pasado por el proceso de inoculación con viruela bovina. Con esto probó a la comunidad científica que la vacunación (terminó que introdujo Pasteur y que deriva del latín *vacca*, en homenaje al trabajo de Jenner) era el método para controlar la viruela, y que era necesario para prevenir el surgimiento de la enfermedad, en lugar de esperar a curarlo. (10)

Noah Webster (1758–1843) fue el epidemiólogo americano más importante de su época. A pesar de ser abogado, se interesó en las epidemias de influenza, fiebre escarlatina y fiebre amarilla que ocurrían en América durante el último decenio del siglo XVIII. Concluyó que las epidemias ocurrían cuando varios factores ambientales se combinaban con los de una población específica. (10)

En el siglo XIX, la epidemiología comienza a considerarse como una ciencia y surgen muchos de los personajes con aportaciones más trascendentales:

William Farr (1807-1883), estadístico inglés que desarrolló la ahora conocida como “Campana de Farr” propuso que todas las epidemias seguían el mismo patrón, donde presentaban un pico a la mitad de su ocurrencia y luego un descenso hasta su desaparición. Desarrolló muchas de las prácticas modernas de clasificación de enfermedades y reportó sus hallazgos a las autoridades con el objetivo de intervenir los problemas de salud pública. (15)

John Snow (1813-1858) al cual se le conoce como el padre de la epidemiología por su trabajo con brotes de cólera en la ciudad de Londres, donde buscaba la causa de los brotes para desarrollar medidas de prevención. Trabajó con metodologías que aún se usan en la epidemiología moderna como la colección de datos, análisis, interpretación y disseminación de la información para la implementación de medidas de intervención. (7) Su primer trabajo fue en 1854 durante un brote de cólera en Golden Square en Londres, en donde investigó los lugares donde trabajaba y vivía

la gente afectada y la no afectada para desarrollar un mapa, al que actualmente se le conoce como “mapa de puntos”. Enfocando su atención en la localización de las bombas que proveían agua a la población. Descubrió que en la calle Broad, la gente obtenía su agua de un pozo que al no estar conectado a las demás bombas no se encontraba contaminado, deduciendo que la principal fuente de infección era agua contaminada proveniente de este pozo. Gracias al trabajo de Snow, la bomba fue retirada de Golden Square y en la actualidad hay un bar que lleva su nombre. (7)

Snow intervino en un segundo brote de cólera donde estuvieron involucradas tres compañías que obtenían agua del lago Támesis: Lambeth, Southwark y Vauxhall; las dos últimas compañías la obtenían de un lugar bajo del río y la primera de un lugar más alto. Realizó un experimento, estableciendo cual era la población en riesgo y sus características, el tiempo y el lugar de exposición. Su hipótesis era que las personas que obtenían el agua de la zona más alta no estaban expuestas a el cólera ya que el agua podría no estar contaminada como la de las otras compañías. Confirmó su teoría al comparar los dos grupos y lo comunicó a las autoridades que tomaron acciones para proteger a la población. (13)

Louis Pasteur (1822-1895), químico y microbiólogo francés, demostró en el siglo XIX que la fermentación era causada por microorganismos y que estos no eran generados de manera espontánea, sino que provenían de organismos similares presentes en el aire. Con esto, desarrolló una teoría en la cual afirmaba que las enfermedades eran causadas por microorganismos (16). Pasteur trabajó con varias enfermedades, pero es principalmente conocido por su trabajo con el carbunco (o ántrax) donde logro aislar al agente *Bacillus anthracis* y cultivar una forma atenuada con la cual vacunaba al ganado para inducir inmunidad; y la rabia, donde, aunque no logró aislar al agente, mediante experimentos con conejos pudo desarrollar una vacuna que salvó la vida de un niño que había sido mordido por un perro con rabia. (12)

Robert Koch (1843-1910), médico y microbiólogo alemán, fue el primero en aislar los agentes responsables de la tuberculosis y del cólera asiático. Su contribución más notable es la de sus postulados (de los cuales se hablará en la unidad 4) que



son requerimientos usados para confirmar el agente etiológico de una enfermedad. (10) Estos postulados han sido modificados de acuerdo con la adquisición de nuevo conocimiento, acceso a la tecnología y nuevas técnicas diagnósticas.

En el siglo XX hubo un enfoque epidemiológico más dirigido hacia enfermedades infecciosas, que eran las principales que afectaban al mundo, pero a partir de 1930 se empezó a dar mayor consideración a las enfermedades no infecciosas. Después de la Segunda Guerra Mundial hubo un incremento en el desarrollo de métodos de investigación y la epidemiología se comenzó a aplicar en cualquier tema que involucraba a la salud. (17) Por ejemplo, el estudio de los médicos norteamericanos Doll y Hill relacionaba el efecto que tenían los cigarrillos y la contaminación con el desarrollo de cáncer de pulmón (18) y el estudio de enfermedades cardiovasculares donde por primera vez comenzó a haber un reporte constante de enfermedades. (19)

En 1965, la OMS estableció la unidad de vigilancia epidemiológica en la División de Enfermedades Transmisibles y de 1966 a 1980 realizó una campaña mundial para la erradicación de la viruela. La vacunación, vigilancia y medidas de prevención fueron las principales acciones que lograron el éxito del programa. (20)

En la actualidad, no solo se ha visto el surgimiento de enfermedades infecciosas de alto riesgo y alcance como Ébola y síndrome de inmunodeficiencia adquirida; el uso indiscriminado de antibióticos en humanos y en animales ha llevado al surgimiento de microorganismos resistentes a antibióticos, que han hecho que resurjan enfermedades del pasado, como la tuberculosis; el surgimiento de bioterrorismo y uso de armas biológicas.

El avance en genética, en medicina molecular y otros desarrollos tecnológicos permitieron que la epidemiología tuviera un nuevo alcance, pudiendo determinar, los medios de transmisión, los factores moleculares y genéticos que influyen en el riesgo de contraer enfermedades y mucha más información a la que antes no se tenía acceso. (7)

Con esto tenemos el contexto de cómo fue el desarrollo de la epidemiología como ciencia y cómo surgieron los conceptos, conocimientos y técnicas que se utilizan en la actualidad.

### **Historia de la epidemiología veterinaria**

La historia de la epidemiología humana y la epidemiología veterinaria están estrechamente relacionadas y muchos personajes importantes, como Louis Pasteur y Edward Jenner, tuvieron gran impacto en las dos.

En veterinaria se tienen registros de las enfermedades que más han tenido impacto en los animales domésticos desde 1400 A.C que han sido: peste bovina (Rinderpest), fiebre aftosa, ántrax e influenza (equina y aviar), e incluso se tienen registros históricos de un brote de ántrax en roma que acabó con 500 cabezas de ganado y en el siglo XVIII la mitad del ganado en Francia fue erradicado por un brote de peste bovina.

Las enfermedades en animales eran de fácil transmisión gracias al comercio, las guerras y el pastoreo trashumante y aunque había una cierta preocupación por la salud colectiva de los animales no fue sino hasta la evaluación del verdadero impacto y el rápido surgimiento de las zoonosis, que se comenzó a presionar a los veterinarios y a las autoridades de salud pública a no solo reportar y monitorear los casos, sino a controlar y prevenir cualquier riesgo a la salud. (8)

### **Epidemiología veterinaria contemporánea en México**

En México se puede considerar que la historia de la medicina veterinaria comienza el 17 de agosto de 1853, cuando el entonces presidente, Antonio López de Santa Anna funda la escuela de Medicina Veterinaria en San Jacinto.

En 1862 egresan los primeros médicos veterinarios, entre ellos el Doctor José de la Luz Gómez, quien en 1891 se convierte en el primer médico veterinario que asumió la dirección de la Escuela Nacional de Agricultura y Veterinaria. El doctor José de la Luz Gómez fue un personaje que marcó la historia de la medicina veterinaria en

México. Participó en la creación de reglamentos de funcionamiento de rastros, establos y expendios de carne además de determinar los estándares de los servicios veterinarios en puertos y fronteras además de que representó a México en la Asociación Americana de Salubridad Pública. (21)

En 1925, surge un brote de una enfermedad vesicular en Tabasco. Por la sospecha de fiebre aftosa, se sacrificaron y vacunaron a los animales afectados, y en 1928 dicha enfermedad se declara erradicada en territorio nacional. En 1946, la importación de 327 cabezas de ganado cebú infectadas, introdujo la fiebre aftosa al país, ocasionando el cierre de las fronteras del norte para evitar la diseminación.

El presidente Miguel Alemán crea una comisión para combatir la enfermedad, siendo esta la Oficina de Sanidad Animal, a la que se le dieron plenas facultades, 12 millones de pesos y se solicitaron a secretarías y a la UNAM cesión de personal pertinente, además de que la ayuda internacional se canalizó a laboratorios principalmente del Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias (INIP), lo cual llevó a la creación de la Comisión México-Americana para la Erradicación de la Fiebre Aftosa y otras enfermedades exóticas (CPA), en 1947, los últimos brotes de la enfermedad se dieron entre 1953 y 1954 y se controlaron con 60 millones de vacunas y con el sacrificio de casi 1 millón de animales. En 1969 la Dirección General de Sanidad Animal crea la Red Nacional de Laboratorios de Diagnóstico. (22)

En 1972 se erradica la Encefalitis Equina Venezolana y en 1989 se realiza la campaña para la erradicación de la Enfermedad Hemorrágica Viral del Conejo con éxito gracias a los veterinarios mexicanos, se enfoca entonces a campañas similares que podrían tener éxito: erradicación de brucelosis y tuberculosis bovina, de salmonelosis, enfermedad de Newcastle, Aujeszky y fiebre porcina clásica, además de que se logra controlar la abeja africana y la varroasis. Para el éxito de estas campañas entre algunas acciones, se forma la Red de Laboratorios de Diagnóstico de Salud Animal y el Centro Nacional de Diagnóstico en Salud Animal, básicas para las campañas sanitarias y el Sistema de Vigilancia Epizootiológica (SIVE), la Productora Nacional de Biológicos Veterinarios, la creación del Consejo

Técnico Consultivo Nacional de Sanidad Animal y el Comité Consultivo de Nacional de Normalización de Protección zoosanitaria. (22)

En 1991 se forma la Comisión Nacional de Sanidad Animal (CONASA), y el 18 de junio de 1993 entra en vigor la Ley Federal de Sanidad Animal. Se busca mejorar las plantas Tipo de Inspección Federal (TIF), continuar con las campañas antes mencionadas y actualmente la Secretaría de Sanidad Animal, Calidad e Inocuidad Agroalimentaria (SENASICA), con su Dirección de General de Salud Animal, es la que se encarga de apoyar el mejoramiento de la producción, comercialización y el desarrollo de la productividad nacional en materia pecuaria. (23)

Conociendo estos antecedentes históricos podemos entender la situación epidemiológica actual de México y cuáles han sido las enfermedades y personajes que han aportado más a la formación profesional de los médicos veterinarios zootecnistas actuales.

## **2. Conceptualización de la epidemiología**

### **Conceptos de epidemiología**

El término epidemiología se deriva del griego *epi* (sobre), *demos* (gente) y *logos* (estudio o tratado), la cual, en términos generales, se puede definir como el estudio de las enfermedades en las poblaciones y de los factores que determinan su ocurrencia. (8) La epidemiología no solo incluye a poblaciones humanas, sino también a las poblaciones animales y vegetales.

Una definición más completa refiere a la epidemiología como una ciencia que se dedica a estudiar la distribución y los determinantes de los eventos o acontecimientos relacionados con la salud en poblaciones específicas y la aplicación de estos hallazgos en la solución de problemas de salud. (24)

De esta forma, se puede concluir que la epidemiología veterinaria estudia la distribución de las enfermedades en poblaciones de animales con una determinada ubicación geográfica, ubicación en el tiempo y con características específicas. (9)

## **Aplicaciones de la epidemiología veterinaria**

La epidemiología veterinaria incluye la investigación y evaluación de eventos relacionados con la salud, por ejemplo, la productividad de una población de animales o su eficiencia reproductiva, misma que al modificarse permite inferir si existe un problema de salud que requiera intervención en las poblaciones.

Sus objetivos son:

1. Determinar el origen de la enfermedad
2. Investigar y controlar la enfermedad
3. Obtener información del comportamiento de la enfermedad
4. Planear y monitorear programas para controlar la enfermedad
5. Evaluar el efecto económico y analizar los programas de control

La información obtenida de los estudios epidemiológicos se utiliza para identificar los factores que ponen en riesgo a la población y establecer programas de prevención y control para cuidar la salud pública. Al obtener los datos, las intervenciones son más precisas permiten evaluar las medidas terapéuticas y la asistencia sanitaria para analizar su costo-beneficio. La epidemiología veterinaria es una de las bases legales para desarrollar nuevas normativas públicas y permite que la toma de decisiones clínicas y administrativas respecto a los eventos sean adecuadas. (8)

La aplicación de la epidemiología veterinaria permite cuantificar la frecuencia, distribución e impacto que tienen las enfermedades en una población y da el pronóstico de causalidad y de consecuencias. Complementando con la validación y el uso correcto de los laboratorios permite un análisis económico más detallado para que las opciones de medidas preventivas, terapéuticas y de rehabilitación sean las correctas. (24)

## **Relaciones entre la epidemiología veterinaria y otras ciencias y disciplinas**

La epidemiología veterinaria es una herramienta y rama de la medicina veterinaria. Es una ciencia multidisciplinaria ya que se ha formado con métodos y conocimientos de otras ciencias con las cuales interactúa y complementa. (25)

Se relaciona con ciencias biológicas, matemáticas, sociales, ecológicas y administrativas. Esto se observa muy claramente en sus métodos, como en los distintos tipos de estudios: como en los teóricos donde se utilizan los modelos matemáticos para predecir enfermedades o en los experimentales, donde usa técnicas moleculares para detección de agentes etiológicos. (8)

La economía también tiene una estrecha relación con la epidemiología veterinaria. Uno de los objetivos de la epidemiología es evaluar los sistemas de salud existentes y analizar el costo beneficio de las medidas sanitarias para conocer si es necesario mejorar o crear un nuevo sistema. Utilizando técnicas como análisis estadísticos, de riesgo, y económicos se pueden dar bases objetivas que permitan una toma de decisión apropiada para alguna situación particular. (26)

Aunque la epidemiología no se centra en el estudio de las enfermedades individuales, también actúa junto con la clínica, la genética, y la microbiología, entre otras, para dar soluciones objetivas, mejorar la metodología y poder entender el origen y desarrollo de las enfermedades de una manera más completa. (8)

### **3. Historia natural de la enfermedad y niveles de prevención**

Se conoce como “historia natural de la enfermedad” (HNE) al curso o desarrollo de una enfermedad desde su inicio hasta su resolución, sin la intervención del ser humano. (27) Se construye a partir de la observación de los individuos afectados y del estudio de las etapas de la condición médica, es una manera dinámica de ver el curso de una enfermedad. (28).

#### **3.1 Periodos de la HNE**

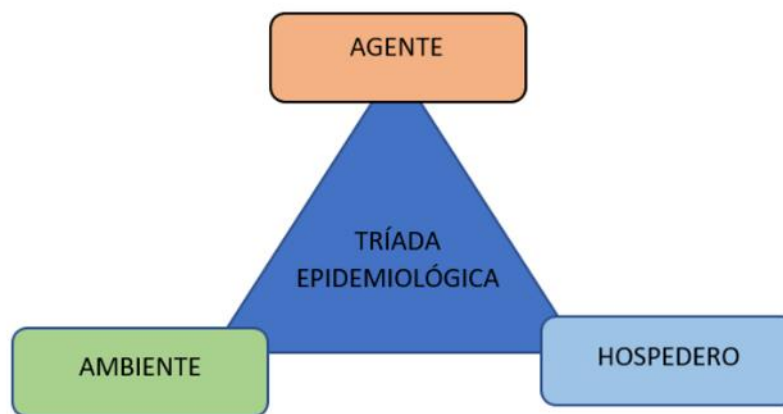
La HNE reconoce dos periodos: el periodo prepatogénico y el patogénico. (29) El periodo prepatogénico, es la etapa en la cual se sustenta en el equilibrio de la triada

epidemiológica, es decir, cuando no hay un contacto efectivo entre el agente, el hospedero y el ambiente, con lo cual no existen manifestaciones clínicas de la enfermedad.

Por su parte, el periodo patogénico, se caracteriza por la respuesta orgánica del hospedador ante el agente, después de un contacto efectivo. En este periodo, se reconocen dos etapas separadas por el horizonte clínico. La etapa subclínica, donde la enfermedad no se detecta clínicamente y la etapa clínica, donde la enfermedad es aparente y se manifiestan los signos clínicos de ésta. (4)

### 3.2 La Tríada epidemiológica

Se le conoce como tríada epidemiológica al modelo que representa las interacciones entre el ambiente, el hospedero y el agente etiológico de una enfermedad. (27) En la figura 1 se puede observar el modelo.



**Figura 1.** Tríada epidemiológica

Fuente: elaboración propia

#### a) El agente.

El agente etiológico es un organismo, sustancia o elemento cuya presencia o ausencia en un hospedero susceptible, bajo las condiciones ambientales apropiadas, sirve como estímulo para desarrollar una enfermedad. Se pueden

clasificar en: agentes físicos como el calor, frío, humedad, radiación; agentes químicos como los ácidos, venenos, tóxicos y agentes biológicos como los priones, virus, bacterias u hongos. (10)

Los agentes biológicos tienen propiedades inherentes y únicas que son importantes para poder infectar y causar determinadas enfermedades. La morfología (tamaño, forma y composición) incluye las características únicas de los agentes que ayudan a su clasificación, y que determinan a qué especies pueden afectar, su ruta de entrada al hospedero y el tipo de transmisión. (10)

Por ejemplo, la toxoplasmosis, causada por el parásito *Toxoplasma gondii*, afecta principalmente a los gatos, pero puede afectar también a humanos. En su ciclo de vida pasa por tres fases: el ooquiste, taquizoito y quiste. Cada fase tiene una forma y características únicas que les dan diferentes propiedades, como los taquizoitos que son la fase invasiva del parásito, es decir la que puede infectar a las células nucleadas para diseminar al parásito y la que causa el daño asociado a las manifestaciones clínicas de la enfermedad. (30)

Por sus características, algunos agentes tienden a ser más sensibles a las mutaciones o recombinaciones, que son los cambios aleatorios en el código genético del agente. (8) Los virus de la familia *Orthomyxoviridae*, específicamente los Influenzavirus A tienden a sufrir mayor número de mutaciones porque su genoma está codificado en segmentos separados. Esto genera un incremento en la variabilidad y explica porque hay tanta diversidad en los virus que pueden infectar a cada especie. (31)

Otros factores importantes que afectan directamente la habilidad de supervivencia del agente son la resistencia, que es la capacidad de adaptarse a los cambios en el hospedero o al uso de sustancias químicas y terapéuticas; su inmunogenicidad o la capacidad para inducir una respuesta del sistema inmune de parte del hospedero, y su viabilidad que es la capacidad que tiene el agente para sobrevivir fuera del hospedero. (8)



Para el establecimiento del agente es importante su infectividad, o la capacidad que tiene el agente para invadir tejidos y multiplicarse, su transmisibilidad o el periodo durante el cual puede ser transferido a otro hospedero susceptible y la dosis infectante que es la cantidad del agente que es necesaria para infectar al hospedero susceptible. (10)

Cuando se habla de la capacidad de causar una enfermedad se utilizan los términos de virulencia y patogenicidad. La patogenicidad es la capacidad que tiene el agente para provocar daños o lesiones en el hospedero y la virulencia es el grado de severidad del daño. (27) Una de las clasificaciones que se les da a los virus que causan la influenza aviar es por su nivel de patogenicidad: IABP o influenza aviar de baja patogenicidad e IAAP o influenza aviar de alta patogenicidad, esto indica la gravedad de la enfermedad y por lo tanto la probabilidad de supervivencia de los animales afectados. Este tipo de virus tiene diferentes factores de virulencia, uno de ellos es la hemaglutinina, la cual, dependiendo de sus aminoácidos, hace al virus más o menos letal. (32)

## **b) El hospedero**

El hospedero es un organismo que naturalmente puede permitir el alojamiento de un agente infeccioso para que se desarrolle y multiplique y sufrir o no la acción de este. (9) Tiene ciertas características que determinan su susceptibilidad a desarrollar una enfermedad que pueden ser intrínsecas o únicas del hospedero y extrínsecas que dependen de la interacción con el agente o el ambiente. (10)

En parasitología se considera que hay dos tipos de hospedero, el intermediario y el definitivo. El intermediario es aquel que alberga una fase del ciclo del agente y el definitivo es donde el agente realiza su fase sexual de reproducción. (29)

Para conocer la susceptibilidad que un animal tiene frente alguna enfermedad específica, es importante conocer sus características individuales y las del ambiente que habita, las cuales pueden ser intrínsecas o extrínsecas. Las características intrínsecas son las inherentes o únicas del hospedero, y que no son influenciadas

por el agente como la raza o el sexo, mientras que las características extrínsecas son las que dependen de las interacciones del hospedero con el agente o con el ambiente.(10) Algunas de las características intrínsecas y extrínsecas más importantes se describen a continuación.

### ***Especie***

Es el nivel taxonómico que considera a los individuos relacionados entre sí por semejanzas genóticas y fenotípicas. (10) La fiebre aftosa por ejemplo afecta principalmente a los miembros de la orden *Artiodactyla*, que son los mamíferos que tienen la pezuña hendida como los bovinos, porcinos, caprinos, búfalos y renos. (33)

### ***Raza***

Se entiende como cada uno de los grupos en que se subdividen las especies, que se distinguen por características visibles y determinadas genéticamente (10). Algunas razas son más susceptibles a algunas enfermedades que otras razas. Los pastores alemanes tienen una predisposición a sufrir displasia de cadera por su tamaño, su conformación física y su genética. (34)

### ***Sexo***

Las diferencias en las características sexuales determinan que se desarrolle o no una enfermedad. Puede ser por la anatomía, la fisiología o ambas, pero ciertas enfermedades solo pueden afectar a un sexo. Por ejemplo, la piometra y la mastitis son patologías que se presentan en hembras, mientras que la orquitis y la balanopostitis solo se presentan en machos. (10)

### ***Edad***

Otra característica importante en el desarrollo de enfermedades es la edad, esto debido a que algunas enfermedades afectan en mayor o menor proporción a animales de diferentes grupos de edad. Esto se relaciona directamente con el estado inmunológico de los individuos, ya que los animales jóvenes o recién nacidos son mucho más vulnerables a desarrollar enfermedades porque no han sido expuestos a muchos patógenos y dependen principalmente de la inmunidad de su madre, por lo cual pueden no tener las defensas suficientes para combatir la enfermedad y sobrevivir. Por su parte, los individuos de mayor edad suelen sufrir problemas degenerativos o tumores relacionados al envejecimiento. (8)

### ***Estado fisiológico***

Es la etapa de vida en la que se encuentra el individuo y es un factor muy importante que afecta directamente a su susceptibilidad. Cada estado tiene requerimientos específicos para mantener la salud y diferentes niveles de estrés al que son sometidos. (10) La gestación es un estado de alto nivel de estrés, de requerimientos nutrimentales y cuidados específicos además de que necesita manejos especiales si se quiere mantener a la madre y al producto sano. Las cabras, por ejemplo, son muy sensibles en este estado y tienden a abortar sino se cumplen estas necesidades. (8)

La inmunidad de hato o inmunidad de grupo es la protección que tiene una población por tener un determinado número de individuos inmunes a una enfermedad específica, se puede dar por vacunación o por el resultado de infecciones previas. (35) Este tipo de inmunidad baja la probabilidad de que haya contacto entre un individuo susceptible y la fuente de infección evitando la propagación de la enfermedad. Dependiendo de la enfermedad es el número de individuos que deben ser inmunes para conseguir la inmunidad colectiva, por ejemplo, en el caso del sarampión se necesita que el 95% de la población sea inmune para evitar un brote. (36)

Dentro de las características extrínsecas de mayor relevancia se encuentran el fin zootécnico y el sistema de producción.

### ***Fin zootécnico***

La finalidad zootécnica o propósito con el que se cría y se mantiene a los animales, tiene un impacto importante en la susceptibilidad y que tipo de enfermedades pueden llegar a desarrollar los animales. (10) Por ejemplo, en ganado lechero es muy común la mastitis, la cual suele presentarse debido a malas prácticas de higiene o malos manejos durante el ordeño, como no usar la presión adecuada o no quitar la maquina a tiempo y por lo tanto sobre ordeñar a los animales. (37)

### ***Sistema de producción***

El sistema o tipo de producción tiene un gran impacto en la salud de los hospederos. El grado de tecnificación, que incluye el tipo de instalaciones, el acceso a medicina preventiva, el tipo de alimentación y el manejo repercuten directamente en el estado del individuo. (8) Por ejemplo, sí se tiene una producción con instalaciones descuidadas, es posible que algún animal se lastime, con lo cual podría desarrollar una infección bacteriana y morir a causa de ello si no se tratan las heridas o no se tiene un buen plan de vacunación.

Dependiendo del sistema de producción existen dos tipos de poblaciones, las contiguas y las separadas. Las poblaciones contiguas son aquellas donde hay un estrecho contacto e interacciones entre miembros de su población y de otras poblaciones. Este tipo de poblaciones predispone a la transmisión y persistencia de agentes infecciosos por la mezcla de los individuos de diferentes poblaciones, un ejemplo son los rebaños de los nómadas de África.

Las poblaciones separadas son unidades con interacciones y movimiento discreto donde los individuos solo interactúan con los de sus mismas poblaciones; pueden

ser cerradas cuando no hay movimientos dentro o fuera de la población, excepto tal vez para la matanza (como las poblaciones libres de un patógeno específico o las poblaciones gnotobióticas en los laboratorios), o pueden ser abiertas cuando el movimiento es limitado (por ejemplo, engordas de bovinos que reciben becerros y son finalizados en la producción). (8)

De acuerdo con las interacciones que el hospedero tenga con su ambiente estas características influirán en que tanto será podrá ser más susceptible o resistente a desarrollar una enfermedad cuando entre en contacto con un agente infeccioso.

### **c) El ambiente**

El ambiente es el medio físico, biológico y socioeconómico donde el hospedero habita. (10) Incluye las condiciones físicas, químicas, biológicas y sociales que dan sustento e interactúan con el agente y el hospedero. (8)

Entre los componentes físicos del ambiente se incluyen el clima y las condiciones atmosféricas (temperatura, radiación solar, humedad, precipitación). Incluye también el tipo de suelo, la orografía e hidrografía ya que estas características tienen un efecto directo en la presencia, permanencia y proliferación de hospederos y agentes. (10)

Los componentes biológicos son la flora y fauna que determinan la presencia del hospedero y el agente, además de la red de interacciones por su nicho ecológico. Tiene efecto directo en los reservorios, vectores, fuentes de infección y posibles mecanismos de transmisión. (10)

Además de los componentes biológicos y físicos, en el ambiente existen componentes socioeconómicos, los cuales son los que derivan de la distribución de las poblaciones humanas en la superficie terrestre y por las actividades de transformación e interacción que tienen estas poblaciones con el medio y su impacto en este. Algunos de estos componentes son el manejo, higiene ambiental, tecnificación, costumbres y hábitos, vías de comunicación, acceso a servicios básicos y de salud, entre otros. (10)

## **Ecosistemas como determinantes del proceso salud-enfermedad**

Un ecosistema es la combinación de componentes bióticos y abióticos de un entorno que forman relaciones e interacciones complejas.(9) Cada ecosistema tiene un cierto grado de estabilidad o equilibrio que puede sufrir por causa de las actividades humanas. En ecología una comunidad clímax es aquella que por el proceso ecológico de sucesión ha logrado conseguir un equilibrio, y por cada región geográfica o climática solo puede existir una comunidad clímax. Una comunidad proclimax es aquella que es más o menos estable y se parece a la comunidad clímax, en cambio una comunidad disclimax es aquella que fue perturbada por el hombre o por especies invasoras y no tiene estabilidad. (38)

Un bioma es el conjunto de ecosistemas que están adaptados a un tipo de clima específico y comparten cierto tipo de vegetación y de fauna y el hábitat es el lugar que tiene las condiciones adecuadas para que una población biológica pueda vivir y reproducirse. (29) Los disturbios pueden ir desde nivel ecosistema hasta afectar biomas completos, y esto lleva a efectos de mayor impacto en la salud.

Dependiendo del grado y nivel de disturbio se puede cambiar o destruir este equilibrio y esto puede llegar a tener un efecto directo en la interacción hospedero-agente y ser causa de desarrollo de enfermedades. Por ejemplo, en Bangladesh se empezó a destruir el bosque tropical para tener tierras para la agricultura, esto causó que los murciélagos *Pteropus medius*, reservorio del virus del Nipah, empezaran a tener un contacto cercano con humanos y con cerdos. El virus eventualmente comenzó a infectar a humanos y actualmente el Nipah es una de las zoonosis emergentes importantes considerada como riesgo para la salud pública. (39)

## **Conceptos y aplicación de bioclimatografía.**

La bioclimatografía estudia como el clima y sus variaciones afectan a las poblaciones. Uno de los principales factores para el establecimiento y distribución de una especie en un ambiente es el clima, hay temperaturas que no permiten el

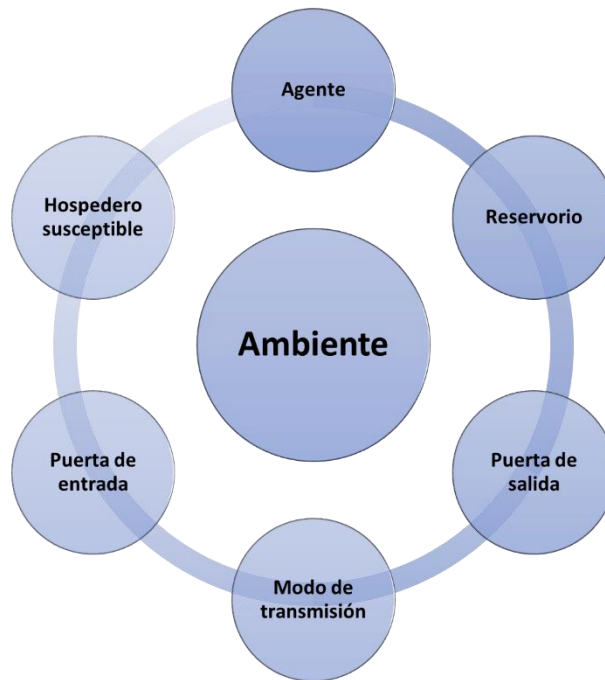
sustento de la vida o de ciertos tipos de organismos. (38) Esta ciencia permite ver el efecto que las condiciones ambientales y sus cambios tienen directamente sobre las poblaciones y su salud.

### **Fenómeno de mosaico y su implicación en la frecuencia de enfermedades.**

En ecología el fenómeno de mosaico habla de la heterogeneidad del ambiente. Cada ecosistema es diferente y se puede dividir en “parches” que son unidades espaciales que se pueden diferenciar de su entorno por apariencia o por sus propiedades. (40) Este fenómeno se da naturalmente, pero por las actividades humanas ecosistemas completos han sido reducidos a manchones, por ejemplo, pedazos de bosque tropical que colinda con zonas urbanas o zonas agroganaderas. El resultado de esto son interacciones que nunca se habían dado entre diferentes especies, pérdida de biodiversidad y en algunos casos nuevas enfermedades, principalmente zoonóticas, emergentes.

### **3.3 La cadena epidemiológica**

La cadena epidemiológica es un modelo del sistema cíclico en el cual el agente se elimina de una fuente de infección, se transfiere al ambiente y alcanza a otro hospedero susceptible al cual entra, evoluciona y vuelve a ser eliminado. (10) Así se puede comprender las interacciones entre agente, hospedero y ambiente. Se puede observar un modelo de la cadena en la figura 2.



**Figura 2.** Cadena epidemiológica.

Fuente: Elaboración propia

### **Agente**

Organismo, sustancia o elemento cuya presencia o ausencia en un hospedero susceptible, bajo las condiciones ambientales apropiadas, sirve como estímulo para desarrollar una enfermedad (10), es el primer eslabón de la cadena epidemiológica.

### **Reservorio**

El reservorio es el organismo o materia capaz de mantener a un agente durante un tiempo y en un área específica. Es el hábitat en el que vive y se multiplica, de donde depende su supervivencia y puede ser transmitido a un hospedador susceptible. (10)

Se considera que existen los reservorios humanos, los animales y los telúricos o ambientales. (27) Por ejemplo, en la encefalitis equina venezolana se reconoce que



su reservorio son los roedores selváticos y posiblemente algunas especies de aves. (41)

Es importante diferenciar al reservorio con la fuente de infección. La fuente de infección es el organismo, objeto o sustancia desde donde el agente infeccioso pasa a un hospedero. (42)

### **Puerta de salida**

La puerta de salida es el sitio de excreción o eliminación del patógeno de la fuente de infección. Ésta determina su capacidad de difusión y la vía de diseminación. Generalmente corresponde a donde se establece y multiplica el agente en el organismo. (42) Las vías de salida más comunes son la respiratoria, digestiva, urogenital, conjuntiva, piel y las soluciones de continuidad, es decir secreciones y fluidos. Un ejemplo de puerta de salida digestiva son las heces de gatos con enfermedades intestinales que eliminen la bacteria *Escherichia coli* por vía fecal. (43)

### **Mecanismos de transmisión**

Es la forma a través de la cual el agente se puede transmitir desde la fuente de infección hasta el hospedero susceptible. Mientras más mecanismos tenga el agente más fácil será su diseminación. Se puede dividir en dos tipos: la transmisión directa y la transmisión indirecta. (42)

La transmisión directa es la que se da por contacto de individuo a individuo. Puede ser por inhalación de gérmenes o gotillas de aspersion al estornudar, toser, escupir o hablar y por contacto sexual o físico con la fuente de infección. (27) Se incluye también el contacto con fluidos, como las transfusiones sanguíneas o en la lactancia. (42) Un ejemplo es la rabia parálitica bovina, que se transmite de un murciélago hematófago infectado a un bovino a través de una mordedura que inocula al virus que se encuentra en la saliva. (44)

En el caso del distemper canino, una de sus vías de transmisión es por aerosol, es decir, el virus se encuentra en secreciones nasales que al ser inhaladas por organismos susceptibles permiten que estos se infecten. (45)

La transmisión indirecta es aquella en la cual no hay una relación cercana entre la fuente de infección y depende del contacto de un hospedero susceptible con un vehículo o con un vector que tenga al agente. (42)

Un vehículo es un objeto o material contaminado con el agente infeccioso, puede ser tela, instrumental médico, agua o alimentos. (27)

Un vector es un organismo, generalmente un artrópodo, que transporta y puede transmitir un agente infeccioso a un individuo susceptible. Hay dos tipos de vectores, los mecánicos y los biológicos. (8)

Los vectores mecánicos son los que solo transportan a el agente a un hospedero susceptible, por ejemplo, un platillo que incluya pollo contaminado con *Salmonella enteritidis* podría causar brotes de salmonelosis en humanos. (46)

En cambio, los vectores biológicos son donde el agente necesita multiplicarse (transmisión propagativa), como la bacteria *Borrelia burgdorferi* en las garrapatas del género *Ixodes* (47), llevar a cabo una parte de su ciclo de vida (transmisión cíclica) como la *Dirofilaria immitis* que pasa de microfilaria a larva infecciosa en los mosquitos del género *Aedes* (48) o ambas (ciclopropagación) para poder ser transmitido, como en el caso de *Babesia* que también es transmitida por las garrapatas del género *Ixodes*. (49)

### ***Transmisión vertical y horizontal***

La transmisión vertical es aquella donde la enfermedad se transmite de madre a cría, es decir la madre puede transmitir la infección durante la gestación, el parto o después de éste (50), la diarrea viral bovina se transmite de manera transplacentaria de la hembra preñada al feto. (51)

La transmisión horizontal es aquella en la cual la enfermedad se transmite entre individuos que no necesariamente tienen una relación madre-cría, es decir que el contagio no se da por vía congénita. (27) Por ejemplo el síndrome respiratorio y reproductivo porcino (PRRS) es una enfermedad viral infecciosa que se transmite de forma directa e indirecta a cerdos susceptibles. (52)

### ***Transmisión transovárica y transestadial***

Sí el agente infeccioso puede ser transmitido verticalmente de una generación a otra del vector se le llama transmisión transovárica. Un ejemplo es *Anaplasma marginale* en garrapatas del género *Rhipicephalus* (53), y si el agente es transmitido de una etapa del ciclo de vida a otra, como de ninfa a adulto, se le llama transmisión transestadial. (29) Un ejemplo de ésta es *Borrelia burgdorferi*, que infecta a la garrapata cuando es una larva y se mantiene hasta que es adulta. (47)

### **Puerta de entrada**

El siguiente eslabón dentro de la cadena epidemiológica es la puerta de entrada, misma que corresponde al sitio por donde ingresa el agente infeccioso al hospedero susceptible. Generalmente es la misma que la puerta de salida. (27) Por ejemplo si *Escherichia coli* es eliminada por vía fecal su puerta de entrada puede ser oral, si esas heces o algo contaminado con esas heces es ingerido. (43)

### **Hospedero susceptible**

Es el último eslabón de la cadena epidemiológica. Es cualquier organismo que se puede infectar y dar sustento a un agente infeccioso (8), dependiendo de sus características puede ser más o menos susceptible a ser infectado.

## **3.4 Etapas de la HNE**

## **Etapa subclínica**

Dentro del esquema de la Historia Natural de la Enfermedad, la etapa subclínica se encuentra por debajo del horizonte clínico e incluye al periodo de incubación, que corresponde al periodo que abarca desde que el agente entra y se establece en el hospedero susceptible hasta que aparecen los signos clínicos de la enfermedad. (10) En el caso de las enfermedades no transmisibles como el cáncer, a este tiempo se le conoce como el periodo de latencia. (27)

La etapa subclínica comienza con un estímulo desencadenante, que es cualquier sustancia, organismo o elemento cuya presencia o ausencia sirve como estímulo para iniciar el proceso de enfermedad en un hospedero susceptible. (10)

## **Etapa clínica**

El horizonte clínico marca el momento en el que la enfermedad se vuelve aparentemente clínica y comienza la etapa clínica. (27) Durante esta etapa, se presentan los signos y síntomas específicos de cada enfermedad. (10)

Un signo es una manifestación objetiva que puede ser observada claramente y es identificada en una exploración o examen médico. Un síntoma es una señal o sensación que solo puede ser identificada por la persona que lo experimenta. En medicina veterinaria solo se reconocen los signos ya que los animales no pueden expresar lo que sienten. (29)

Se conoce como periodo de transmisibilidad al periodo durante el cual el agente infeccioso puede ser transferido desde el sujeto infectado hacia otros hospederos susceptibles y transmitir la enfermedad. (27)

De acuerdo con la resolución de la enfermedad el individuo puede quedar como portador, presentar cronicidad, incapacidad, recuperarse o morir.

El portador es un individuo infectado que alberga a un agente infeccioso específico y que no presenta signos clínicos de la enfermedad. Se puede clasificar dependiendo de la fase de la enfermedad y por el tiempo en que es contagioso. De acuerdo con la fase, puede ser portador de incubación o portador convaleciente. Por su parte, de acuerdo con el tiempo en que el agente se encuentra en el organismo puede ser portador transitorio, si es breve, o portador crónico, si es durante un tiempo prolongado. (54)

En el caso de la leptospirosis, muchos perros que se recuperan de la enfermedad quedan como portadores ya que desechan a la bacteria a través de la orina y así se puede diseminar a animales y humanos susceptibles. (55)

La cronicidad es una afección donde la enfermedad causa una alteración patológica irreversible, lo que deja al individuo como persistentemente enfermo durante un tiempo prolongado o hasta el final de su vida. (27) Un ejemplo de enfermedad crónica es la inmunodeficiencia felina. (56)

La incapacidad es la reducción temporal o de largo plazo de las capacidades de un individuo. (29) Por ejemplo si un perro tiene un osteosarcoma en un miembro puede perder la función de éste. (57)

La muerte es el cese de las funciones biológicas de un organismo o la incapacidad de seguir los procesos orgánicos para la homeostasis. (29)

### **Cursos alternativos**

Dependiendo del estado de inmunidad del individuo y los factores relacionados con el agente y el ambiente es como se desarrolla la enfermedad y como se resuelve. Algunos pueden tener la enfermedad pero no presentar signos clínicos, a esto se le conoce como una infección inaparente (36) y un ejemplo es el virus de lengua azul en cabras, donde típicamente no se presentan signos clínicos. (58)

Otros individuos pueden ser resistentes o desarrollar inmunidad. La resistencia es el conjunto de mecanismos orgánicos que sirven de defensa contra la invasión y

multiplicación de agentes infecciosos y sus productos tóxicos (27), también se le conoce como inmunidad no específica.

La inmunidad es el estado de resistencia asociado a la presencia de anticuerpos o células que actúan contra un organismo que puede causar una enfermedad. (36) Existen dos tipos de inmunidad, la activa y la pasiva. La inmunidad pasiva es de corta duración, se obtiene por transmisión materna o por uso de sueros, en cambio la activa puede durar años y se adquiere como consecuencia de una infección o por inoculación de fracciones o productos de un agente infeccioso como a través de una vacuna. (27)

### **3.5 Niveles de prevención**

La prevención se relaciona con las medidas que bloquean, limitan o impiden el progreso de una enfermedad en cualquier etapa de su historia natural. Los autores Hugh Rodman Leavell y Edwin Gurney Clark determinaron tres niveles de prevención de acuerdo con la etapa en la historia natural de la enfermedad en la que se apliquen, estos son la prevención primaria, la secundaria y la terciaria, (59) y se pueden observar en la figura 3.

#### **Prevención primaria**

La prevención primaria se enfoca en evitar la aparición de la enfermedad. Actúa sobre las causas o determinantes de la enfermedad y busca remover los factores causales, predisponentes y condicionantes. (59) Se realiza durante el periodo prepatogénico e incluye la promoción de salud y la protección específica.

La promoción de salud permite que las personas tengan mayor control sobre su salud para mejorarla. (29) No se enfoca a una enfermedad en específico sino en intervenciones sociales y ambientales que beneficien la calidad de vida de la población. Algunas actividades incluidas son la educación para la salud y la mejora de instalaciones, del manejo y de la alimentación. La protección específica va

dirigida a evitar las causas de una enfermedad específica, incluye actividades como inmunizaciones, desinfecciones y desparasitaciones contra un agente específico. (10)

### **Prevención secundaria**

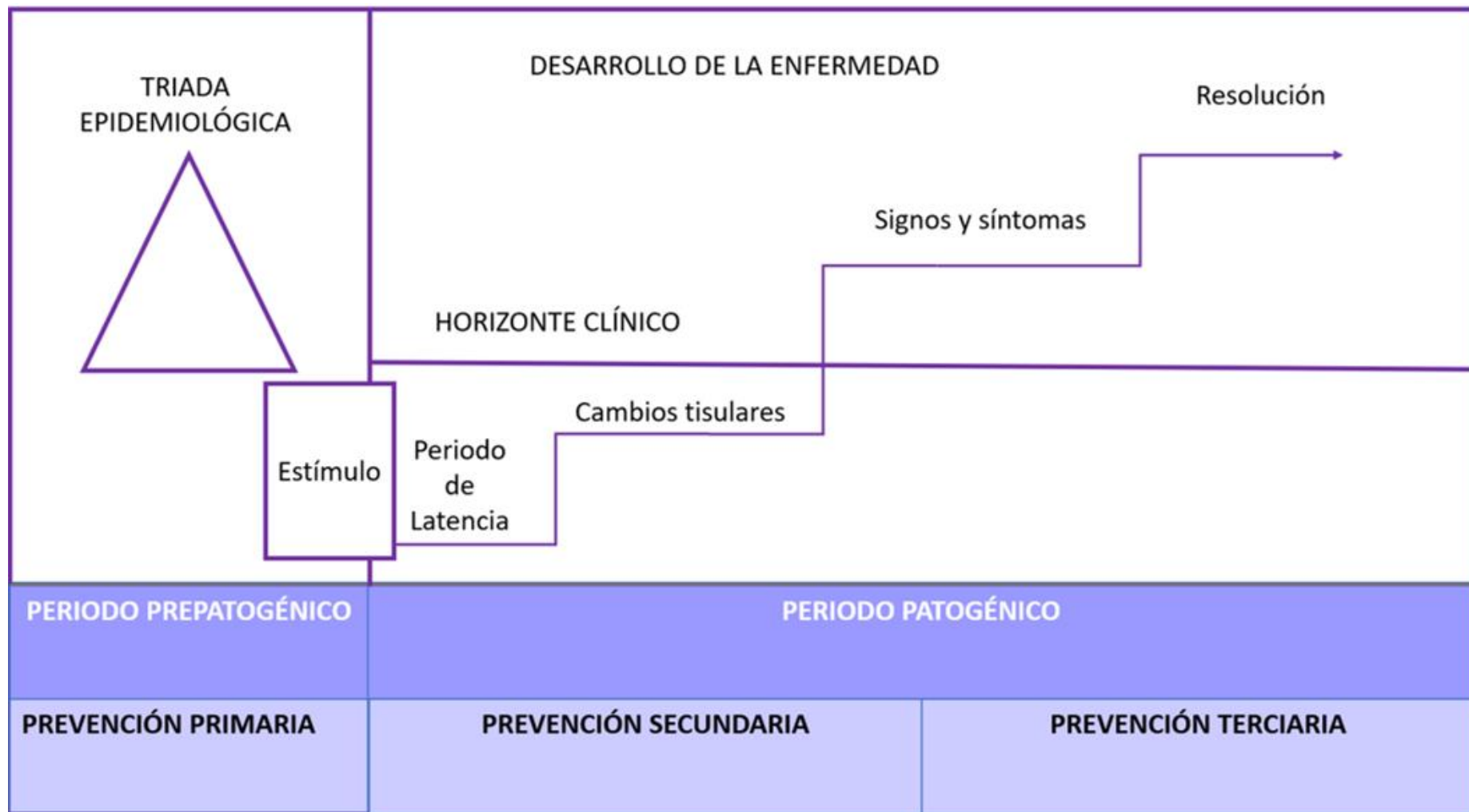
La prevención secundaria busca reducir la prevalencia de las enfermedades acortando su duración con la finalidad de detener o retardar su progreso y secuelas después de su inicio. (59) Se utiliza la detección temprana para alcanzar mejores pronósticos, elegir terapias adecuadas e intervenir en el momento oportuno. (29)

El diagnóstico temprano ayuda a identificar al agente antes de su difusión y permite actuar inmediatamente, a veces antes de la presentación clínica de la enfermedad. Debe ser la base de cualquier programa de medicina preventiva. (59) Algunas actividades que incluye son pruebas tamiz o pruebas diagnósticas a sospechosos y enfermos, encuestas epidemiológicas y revisiones médicas periódicas a la población. Su otro componente es el tratamiento oportuno, que debe ser una terapia eficaz adecuada, que limite el daño y ayude a evitar secuelas, la incapacidad o la muerte. (10)

### **Prevención terciaria**

La prevención terciaria consiste en medidas enfocadas a disminuir el impacto a largo tiempo de las enfermedades al eliminar o reducir la probabilidad de incapacidad, el nivel de sufrimiento y mejorar la calidad de vida de la población. Su herramienta principal es la rehabilitación. (29)

En medicina veterinaria, la rehabilitación se encuentra enfocada principalmente en animales de alto valor, ya sea económico, genético o bien por tratarse de animales de compañía, e incluye actividades como entrenamientos y ejercicios que sirvan para recuperar la funcionalidad y asegurar una buena calidad de vida del individuo. (10)



**Figura 3.** Diagrama HNE

Fuente: Elaboración propia con información de PAHO, 1989



## **4. Nivel de vida y nivel de salud**

### **4.1 Medición del proceso salud y enfermedad en las poblaciones**

Es importante conocer el estado de salud de una población para poder emprender acciones de protección y promoción de salud, prevenir y controlar enfermedades en la población y asegurar su bienestar, capacidad funcional y buena calidad de vida. (54)

#### **Características de la población**

Cada población es única, por lo tanto, es importante conocer sus características para realizar la vigilancia epidemiológica, desde que especie que compone la población hasta el sistema de producción al que pertenece.

Para medir la salud se requiere tener disponibles los datos sobre las variables, o características relevantes, de la población. Éstas pueden ser el tamaño, composición, tipo de sistema de producción, nacimientos, muertes, entre otros. (54)

#### **Componentes e indicadores del nivel de vida**

Para obtener información sobre el nivel de vida de una población de manera objetiva se han creado diferentes indicadores. Estos miden distintos aspectos relacionados a la salud para conocer su situación sanitaria e informar sobre la calidad y desempeño los servicios de salud accesibles. Es importante tener sistemas de información de buena calidad para que los indicadores reflejen de manera correcta el estado de la población. Generalmente estos datos vienen de censos o de registros. (54) Algunos ejemplos de indicadores son la esperanza de vida, los indicadores de morbilidad y mortalidad, la prevalencia, la incidencia entre otros. (60)

La calidad y utilidad de los indicadores dependen de algunas características que deben cumplirse para justificar su uso en la medición del nivel de salud: Su validez

(si en realidad mide lo que intenta medir), su confiabilidad (que reproduzca los mismos resultados al repetir la medición en condiciones similares), su especificidad (que mida solamente lo que se quiera medir), su sensibilidad (que detecte los cambios en el fenómeno que se mide), su relevancia (que pueda dar respuestas claras) y su costo-efectividad (que los resultados justifiquen la inversión de tiempo y recursos). (61)

Los indicadores deben de poder ser fácilmente interpretados y comprendidos para ser utilizados para la toma de decisiones.

### **Tasas, razones y proporciones.**

Para realizar mediciones del proceso de salud es importante conocer y saber diferenciar conceptos como tasas, razones y proporciones.

Una razón es el cociente que resulta de dividir dos valores independientes, es decir dividir dos cantidades relacionadas pero que no están contenidas una dentro de la otra, va de 0 a infinito.

$$A/B$$

Por ejemplo, si en una producción de borregos se encuentran 1000 hembras y 500 machos, en donde las hembras son "A" y los machos "B", el cociente en este ejemplo puede calcularse como  $A/B=2/1 \rightarrow 2$ .

En este caso, existe una razón de 2 a 1, es decir, 2 hembras por cada macho, lo que también puede expresarse como 2:1.

Por su parte, proporción o frecuencia relativa implica a dos cantidades que se relacionan y que el numerador forma parte o está contenido dentro del denominador.

$$A/A+B$$

Por ejemplo, si se tienen 600 vacas y 100 tienen mastitis se calcula como  $100/600$ , siendo "A" 100 y "A + B" 600. Por lo tanto, la proporción de vacas con mastitis es 0.16. Es importante tener en cuenta que una proporción también puede ser

expresada en términos de porcentaje al multiplicar el resultado por 100, en este caso  $0.16 \times 100 = 16\%$ .

Finalmente, una tasa es una forma especial de proporciones, calcularla ayuda a conocer la situación de salud en una población animal y la probabilidad de ocurrencia de un evento, está formada por un numerador que representa el número de eventos de interés, un denominador que es el total de la población de interés y un factor de multiplicación con el valor de 10 a la n potencia que tiene como objeto expresar el resultado en números enteros. (10)

$$(A/B) * 10^n$$

En el ejemplo anterior, el valor de n fue equivalente a 10, por lo que se multiplicó  $0.16 \times 100$  y la tasa de mastitis fue 16.6 casos por cada 100 vacas (o bien hay 17 casos de mastitis por cada 100 vacas).

El valor de n puede ser diferente a 10, tomando el ejemplo anterior si  $n=100$ , entonces  $0.16 \times 1000 = 166$ , por lo que este valor se interpretaría como 166 casos de mastitis por cada 1000 vacas.

Existen dos tipos de tasas, las brutas y las específicas. La tasa es bruta o global cuando contempla a toda la población y es específica cuando solo evalúa a una parte de la población que tiene ciertas características de interés, por ejemplo, el sexo o una especie en particular. (9)

### **Indicadores de morbilidad**

Los indicadores de morbilidad miden la frecuencia de problemas de salud específicos, permite conocer que tanto se presenta una enfermedad en una población específica y se mide a través de los indicadores de incidencia y prevalencia. (10)

## **Incidencia**

La incidencia mide el número de casos nuevos en una población durante un periodo específico de tiempo. Es un indicador de la velocidad de ocurrencia de la enfermedad y un estimador del riesgo de padecerla. Hay dos tipos de incidencia: la incidencia acumulada y la tasa de incidencia. (54)

La incidencia acumulada (IA) o riesgo (R) que representa la proporción de individuos sanos que durante el periodo de interés desarrollaron la enfermedad, su valor va de 0 a 1 y se calcula con la siguiente fórmula (8):

$$IA = \frac{\text{número de individuos que desarrollaron la enfermedad en un periodo determinado}}{\text{número de individuos sanos en la población al comienzo del periodo de interés}}$$

Por ejemplo, en una población de 100 gatos 20 de estos desarrollan rinitis viral felina en una semana por lo tanto la incidencia acumulada sería:

$$\begin{aligned} IA &= \frac{20 \text{ gatos enfermos por rinitis viral felina en la semana X}}{100 \text{ gatos sanos al inicio del periodo}} = 0.2 \\ &= 20\% \text{ en una semana} \end{aligned}$$

Ahora, si se amplía el periodo a dos semanas y 10 gatos más desarrollan la enfermedad, entonces para este periodo la incidencia acumulada sería:

$$IA = 30 \text{ enfermos} / 100 \text{ expuestos}$$

$$IA = 0.3 \text{ de incidencia acumulada}$$

Cuando la incidencia se obtiene en un periodo corto se denomina tasa de ataque (TA) de la enfermedad y se expresa como porcentaje y su valor va de 0 a 100% (54). Siguiendo con el ejemplo anterior para obtener la tasa de ataque:

$$TA = (20 \text{ enfermos} / 100 \text{ expuestos}) \times 100$$

$$TA = 20\% \text{ de probabilidad}$$

La incidencia acumulada muestra el riesgo que los individuos tienen de desarrollar la enfermedad en un periodo y no toma en cuenta a los animales que son removidos de la población sea por muerte u otra causa. (8)

En cambio, la tasa de incidencia (TI) o densidad de incidencia (DI) mide la rapidez con la que casos nuevos de la enfermedad se desarrollan en una unidad de tiempo y se calcula utilizando esta fórmula:

$$DI = \frac{\text{número de casos nuevos en una población en un periodo determinado}}{\text{suma de los individuos que estan en riesgo de desarrollar la enfermedad en el periodo}}$$

El denominador es la suma de los periodos de observación por cada individuo o años-animal.

Por ejemplo, se estudió una población de 10 vacas para ver si desarrollaban leucosis enzootica bovina, los resultados se presentan en el cuadro 1 (8):

**Cuadro 1.** Casos de leucosis en vacas

Fuente: elaborado a partir de Thrusfield, *et al.*

Número de Vaca	Periodo de Observación	Enfermedad
1	7 años	No
2	7 años	No
3	4 años	Si
4	5 años	No
5	6 años	No
6	8 años	No
7	5 años	Si
8	2 años	No
9	9 años	No
10	5 años	No
Total	58	2

$$DI = \frac{2 \text{ casos}}{58 \text{ años}}$$

DI= 0.3 por año-animal en riesgo

## Prevalencia

La prevalencia es el número de casos existentes en una población conocida en un tiempo determinado sin distinguir si son casos nuevos o viejos. Cuando no se indica un periodo de tiempo se habla de prevalencia de punto instantáneo y cuando se especifica el periodo de tiempo se habla de la prevalencia de periodo. Es útil para medir el impacto de las enfermedades crónicas y evaluar los servicios de salud. Para calcularla se utiliza la siguiente fórmula (8):

$$P = \frac{\text{número de individuos enfermos en un periodo determinado}}{\text{número de individuos en riesgo en la población en ese periodo determinado}}$$

Por ejemplo, si 20 vacas en una población de 200 presentan laminitis durante el mes de enero la prevalencia sería:

$$P = \frac{20 \text{ enfermos}}{200 \text{ individuos}} = 0.1$$

Esta proporción representa la probabilidad de que una vaca presente laminitis durante ese mes. El valor de la prevalencia va de 0 a 1 pero se puede expresar como porcentaje.

P= 0.1 o 10% de prevalencia

La prevalencia y la incidencia están relacionadas, si aumenta la incidencia y no cambian los muertos o recuperados aumentará la prevalencia o si más gente se recupera y la incidencia no cambia, la prevalencia disminuirá.

La prevalencia aumenta cuando la enfermedad dura más, cuando hay mayor esperanza de vida o hay más casos nuevos; en cambio disminuye cuando hay menor incidencia, hay mayor letalidad y hay técnicas terapéuticas de buena calidad.

(54)

## Indicadores de mortalidad y tasa de letalidad

Los indicadores de mortalidad miden cuando la resolución de la enfermedad es la muerte o está asociado a ésta. Expresa la magnitud en la que se presenta la muerte en una determinada población en un periodo específico de tiempo. (54) Hay tres indicadores de mortalidad, la tasa de mortalidad general, la tasa de mortalidad específica y la tasa de letalidad.

La tasa de mortalidad general (TMG) mide la ocurrencia de muertes en una población determinada y es la probabilidad de que un individuo muera. Se calcula con la siguiente fórmula (8):

$$\text{TMG} = \frac{\text{número de muertes}}{\text{número de individuos en la población}} * 100$$

Por ejemplo, si en una población de 500 aves 156 mueren por diferentes causas la tasa de mortalidad general sería

$$\text{TMG} = \frac{156 \text{ muertos}}{500 \text{ aves}} * 100$$

TMG= 31% de mortalidad general

El siguiente indicador es la tasa de mortalidad específica que mide el número de muertes en una población por una causa o enfermedad específica, es decir es la probabilidad de que un individuo muera en un periodo determinado por alguna causa específica. Se calcula con la siguiente fórmula (8):

$$\text{TME} = \frac{\text{número de muertes por causa determinada en periodo específico}}{\text{número de individuos en la población}} * 100$$

Por ejemplo, se tiene una población de 200 conejos, 110 de los cuales han muerto por enfermedad hemorrágica

TME= (110 muertos / 200 individuos) \* 100

TME= 55% de mortalidad específica

Finalmente, la tasa de letalidad mide la proporción de casos fatales entre el total de casos, solo hace referencia a las defunciones entre la población enferma no considerando a los individuos sanos. Mide la frecuencia de muertes por una causa específica e indica la probabilidad de morir por esa causa. (54) Se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Letalidad} = \frac{\text{número de muertes por determinada enfermedad}}{\text{número de individuos afectados por determinada enfermedad}} * 100$$

Un ejemplo, en una granja caprina 80 individuos se enfermaron de listeriosis y 12 murieron por esto

$$L = (12 \text{ individuos muertos} / 80 \text{ individuos enfermos}) * 100$$

L= 15% de letalidad

Los indicadores de mortalidad son importantes para conocer la probabilidad de que la resolución de las enfermedades sea la más grave, es decir la muerte. Con estos indicadores se puede evaluar también la calidad de los servicios de salud y su eficiencia.

#### **4.2 Variaciones en el tiempo y en el espacio de la frecuencia de las enfermedades**

Las enfermedades tienen patrones temporales y espaciales que involucran a los ecosistemas en donde se presentan y sus tendencias de duración y en que temporadas aparecen. Es importante conocer estas características para facilitar la identificación de los factores de riesgo de cada enfermedad y así tener planes de prevención adecuados y oportunos que ayuden a disminuir la morbilidad y evitar impactos negativos en la población que podría ser afectada.

Por su distribución espacial las enfermedades pueden ser endémicas, epidémicas o pandémicas. Una enfermedad endémica es aquella que se presenta



constantemente en un área geográfica o en una población específica, tienen un patrón de ocurrencia estable en el área y una alta incidencia y prevalencia(9), un ejemplo de este tipo de enfermedad presente en México es la paratuberculosis. (62)

Una epidemia es cuando el número de casos de una enfermedad excede a lo normalmente esperado en una población o una región (9), un ejemplo es la epidemia de Fiebre Aftosa en México que ocurrió de 1946 a 1952. (63)

Finalmente una pandemia se define como una epidemia que tiene una gran magnitud, generalmente cruza barreras internacionales y tiene un alcance global (29), un ejemplo es la pandemia de Influenza A (H1N1) que afectó a México y gran parte del mundo de 2009 a 2010. (64)

### **Ecosistemas endémicos, epidémicos, paraendémicos o indemnes.**

Se pueden caracterizar distintos ecosistemas de acuerdo con la presencia de enfermedades, estos pueden ser endémicos, epidémicos, paraendémicos e indemnes.

Los ecosistemas endémicos son aquellos en donde están presentes todos los elementos para mantener una enfermedad, es decir contiene reservorios, mecanismos adecuados de transmisión y hospederos susceptibles suficientes para mantener el ciclo completo del agente. (65)

Los ecosistemas epidémicos son aquellos que poseen todos los elementos para mantener la enfermedad y además tienen un intercambio de hospederos susceptibles, fuentes de infección y organismos inmunes de otros sistemas ecológicos que hace que aumenten el número de casos. (65)

Los ecosistemas paraendémicos carecen de elementos o factores necesarios para mantener una enfermedad, puede haber una ocurrencia esporádica de enfermedades por interacciones e intercambios con agentes externos de otros ecosistemas. (65)

Por último, los ecosistemas indemnes son aquellos que son libres de la enfermedad ya que el agente no está presente en el sistema y por lo tanto para que ocurra la enfermedad necesita de la introducción del agente por causas externas. (65)

### **Tendencia y variación temporal en la frecuencia de las enfermedades**

Por su distribución espacial las enfermedades pueden clasificarse en dos tipos: cíclicas y seculares.

Las enfermedades con tendencia cíclica están asociadas a fluctuaciones periódicas y regulares. Se asocian con cambios en el tamaño de la población y con el número de contactos efectivos, tienen un patrón de variación mayor a un año, generalmente de 3 o 5 años y son recurrentes. (8) Un ejemplo es la encefalitis equina venezolana por la relación que el virus tiene con los mosquitos hematófagos que sirven como vector de la enfermedad. (66)

Las enfermedades estacionales son una variación de tendencia cíclica cuya incidencia está relacionada a una estación o época de año particular. Puede ser por cambios en la densidad de hospederos por movimientos migratorios, por dinámicas de vectores o por algún otro factor ecológico. (8) Un ejemplo es la fiebre de Lassa, cuyos casos aumentan en las temporadas de lluvia porque los ratones se refugian en asentamientos humanos. (67)

En cambio, las enfermedades con variación secular ocurren durante un mayor periodo de tiempo y representan interacciones de largo plazo entre hospedero y agente o periodos de incubación largos. El periodo puede ir de 10 a más de 20 años. (8) Medidas preventivas como la vacunación pueden hacer que la tendencia de una enfermedad se vuelva secular. Un ejemplo es la rabia urbana cuya prevalencia ha disminuido gracias a los planes de vacunación y medicina preventiva. (68)

### **Cambios verdaderos y falsos, en la frecuencia de enfermedades.**

Los cambios en las medidas de frecuencia de la enfermedad pueden ser verdaderos o falsos. Los cambios son verdaderos cuando se afecta el número de casos o cuando afectan la duración de la enfermedad. Son falsos cuando hay errores en el numerador como cuando no se reconoce bien la enfermedad o se clasifican mal los casos, y cuando hay errores en el denominador como cuando se enumera o se tienen mal los datos poblacionales. (8)

Es importante reconocer cuando los cambios son verdaderos o falsos para tener información objetiva y real con la cual trabajar. Por ejemplo, es difícil decir que la incidencia de una enfermedad aumenta si no se tiene claro si es porque hay más casos o porque se están diagnosticando más de manera correcta. Analizar e interpretar los patrones de cambio debe ir enfocado a la realidad y no a la posibilidad de que los cambios son artificiales por información falsa o adquirida de manera incorrecta.

### **4.3 Asociación causal**

Uno de los objetivos de la epidemiología es determinar y comprender los factores que causan la aparición de las enfermedades para su prevención y control.

#### **Evaluación del concepto de causa de la enfermedad**

La causa de una enfermedad es un evento, condición, característica o algún factor que tiene un papel fundamental en la presentación de una enfermedad. Se le llama causa suficiente cuando inevitablemente produce la enfermedad y necesaria cuando la enfermedad no se puede desarrollar si este factor está ausente. La causa siempre tiene que preceder a la aparición de la enfermedad. (9)

#### **Postulados de Koch y de Evans**

En 1840 el doctor Jakob Henle habló sobre el concepto de causalidad en uno de sus libros. Posteriormente, en 1890, el médico y microbiólogo Robert Koch, quien fue alumno de Henle, profundizaría en este concepto para presentar una serie de postulados que se utilizarían para determinar el agente etiológico de las enfermedades. (69) Estos postulados son los siguientes:

1. El agente debe estar presente en cada caso de la enfermedad de interés y debe de estar ausente en casos de otras enfermedades.
2. El agente debe ser aislado de pacientes enfermos y crecer en cultivo puro.
3. Una vez aislado, el agente debe producir la enfermedad cuando se inocule en individuos susceptibles.
4. El agente debe de ser recuperado de los individuos inoculados. (29)

Koch utilizó estos postulados para identificar los agentes etiológicos de enfermedades como el cólera y la tuberculosis.

En 1976 el doctor Alfred Evans, epidemiólogo y virólogo americano, propuso nuevos postulados parcialmente basados en el modelo Henle-Koch (69):

1. La prevalencia de la enfermedad debe ser significativamente más alta en los individuos expuestos a la posible causa que en los individuos que no están expuestos.
2. La exposición a la posible causa debe ser más frecuente en los enfermos que en los que no presentan la enfermedad.
3. La incidencia de la enfermedad debe ser significativamente más alta en los individuos expuestos que en los que no están expuestos.
4. La enfermedad debe presentarse después de la exposición a la supuesta causa y tener una distribución en forma de campana.
5. Las respuestas de los hospederos deben presentarse después de la exposición a la posible causa y pueden ir desde leves a graves.
6. Los hospederos deben presentar una respuesta medible después de ser expuestos por primera vez a la posible causa, esto no debería de presentarse en individuos no expuestos.

7. La reproducción experimental de la enfermedad debe ser más frecuente en organismos expuestos de manera apropiada a la probable causa que en los no expuestos.
8. La eliminación o modificación de la posible causa debe eliminar o reducir la incidencia de la enfermedad.
9. La prevención o modificación de la respuesta del hospedero a la exposición de la probable causa debe reducir o eliminar la enfermedad.
10. Todas las relaciones deben ser biológica y epidemiológicamente coherentes y tener sentido. (29)

Estos postulados pueden servir como criterio al momento de evaluar o probar hipótesis sobre las posibles causas de que una enfermedad o un evento relacionado con la salud se desarrolle.

### **Criterios de Bradford-Hill**

En 1965, el epidemiólogo inglés Austin Bradford Hill propuso los siguientes criterios para considerar que una relación es causal, estos son: La temporalidad (que la causa siempre anteceda al evento); la fuerza de asociación (la magnitud de razón entre la causa y el efecto); el gradiente biológico (entre mayor sea el grado de exposición mayor será la incidencia de la enfermedad); la consistencia, (que siempre se encuentren asociadas las variables como causa-efecto no importa en qué circunstancias se estudien); la especificidad (que la causa origine un efecto en particular y no aplique a modelos multicausales); la coherencia (que la interpretación de la asociación no entre en conflicto con los conocimientos de la historia natural de la enfermedad); la evidencia experimental (donde existe un sustento a través de estudios sobre la existencia de la relación); la analogía (que sea posible relacionar al factor de riesgo que se está estudiando con otras enfermedades similares) y finalmente la plausibilidad, (que la asociación debe tener una explicación lógica sustentada en conocimientos científicos).(9)

## **Tipos de asociación**

La asociación puede definirse como la dependencia estadística entre dos o más factores. Cuando se trata de una asociación causal o relación causa-efecto un cambio en la intensidad de la exposición es seguido por el cambio de la intensidad del efecto. (29) Al estudiar la etiología de las enfermedades es importante considerar la asociación que existe entre un factor y el desarrollo de la enfermedad. Hay dos tipos de asociación: la no estadística y la estadística.

### **Asociación estadística y no estadística**

La asociación no estadística ocurre cuando la dependencia entre la causa y el efecto no existe, es decir, la relación se da por casualidad. La asociación estadística implica que la causa y el efecto están relacionados, es decir, se presentan simultáneamente. Hay dos tipos de asociación estadística: la no causal y la causal. La asociación no causal sucede cuando se presenta una asociación con la posible causa, pero ambos son factores independientes. La asociación causal es cuando la presencia de una enfermedad y su posible causa están relacionadas, es decir hay una mayor probabilidad de desarrollar una enfermedad en los individuos que están expuestos a la posible causa que en los que no están expuestos. (10)

### **Asociación directa e indirecta**

Cuando una asociación es causal puede ser directa o indirecta. La directa es donde el factor ejerce su efecto en ausencia de otros factores o variables, es decir no necesita de intermediarios y es la verdadera causa de la enfermedad. La indirecta es donde la supuesta causa afecta otros factores que causan la enfermedad, es decir actúa con intermediarios. (10)

## **Modelos causales**

Los factores causales de enfermedad se pueden categorizar en cuatro. 1) Causa necesaria y suficiente, donde en presencia del factor la enfermedad siempre se desarrolla y sin este no puede hacerlo, 2) Causa necesaria pero no suficiente, donde el factor necesita de intermediarios o la presencia de otros factores para desarrollar la enfermedad, 3) Causa suficiente pero no necesaria, donde el factor por sí solo puede producir la enfermedad pero también otros factores que actúen independientemente y finalmente 4) Causa ni suficiente ni necesaria, donde ningún factor por sí solo puede producir la enfermedad. (24)

### **Sesgos en la asociación causal**

Cualquier tipo de estudio puede ser afectado por un cierto nivel de error. Los errores se pueden clasificar en sistemáticos o aleatorios. Un error aleatorio es aquel que ocurre al azar y reduce la precisión del estudio mientras que un error sistemático o sesgo, es aquel que surge del diseño, relación o análisis de un estudio y genera una estimación errónea entre los parámetros verdaderos y los percibidos. (24) Los sesgos deben ser considerados al realizar un estudio para poder llegar a conclusiones válidas.

Hay tres tipos de sesgos, los de selección, los de información y los de confusión. Los sesgos de selección están relacionados con el diseño del estudio, principalmente por el proceso de selección de la población de interés, la asociación aparente de los factores y el resultado de interés puede no existir, aunque aparente que sí. Por ejemplo, si el estudio requiere de encuestas y solo se toman en cuenta los que afecten significativamente el estudio se tiene un sesgo importante. (70)

Los sesgos de información resultan de errores cometidos durante la medición de los factores de riesgo o del estado de la enfermedad, puede ser por que los métodos de medición son insuficientes o los datos obtenidos no se clasifican de manera correcta. Por ejemplo, si el diagnóstico de la enfermedad de interés no es preciso se pueden perder casos de la enfermedad de interés, lo que afectaría directamente al resultado del estudio. (70)

Por último, el sesgo de confusión surge de la imposibilidad de asignar una relación a dos factores que parecen estar asociados, es decir que la relación puede ser casual y no afectar directamente a la enfermedad. Por ejemplo, al observar que dos factores pueden afectar el desarrollo de una enfermedad es importante analizar la relación y el impacto que tienen o se puede asociar un factor que solo se presentaba de manera casual. (70)

### **Medición de la asociación**

Es importante determinar matemáticamente qué tanta relación hay entre dos variables, es decir que tanto se presenta una cuando se presentara la otra. Para obtener esto se utilizan las medidas de asociación que son: el riesgo relativo y la razón de probabilidades. Y para medir el efecto que tienen estas asociaciones se utiliza el riesgo atribuible. (10)

### **Riesgo relativo**

El riesgo relativo (RR) o razón de riesgos es un indicador que establece la fuerza de asociación entre un factor de riesgo y la presencia de una enfermedad, indica la probabilidad de enfermar que tiene un individuo al exponerse a cierto factor. Se utiliza para comparar la incidencia de enfermedad en individuos expuestos a los no expuestos y se obtiene de la siguiente manera en un cuadro de 2x2:

$$\text{Incidencia en expuestos} = \frac{a}{a + b}$$

$$\text{Incidencia en no expuestos} = \frac{c}{c + d}$$

$$\text{Riesgo relativo} = \frac{\frac{a}{a + b}}{\frac{c}{c + d}}$$

Si el riesgo relativo es mayor a uno, indica que hay una asociación entre el factor y la enfermedad, si la asociación es igual a uno significa que no hay relación, y si el



resultado es menor a uno indica que no es posible asociar el factor a la enfermedad, o bien se trata de un factor protector. (8)

Por ejemplo, en dos grupos de 200 cerdos cada uno, se determinará la incidencia de PRRS. El grupo 1 vive en confinamiento y se considera como el grupo expuesto, y el grupo 2 en pastoreo y se considera como el grupo no expuesto. En el grupo 1 hubo 10 casos y en el 2 cuatro. La información se detalla en el cuadro 2.

**Cuadro 2.** Casos de PRRS en cerdos

Fuente: elaboración propia

	ENFERMOS	SANOS	TOTAL
Confinamiento	10 (a)	190 (b)	200 (a+b)
Pastoreo	4 (c)	196 (d)	200 (c+d)
Total	14 (a+c)	386 (b+d)	400

$$\text{Incidencia en expuestos} = \frac{10}{10+190} = 0.05$$

$$\text{Incidencia en no expuestos} = \frac{4}{4+196} = 0.02$$

$$\text{Riesgo relativo} = 0.05 / 0.02 = 2.5$$

Esto quiere decir que los cerdos en confinamiento tienen 2.5 veces más probabilidad de enfermar de PRRS que los cerdos en pastoreo.

### **Razón de probabilidades**

La razón de probabilidades (RP), o razón de momios (RM u OR por sus siglas en inglés) se utiliza cuando se desea comparar la probabilidad de que ocurra un evento en grupo expuesto a un factor de riesgo en comparación con un grupo no expuesto a ese factor. Se usa principalmente en los estudios de casos y controles. Se puede obtener de las siguientes maneras (8):

$$\text{Razón de probabilidades} = \frac{\frac{a}{b}}{\frac{c}{d}}$$

$$\text{Razón de probabilidades} = \frac{\frac{a}{c}}{\frac{b}{d}}$$

$$\text{Razón de probabilidades} = \frac{a * d}{c * b}$$

Por ejemplo, se evalúan 2,500 terneras para comprobar si el sistema de crianza es un factor de riesgo para el desarrollo de tuberculosis. En el cuadro 3, se detalla que en el grupo 1, que son estabulados, se obtienen 45 casos positivos y 225 negativos, en el grupo 2, que son no estabulados se obtienen, 5 casos positivos y 245 casos negativos:

**Cuadro 3.** Casos de tuberculosis en terneras

Fuente: elaboración propia

	Positivos	Negativos	Total
Estabulados	45 (a)	1,205 (b)	1,250 (a+b)
No estabulados	5 (c)	1,245 (d)	1,250 (c+d)
Total	50 (a+c)	2,450 (b+d)	2,500

$$\text{Razón de probabilidades} = \frac{\frac{45}{1,205}}{\frac{5}{1,245}} = 0.037/0.004 = 9.25 \approx 9.3$$

Considerando que una RM con un valor igual a 1 representa no asociación, se puede concluir que las terneras estabuladas tienen 8.3 veces más probabilidad de padecer tuberculosis que las terneras en pastoreo, o bien, que las terneras estabuladas tienen 9.3 veces la probabilidad de enfermar de tuberculosis en comparación con las no estabuladas.

## Riesgo atribuible

Finalmente, el riesgo atribuible (RA) es un indicador que permite determinar que tanto se le atribuye al factor de riesgo el desarrollo de una enfermedad, ésta es una proporción y se expresa como una tasa. Si el factor de riesgo se relaciona a la enfermedad debe de haber más casos en los individuos expuestos que en los individuos no expuestos. Se obtiene con la siguiente fórmula (8):

$$RA = \text{Incidencia expuestos} - \text{Incidencia no expuestos}$$

Es decir:

$$\text{Riesgo atribuible} = a/(a + b) - c/(c + d)$$

Por ejemplo, se realiza un estudio para ver la incidencia a Toxoplasmosis en gatos que viven en casas que no tienen jardín que se consideran los no expuestos y gatos que viven en casas que tienen jardín y que se consideran los expuestos:

### **Cuadro 4.** Casos de toxoplasmosis en gatos expuestos y no expuestos al jardín

Fuente: elaboración propia

	Positivo	Negativo	Total
Con jardín	15 (a)	15 (b)	30 (a+b)
Sin jardín	4 (c)	26 (d)	30 (c+d)
Total	19 (a+c)	41 (b+d)	60

$$\text{Razón de probabilidades} = 15/(15 + 15) - 4/(4 + 26) = 0.5 - 0.13 = 0.37$$

El riesgo atribuible es igual a 0.37, lo cual quiere decir que 37 casos de toxoplasmosis de cada 100 expuestos son atribuibles al factor de riesgo, en este caso, a vivir en una casa con jardín.

## **5. La investigación epidemiológica.**

### **5.1 El método estadístico**

El método estadístico consiste en una serie de procedimientos para el manejo de datos cuantitativos y cualitativos de interés en una investigación. Generalmente se considera que se divide en cuatro etapas, pero algunos autores incluyen más para poder hablar en detalle sobre lo que incluye cada etapa. Las más comúnmente mencionadas son:

- La recopilación, que consiste en la medición de las variables para obtener la información específica, exacta y necesaria para la investigación.
- El procesamiento, donde se revisa la información obtenida y es clasificada de acuerdo con el objetivo de la investigación para facilitar su uso.
- La descripción o presentación en donde se elaboran gráficas o cuadros que permiten inspeccionar y visualizar la información de manera rápida y precisa.
- El análisis donde se interpretan los datos obtenidos, se comparan los resultados y de acuerdo con la investigación se pueden buscar las medidas de resumen, como la moda, mediana, media, desviación estándar u otras medidas de interés. (71)
- 

#### **Definición del universo de trabajo.**

En el método estadístico se debe definir explícitamente cual es la población o poblaciones de interés de donde se van a obtener los datos que se van a analizar, es decir se debe definir el universo de trabajo. Este concepto habla sobre el conjunto de unidades que tienen una característica en común que se desea estudiar, de la cual se van a inferir los resultados y se tiene claro que elementos lo componen. (8) Es de este conjunto donde se obtendrán las muestras para el estudio.

#### **Diseño de muestreo.**

El muestreo es la técnica utilizada para obtener elementos representativos llamados muestras, a partir de la población o universo que se está estudiando. Es importante porque a través de estas muestras se podrán realizar inferencias estadísticas y el análisis de la población estudiada. (29)

### **Determinación del tamaño mínimo de muestra para muestreos aleatorios.**

Dependiendo del estudio se necesita un número determinado de individuos que compongan a la muestra para que ésta sea representativa de una población, a esto se le llama tamaño mínimo de muestra. Para determinar este tamaño se utilizan las siguientes variables: el nivel de confianza deseado o intervalo de confianza, que indica la probabilidad de que el valor real que se busca este en un cierto intervalo, generalmente se usa un nivel de confianza de 95% y se utiliza la tabla de distribución normal de los valores de Z, el error permisible, que es el nivel de error que se puede tolerar en él estudio dependiendo del nivel de confianza, y finalmente la prevalencia estimada de la enfermedad. (8)

Tomando estos criterios en cuenta se obtiene una fórmula para estimar el tamaño óptimo para la muestra. (8)

$$n = \frac{z^2 pq}{d^2}$$

Donde:

n: tamaño de la muestra

z: nivel de confianza deseado

p: prevalencia esperada

q: 1-p

d: error máximo permitido

Por ejemplo, ¿Cuántas cabras hay que estudiar para determinar la prevalencia de Artritis Encefalitis Caprina en Aguascalientes? Considerando un nivel de confianza de 95%, un error máximo de 8% y una prevalencia esperada de 20%:

Sustituyendo en la fórmula:

$$n = 1.96^2 (0.20) (0.80) / 0.08^2$$

$$n = 3.8416(0.16) / 0.0064$$

$$n = 0.61 / 0.0064$$

$n = 96.04$  que se redondea a 96 animales.

Ahora, si la población de cabras solo fuera de 90 animales se utiliza una fórmula de ajuste que es (8):

$$n' = N * n / N + n$$

$n'$ : tamaño de muestra necesario

$N$ : población total

$n$ : tamaño de muestra

Sustituyendo en la fórmula:

$$n' = 90 * 96 / 90 + 96$$

$$n' = 8,640 / 186$$

$n' = 46.45$  que se redondea a 47 animales

### **Tipos de muestreo aplicado a la epidemiología.**

De forma general se considera que existen dos tipos de muestreo, el probabilístico donde la selección de individuos es aleatoria y cada muestra tiene la misma probabilidad de ser seleccionada y el no probabilístico donde las muestras no son tomadas de manera aleatoria. (72)

En el muestreo probabilístico los cuatro métodos más utilizados son los siguientes:

El muestreo aleatorio simple: donde se tiene una lista de todos los individuos de una población homogénea y se seleccionarán de manera aleatoria por sorteo, o utilizando una herramienta como una calculadora o programas como Excel, es un método óptimo para obtener muestras aleatorizadas para el estudio. (70)

El muestreo sistemático, que es ideal para cuando no se tiene una lista de los individuos de la población. Se divide el tamaño total de la población entre el tamaño mínimo de muestra necesario para obtener un valor de intervalo de donde se seleccionarán los individuos para el muestreo (8), por ejemplo, si se tiene una población de 200 cerdos y se necesita seleccionar 30 animales para ver el impacto de *Áscaris* en el crecimiento, se divide 200 entre 30  $\rightarrow 200/30=6$

Se selecciona un número del 1 al 6 de manera aleatorio, por ejemplo 3 y a partir del tercer animal se suma 6 y al resultado se le vuelve a sumar 6, es decir se tomaría muestra de los animales 3, 9, 15, 21, 27, 33, hasta tener a los 30 individuos.

El muestreo estratificado consiste en dividir una población en estratos homogéneos por características conocidas a las cuales se les llama variables de control que se conoce que afectan el resultado del muestreo, por ejemplo, por tamaño, o raza. Este tipo de muestreo da fácil acceso a subpoblaciones y tiene buen nivel de representación. Después de tener estos estratos, a cada uno se le aplica selección por muestreo aleatorio simple para obtener los individuos que serán muestreados. (70)

El muestreo por conglomerados, es un método es muy útil cuando se tiene una lista incompleta de individuos o los grupos son heterogéneos. Los grupos pueden ser divididos por rebaños, camadas, por lugar geográfico u otro modo de agrupación. Se selecciona de manera aleatoria los grupos y se muestrean a los individuos que lo componen. (70)

Por otro lado, en el muestreo no probabilístico los principales métodos que se usan son los siguientes:

El muestreo por cuotas, también llamado accidental se usa cuando se conocen los estratos de la población y se seleccionan estos a partir del fin de la investigación.

Los estratos no son seleccionados de manera aleatoria y no es totalmente representativo.

El muestreo por juicio o intencional, que es cuando se seleccionan las unidades de muestreo para que se obtengan resultados representativos y es a criterio del investigador. (8)

El muestreo por conveniencia que consiste en seleccionar a las unidades que cumplen con un requisito del estudio y que son convenientes o se tienen fácil acceso a éstas.

El muestreo de “bola de nieve”, donde se le pide al individuo que identifique a otro sujeto potencial, generalmente a través de contactos, que pueda participar en el estudio hasta conseguir el número de muestra suficiente para este, se utiliza comúnmente el método cuando las poblaciones son pequeñas. (70)

## **5.2 Diseño de encuestas y de bases de datos.**

La encuesta es una herramienta para la obtención de datos relevantes a un estudio que se compone de un conjunto de preguntas. (8) Al diseñar una encuesta se busca que haya el máximo índice de participación posible, para facilitar esto se recomienda lo siguiente:

- Tener un título breve y claro, puede venir acompañado de una breve introducción al porqué de la encuesta y el valor que tendrán los resultados en la investigación.
- El lenguaje de la encuesta debe ser objetivo y apropiado a la población a la que será aplicada, por ejemplo, si es población general no usar lenguaje técnico, pero si es a veterinarios se puede usar lenguaje médico.
- Es recomendable empezar con preguntas generales y luego aplicar las preguntas específicas, además deben de estar agrupadas por tema.



Las preguntas pueden ser abiertas, donde el encuestado puede responder con sus propias palabras, las ventajas de este tipo de preguntas es que permite que uno exprese sus opiniones y deje comentarios. El problema de este tipo de preguntas es que hace que las respuestas sean difíciles de codificar o categorizar para una base de datos y toman mucho más tiempo de revisar.

Por otro lado, las preguntas “cerradas”, como las de opción múltiple o las dicotómicas vienen con respuestas determinadas y fáciles de categorizar, se contestan y revisan más rápido, pero pueden minimizar la información o evitar que se den detalles. Es importante que las opciones de respuesta sean mutuamente excluyentes y exhaustivas para evitar confusiones.

En algunos casos las encuestas deben de ser lo más anónimas posibles o confidenciales, esto se puede lograr no pidiendo datos a los entrevistados o no publicando a quiénes se les aplicó la encuesta

Se considera que hay dos métodos para aplicar una encuesta, la entrevista donde alguien le aplica la encuesta al sujeto y uno donde participa de manera independiente el entrevistado. La ventaja de la entrevista es que se puede dar más detalles o resolver dudas que el sujeto tenga, pero puede resultar muy cara y además puede generar sesgo por parte del entrevistador.

La encuesta se puede mandar por correo o aplicar en línea, esto resulta mucho más barato, tiene mayor alcance y es más rápido, pero puede dejar con dudas a los encuestados y por lo tanto se pueden tener respuestas equivocadas o mal hechas.  
(8)

Una encuesta puede ser una buena fuente de información si es válida y confiable. Para probar que son válidas, es decir, que reflejan la realidad, siempre es bueno comparar los resultados con otra fuente, sea con otra encuesta o con literatura relacionada. Para probar su confiabilidad o que los resultados sean constantes, se puede repetir la encuesta a la misma persona y ver que se obtengan la misma información. (9)

Las encuestas pueden ser valiosas fuentes de información para crear bases de datos y proveer información de buena calidad si son aplicadas y manejadas de manera correcta.

Una base de datos es una colección organizada de archivos o información para poder ser utilizada con un propósito en específico. (29) La información puede venir de fuentes primarias que son observaciones directas y encuestas o de fuentes secundarias, que son documentos derivados de fuentes primarias, como artículos, libros y enciclopedias. Su objetivo es dar acceso a información relevante para que pueda ser usada para el monitoreo, la vigilancia y control de enfermedades, para la elaboración de reportes, análisis de casos, entre otros. (9)

Hay dos tipos principales de bases de datos, los computacionales y los no computacionales. Gracias al internet se ha facilitado el acceso a la información en muchos ámbitos y existen muchos softwares y programas que permiten diseñar y manejar bases de datos de manera más fácil y rápida. Aun así, muchos lugares manejan todavía su información con archivos, tarjetas o documentación manual. Dependiendo de la conveniencia, infraestructura y recursos que tienen los lugares pueden manejar diferentes tipos de bases de datos. También se pueden categorizar dependiendo de la escala, si son solo de una granja o clínica específica se les considera micro y si tienen alcance nacional o internacional se consideran macro. (8)

Algunos ejemplos de bases de datos importantes para la epidemiología veterinaria en México son los que manejan la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), la Secretaría de Salud, el Consejo Técnico Consultivo Nacional de Sanidad Animal (CONASA) entre otros. A nivel internacional existen las bases de datos de la Organización Panamericana de la Salud (OPS o PAHO en inglés), la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE), para mencionar algunas y todas se pueden acceder a través de internet.

### **5.3 Definición de los grupos de estudio y control.**

Durante la planeación de un experimento es importante definir al grupo control y al grupo experimental.

El grupo control es aquel que no se expone a la condición, estímulo o variable experimental de interés con el objetivo de poder identificar y aislar el efecto que tiene esta variable. Y el grupo experimental es el cual se expone a una variable o estímulo experimental para medir su impacto y explicar que efecto tiene en el resultado. (29) Los resultados de ambos grupos se compararán para identificar que es la variable de interés la que causa el efecto y aislar otras respuestas alternativas. (70)

Por ejemplo, en un estudio diseñado para ver qué factores ayudaban a minimizar el estrés en los gatos en sus visitas al veterinario, el grupo experimental recibió entrenamiento con condicionamiento positivo para usar transportadoras mientras que el grupo control no fue entrenado. El resultado probó que el entrenamiento ayudaba a bajar los niveles de estrés en los gatos. (73)

### **5.4 Descripción y análisis de los datos: cuadros, gráficas.**

Una vez que se han obtenido o generado los datos se deben presentar, y la mejor manera de hacerlo es a través de cuadros y gráficas.

Los cuadros y las gráficas son herramientas que permiten resumir la información para analizarla y presentarla de manera fácil y rápida. Las ventajas de un cuadro es que se puede expresar la información de manera precisa, son rápidas de elaborar y generalmente no ocupan mucho espacio. Deben de llevar un título claro y contener suficiente información que permita la interpretación sin tener necesariamente que referenciar el texto. (9)

Por ejemplo, el cuadro 5, proviene de un estudio donde se comparan dos planes de vacunaciones contra la enfermedad de Newcastle en pollos para ver cuál es más efectivo, aquí reportan el efecto de los tratamientos en los parámetros productivos, como lo dice el título. Los datos están ordenados en sus categorías para que sea fácil leer y entender las diferencias en los resultados. (74)

**Cuadro 5.** Parámetros productivos de pollos de engorde sometidos a dos planes de vacunación contra Newcastle

Fuente: elaboración a partir de Perozo Marin, et al.

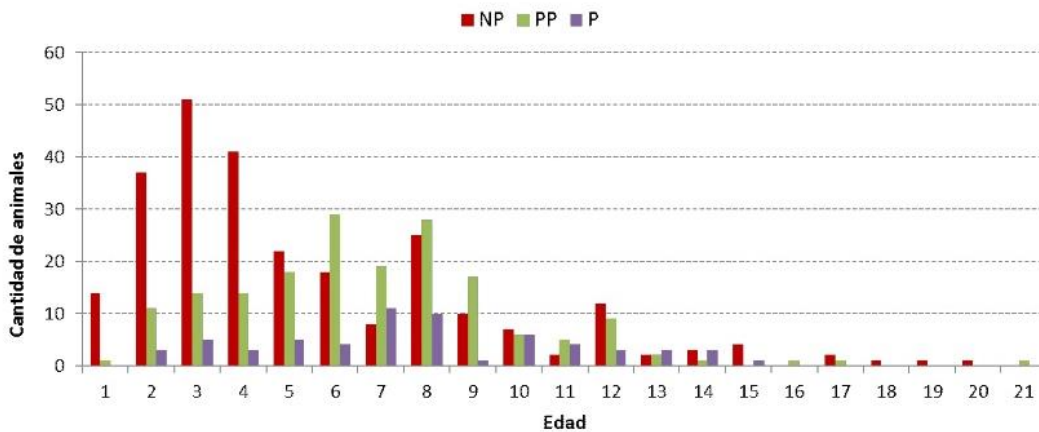
Tratamiento	Peso	Conversión	Mortalidad
T1	2.079	1.58	4.6%
T2	2.145	1.59	5.4%
T3	2.192	1.45	4.7%

De acuerdo con el tipo de variables que se están manejando se pueden elaborar gráficas para presentarlas. Las gráficas tienen la ventaja de que son simples y claras, son visuales lo que hace que llamen más la atención y ayudan a representar las relaciones que pueden existir entre las variables. (9).

Para las variables discretas, principalmente se utilizan las gráficas de barras y las gráficas sectoriales o “de pastel”. Las gráficas de barras se componen de un eje horizontal (eje “x”) donde va la categoría, y un eje vertical (eje “y”) donde la altura representa el valor de la variable, siempre deben de tener un título. Estas gráficas ayudan a comparar la información y se recomienda acomodar las barras por altura para que sean fáciles de leer. (9)

La figura 4 proviene de un estudio prevalencia de anticuerpos contra la influenza equina en caballos deportivos en Argentina. En el eje horizontal se encuentran las edades de los animales y en el eje vertical en número de estos. Los colores de las barras además indican en rojo sí los animales no están protegidos, en verde sí están parcialmente protegidos y en morado sí están protegidos. (75)

## Prevalencia de anticuerpos contra influenza equina



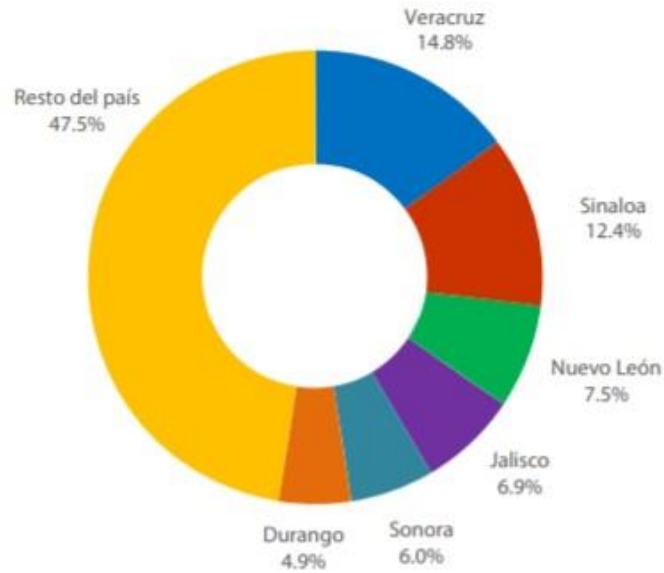
**Figura 4.** Ejemplo de gráfica de barras

Fuente: Durante et al.

Las gráficas de pastel son gráficas donde los datos se presentan como proporciones o rebanadas del círculo total. Deben tener título y su ventaja es que los datos se pueden ver de manera porcentual para su análisis. (9)

La figura 5, muestra un gráfico proveniente de la Encuesta Agropecuaria de 2014, realizada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Aquí se presentan los porcentajes de ganado bovino presentes en el país por estado.

### Porcentaje de existencia de ganado bovino de engorda por principales entidades federativas



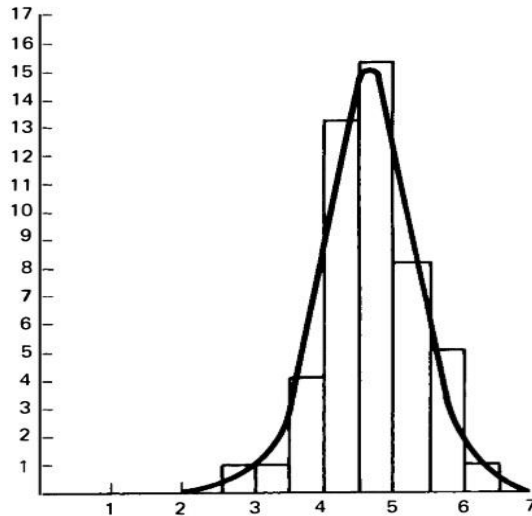
**Figura 5.** Ejemplo de gráfica de pastel

Fuente: inegi.org.mx

Para las variables continuas principalmente se utilizan los histogramas y los polígonos de frecuencias. Los histogramas son gráficas donde los datos se agrupan en intervalos, en el eje vertical se representan las frecuencias o el número de observaciones y en el eje horizontal la categoría y sus valores en intervalos. (9)

Por ejemplo, el siguiente histograma, la figura 6, representa la distribución de pesos en una población de 49 cerdos. En el eje vertical se encuentra el número de cerdos y en el eje horizontal vienen indicados los pesos. En este tipo de gráfico, las barras no están separadas para indicar los intervalos. (8)

### **Histograma de distribución de pesos en lechones**



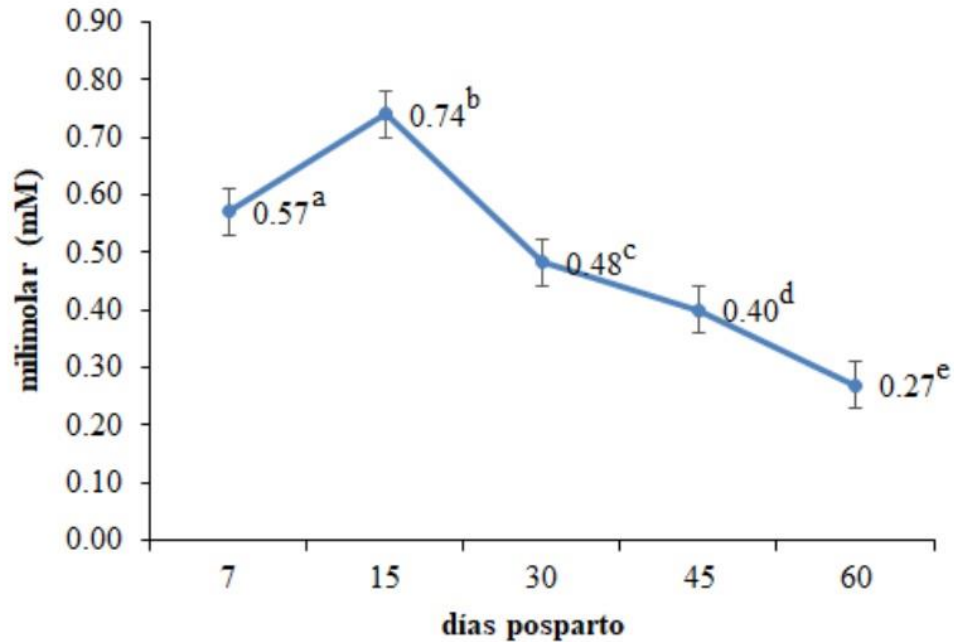
**Figura 6.** Ejemplo de histograma

Fuente: Thrusfield *et al.*, 2018

A partir de los histogramas se elaboran los polígonos de frecuencias, esto se hace uniendo con una línea el punto medio de cada barra. Es una gráfica que simplifica más la información y es muy usada en los estudios para resumir y representar información. (9)

El polígono de frecuencias de la figura 7, proviene de un experimento donde se midieron los niveles de algunos ácidos grasos durante el balance energético negativo en vacas Holstein. En este se reporta como el  $\beta$ -hidroxibutirato fue cambiando en los días posparto en 50 vacas. (76)

### **Comparación de $\beta$ -hidroxibutirato a través del tiempo, n= 50 vacas Holstein**



**Figura 7.** Ejemplo de polígono de frecuencias

Fuente: Omar *et al.*, 2019

### 5.5 Distribución de frecuencias, medidas de tendencia central y medidas de dispersión en la distribución normal y anormal.

En la estadística descriptiva, la distribución de frecuencias consiste en la agrupación de datos de manera que se indique el número de las observaciones en diferentes categorías. Las más usadas siendo las de frecuencia absoluta, que es el número de veces que se repite un cierto dato o número y la frecuencia relativa, que es la proporción de la frecuencia absoluta con el total se puede expresar en porcentaje y su sumatoria siempre debe ser 1 o 100%. En algunos casos también se usan la frecuencia absoluta acumulada y la frecuencia relativa acumulada que son la sumatoria de las frecuencias. (77)

Por ejemplo, digamos que en una granja de cerdos se van a registrar los pesos de destete de 15 lechones. Estos se observan en el cuadro 6.

Pesos: 2.6, 3.2, 3.7, 4.0, 2.6, 3.0, 3.4, 4.3, 4.5, 4.5, 3.4, 4.4, 4.5, 3.5, 3.1, 3.4



**Cuadro 6.** Pesos de destete en una granja de cerdos

Fuente: elaboración propia

Pesos	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
2.6-3.0	3	0.21
3.1-3.5	5	0.33
3.6-4.0	2	0.13
4.1-4.5	5	0.33

Este tipo de cuadros permite presentar las características de la población de manera resumida.

**Medidas de tendencia central**

También existen otros indicadores que permiten describir a las poblaciones llamadas medidas de tendencia central. Las medidas de tendencia central o medidas de posición indican el centro de la distribución de los datos y son la media, la moda y la mediana.

**Media**

La media, también conocida como promedio es la medida más comúnmente usada y la más apropiada para encontrar el punto medio de distribución de los datos. Su fórmula es la siguiente (9):

$$\mu = \frac{\sum x}{n}$$

$\mu$ : media

$\sum x$ : sumatoria de x

n: número de observaciones

Por ejemplo, con los datos de los pesos de los lechones,

$$\mu = (2.6+3.0+2.6+3.1+3.2+3.5+3.4+3.7+4.0+4.3+4.5+4.5+4.4+4.5+3.4) / 15$$

$$\mu = 54.7/15 = 3.64$$

Esto indica que la media o el promedio de pesos de los lechones es 3.64 kg

### **Mediana**

La mediana es el valor medio después de acomodar todos los datos en orden numérico, generalmente se usa cuando los números son muy diferentes. (9)

Siguiendo con el ejemplo de los lechones:

2.6, 2.6, 3.0, 3.1, 3.2, 3.4, 3.4, 3.5, 3.7, 4.0, 4.3, 4.4, 4.5, 4.5, 4.5

El valor que queda en medio y por lo tanto es la mediana es 3.5

### **Moda**

Finalmente, la moda es el valor que más se repite en la muestra. (9) En el ejemplo anterior, el valor que más se repite es 4.5 por lo tanto este es la moda.

### **Medidas de dispersión**

Para hablar de la variabilidad que puede existir en la muestra, es decir que tan diferentes son los individuos o datos de la misma se utilizan las medidas de variabilidad, estas son la varianza, la desviación y el error estándar.

La varianza es la dispersión respecto a la media en una serie de datos y su fórmula es (8):

$$s^2 = \frac{\sum(x-\mu)^2}{n-1}$$

$s^2$ : varianza

$\sum(x-\mu)^2$ : sumatoria de  $x_i$  menos la media al cuadrado

$n$ : tamaño de la muestra

Por ejemplo, en el cuadro 7 se registraron la producción lechera de 5 vacas:

**Cuadro 7.** Producción lechera en un hato

Fuente: elaboración propia

Vaca	Litros
1	18
2	22
3	16
4	20
5	18

Primero se calcula la media: 18.8 litros

Y ahora se calcula la varianza:

$$s^2 = (18-18.8)^2 + (22-18.8)^2 + (16-18.8)^2 + (20-18.8)^2 + (18-18.8)^2 / (5-1)$$

$$s^2 = 0.64 + 10.24 + 7.84 + 1.44 + 0.64 / 4$$

$$s^2 = 20.84 / 4$$

$$s^2 = 5.2 \text{ de variabilidad respecto a la media}$$

La desviación estándar indica que tan dispersos están los datos respecto a su media y se calcula de la siguiente manera (8):

$$\delta = \sqrt{s^2}$$

$\delta$ : desviación estándar

$s$ : varianza

Siguiendo con el ejemplo anterior, para obtener la desviación estándar se calcularía la raíz cuadrada de la varianza

$$\delta = \sqrt{5.2^2}$$

$\delta = 2.28$  de variabilidad en los datos de acuerdo con la media

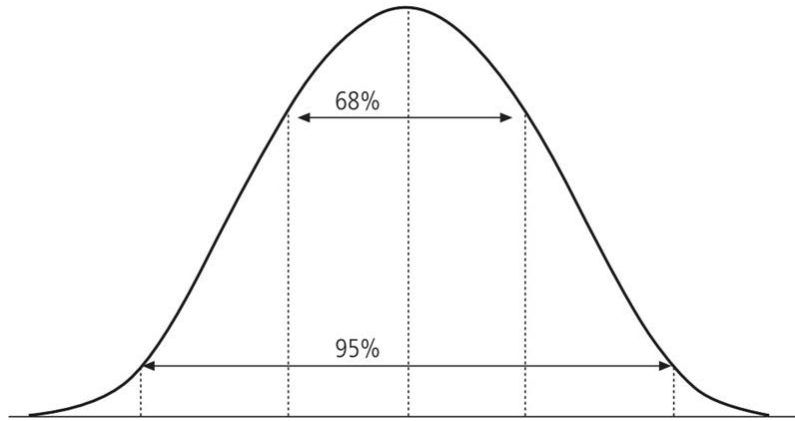
Las medidas de tendencia central y de dispersión ayudan a conocer el tipo de distribución que presentan las muestras y son muy importantes para la probabilidad.

## **Probabilidad**

La probabilidad es una herramienta de la estadística que se utiliza para predecir eventos o resultados. Estos resultados tienen una cierta distribución por sus características que pueden ser de diferentes tipos, pero las que más se presentan o usan en estadística y epidemiología son la distribución binomial, la distribución de Poisson y la distribución normal. (71)

La distribución binomial se presenta cuando los resultados o los datos son binarios y mutuamente excluyentes, es decir un resultado es éxito y otro es fracaso dependiendo de que se busque, por ejemplo, en un lanzamiento de moneda donde los resultados pueden ser cara o sol, o en pruebas de gestación donde el resultado solo puede ser positivo o negativo. La distribución de Poisson, llamada así por el matemático francés Simeón Poisson que la propuso en el año 1838, se utiliza para caracterizar resultados de números de observaciones en un intervalo de tiempo, distancia, área, entre otros específico. Por ejemplo, si se busca estudiar el número de veces que se presentan casos de alguna enfermedad en un área específica o que tantos casos de una enfermedad se presenta al año.

La distribución normal se presenta como un modelo de curva y se utiliza cuando se trabaja con variables continuas. Se le conoce como campana de Gauss, figura 8, en honor al matemático y físico alemán Carl Gauss que la formuló. La mayoría de los fenómenos naturales y sociales, por ejemplo, presentan esta distribución.



**Figura 8.** Campana de Gauss

Fuente: Bonita *et al*, 2006

Sus propiedades principales son que la curva es simétrica a su media, el área bajo la curva es igual a 1, la forma de la curva depende de la desviación estándar. Si el valor de la desviación estándar es alto, la altura de la curva es baja y la dispersión es alta; al contrario, si la desviación estándar es baja la altura de la curva será más alta y la dispersión será menor. (77)

Si las observaciones del estudio siguen una distribución normal, se asume que el 68% de las observaciones estarán a una desviación estándar de distancia de la media y el 95% de las observaciones estarán a dos desviaciones estándar de ésta. (9)

Existen también las distribuciones anormales como se les conoce a las que son asimétricas o que no presentan las características de las anteriormente mencionadas, es raro que se presenten. (8)

## 5.6 Conclusiones.

Una vez finalizado el análisis de los datos se elabora una conclusión. Las conclusiones son la parte final del método científico y deben decir si los objetivos del estudio se cumplieron o no. Además de que hacen relación de los resultados obtenidos con lo esperado o lo que ya ha sido reportado en otra literatura. (8)

## **5.7 El método epidemiológico**

El método epidemiológico es el procedimiento derivado del método estadístico para la generación y manejo de información relevante en epidemiología. (70)

Se considera que existen tres etapas principales. La primera es la observación, donde de manera sistemática y con procedimientos estandarizados se describe y mide la información para obtener datos válidos y confiables; la segunda etapa es el análisis, donde se compara lo observado con lo esperado a través de la probabilidad y se establecen relaciones y asociaciones; finalmente se tiene la etapa de intervención donde se proponen medidas o estrategias para manipular algún suceso o hecho en la realidad. (9)

El método epidemiológico se utiliza en los estudios epidemiológicos que pueden ser observacionales cuando sólo se presentan las primeras dos etapas y experimentales cuando están presentes las tres etapas. (70)

## V. REFERENCIAS

1. Organización Mundial de la Salud. Temas de Salud: epidemiología [Internet]. Available from: <http://www.who.int/topics/epidemiology/es/>.
2. Center of Disease Control and Prevention. Teacher Roadmap: What is Epidemiology? [Internet]. Available from: [https://www.cdc.gov/careerpaths/k12teacherroadmap/epidemiology.html#:~:text=By definition epidemiology is the.state%2C country%2C global..](https://www.cdc.gov/careerpaths/k12teacherroadmap/epidemiology.html#:~:text=By%20definition%20epidemiology%20is%20the%20state%2C%20country%2C%20global..)
3. Secretaría de Salud. Anuario de morbilidad 1984-2015 [Internet]. Available from: <http://www.epidemiologia.salud.gob.mx/anuario/html/glosario.html>.
4. Organización Mundial de Sanidad Animal. Plan de Estudios Básico de Formación Veterinaria, Directrices de la OIE [Internet]. Available from: [http://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Support\\_to\\_OIE\\_Members/Vet\\_Edu\\_AHG/formation\\_initiale/Core-ESP-v6.pdf](http://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Support_to_OIE_Members/Vet_Edu_AHG/formation_initiale/Core-ESP-v6.pdf).
5. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Plan de Estudios 2006 [Internet]. 2004. Available from: [http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/licenciatura/plan\\_estudios.html](http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/licenciatura/plan_estudios.html).
6. Barrera Espino VY. Manual de Temas Selectos de Epidemiología. UNAM; 2018.
7. Choi BCK. The Past, Present, and Future of Public Health Surveillance. *Scientifica* (Cairo). 2012;2012(Table 1):1–26.
8. Thrusfield M, Christley R, Brown H, Diggle PJ, French N, Howe K, et al. *Veterinary Epidemiology* [Internet]. 3th ed. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd; 2018. 888 p. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1002/9781118280249>
9. Bonita R, Beaglehole R, Kjellström T. *Basic Epidemiology*. World Health Organization. Geneva: Organización Mundial de la Salud; 2006. 226 p.
10. Jaramillo AC, Julio, Martínez MJJ. *Epidemiología Veterinaria*. Primera. El

Manual Moderno, editor. El Manual Moderno. México: El Manual Moderno; 2010. 136 p.

11. Alby JC. La concepción antropológica de la medicina hipocrática. Enfoques XVI [Internet]. 2004;16(1):5–29. Available from: [https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S0025727300011972/type/journal\\_article](https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S0025727300011972/type/journal_article)
12. Karamanou M, Panayiotakopoulos G, Tsoucalas G, Kousoulis AA, Androutsos G. From miasmas to germs : Le Infez Med. 2012;(May 2014).
13. Susser M, Susser E. Choosing a Future for Epidemiology. 1996. Am J Public Health. 2015;105(7):1313–5.
14. Leonard A, Sydenham T. The theories of Thomas Sydenham. J R Coll Physicians Lond. 1990;24(2):141–3.
15. Langmuir AD. William Farr: Founder of modern concepts of surveillance. Int J Epidemiol. 1976;5(1):13–8.
16. Bordenave G. Louis Pasteur (1822–1895). 2003;5:553–60.
17. Choi BCK, Pak AWP. Lessons for surveillance in the 21st century: A historical perspective from the past five millennia. Soz Praventivmed. 2001;46(6):361–8.
18. Doll R, Hill AB. Smoking and carcinoma of the lung: Preliminary report. Bull World Health Organ. 1999;77(1):84–93.
19. Kannel WB. The Framingham Study: ITS 50-year legacy and future promise. J Atheroscler Thromb. 2000;6(2):60–6.
20. Organización Mundial de la Salud. Erradicación de la viruela : destrucción de las reservas de Variola virus. 2002;1–6. Available from: [http://apps.who.int/gb/archive/pdf\\_files/WHA52/sw5.pdf](http://apps.who.int/gb/archive/pdf_files/WHA52/sw5.pdf)
21. Torres MA. 250 años de educación de la medicina veterinaria en el mundo y su relación con México. Bioagrociencias. 2011;4(1):19–24.



22. Arvizu Tovar L, Márquez Rábago SR. Marco Legal de la Medicina Veterinaria. In: Moderno EM, editor. Marco Legal de la Medicina Veterinaria: defensa jurídica del gobernado. México: El Manual Moderno; 2008. p. 197–400.
23. Garza Ramos J, Arvizu Tovar L. Hacia Una Salud. Primera. Imagen Editorial Yire, editor. México: Imagen Editorial Yire; 2012.
24. Gordis L. Epidemiología. Quinta. DRK, editor. Baltimore, Maryland: Elsevier B.V.; 2014. 399 p.
25. Wayne MS, Meek AH, Willeberg P. Veterinary epidemiology: Principles and methods. 1st ed. University IS, editor. Preventive Veterinary Medicine. Iowa: Iowa State University; 1987. 356 p.
26. James A. The state of veterinary epidemiology and economics. Prev Vet Med. 2005;67(2-3 SPEC. ISS.):91–9.
27. Organización Panamericana de la Salud. Salud y enfermedad en la población. Organ Panam la Salud. 2011;2:1–46.
28. White F. Application of Disease Etiology and Natural History to Prevention in Primary Health Care: A Discourse. Med Princ Pract. 2020;29(6):501–13.
29. Last JM. A DICTIONARY OF EPIDEMIOLOGY. International Epidemiological Association PM, editor. Am J Epidemiol [Internet]. Quinta. 1986 Jun;123(6):1122–1122. Available from: <https://academic.oup.com/aje/article/134497/RE>:
30. Elsheikha HM, Marra CM, Zhu XQ. Epidemiology, pathophysiology, diagnosis, and management of cerebral toxoplasmosis. Clin Microbiol Rev. 2020;34(1):1–28.
31. Salazar MI, López-Ortega O, León-Ávila G, Ramírez-González JE, Castro-Mussot ME. El origen de la variabilidad genética de los virus de la influenza. Gac Med Mex. 2010;146(3):199–206.

32. Zhao D, Liang L, Wang S, Nakao T, Li Y, Liu L, et al. Glycosylation of the Hemagglutinin Protein of H5N1 Influenza Virus Increases Its Virulence in Mice by Exacerbating the Host Immune Response. *J Virol*. 2017;91(7):1–14.
33. Iowa State University Center for Food Security and Public Health. Fichas De Las Enfermedades. 2010;61:1–6.
34. Mikkola L, Holopainen S, Pessa-Morikawa T, Lappalainen AK, Hytönen MK, Lohi H, et al. Genetic dissection of canine hip dysplasia phenotypes and osteoarthritis reveals three novel loci. *BMC Genomics*. 2019;20(1):1–13.
35. Moreno N. Inmunidad de grupo. 2009;(tabla 1):1–5. Available from: [http://www.vacunas.org/images/stories/recursos/profesionales/temasactuales/2009/Inmunidad\\_grupo.pdf](http://www.vacunas.org/images/stories/recursos/profesionales/temasactuales/2009/Inmunidad_grupo.pdf)
36. Organización Panamericana de la Salud. Taller sobre planificación, administración y evaluación [Internet]. Organización Panamericana de la Salud, editor. PALTEX Publications; 1989. Available from: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/3300>
37. Blowey R, Weaver D. Atlas a color de enfermedades y trastornos del ganado vacuno, 2ed - 90%.pdf. Segunda ed. Else, editor. Madrid, España: Elsevier; 2003.
38. Martínez-Carpio PA. Biometeorología y bioclimatología clínica: fundamentos, aplicaciones clínicas y estado actual de estas ciencias. *Atención Primaria* [Internet]. 2003;32(5):300–5. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S0212-6567\(03\)79279-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0212-6567(03)79279-8)
39. McKee CD, Islam A, Luby SP, Salje H, Hudson PJ, Plowright RK, et al. The ecology of Nipah virus in Bangladesh: A nexus of land use change and opportunistic feeding behavior in bats. *bioRxiv*. 2020;
40. Benayas J, Becerra J, Cayuelas L, Rodriguez F, Diéguez J, Eekhout X, et al. BIODIVERSIDAD El mosaico de la vida [Internet]. 2011. 153 p. Available from: <http://www.oei.es/salactsi/491929281.pdf>

41. Brito Sierra E, Diaz A, Hernandez Toro ivonne yuliet., Olano V, Reyes L. Encefalitis Equina Venezolana: Zoonosis de importancia en salud publica. *J Chem Inf Model*. 2018;53(9):1689–99.
42. Salazar JR, Segovia L, González JC, Pérez I. La cadena epidemiológica y su importancia en el estudio de las enfermedades infecciosas. *Univ Los Andes Fac Med Dep Med Prev Y Soc* [Internet]. 2015;1–8. Available from: [http://www.ula.ve/medicina/images/MedicinaPreventiva/epidemiologia/epid\\_tema\\_-9.pdf](http://www.ula.ve/medicina/images/MedicinaPreventiva/epidemiologia/epid_tema_-9.pdf)
43. Lechinski C., Daza BC, Trevizan S., Garcia M. Principais patógenos entéricos de origem bacteriana e parasitária de potencial zoonótico, em gatos domésticos. *Vet Zoot*. 2017;24(3):453–67.
44. Silva AB, Rodríguez M, Torre D. Derriengue ( Rabia paralítica bovina ) y el murciélago hematófago. 2019;(September).
45. Duque-Valencia J, Sarute N, Olarte-Castillo XA, Ruíz-Sáenz J. Evolution and interspecies transmission of canine distemper virus—an outlook of the diverse evolutionary landscapes of a multi-host virus. *Viruses*. 2019;11(7).
46. Finstad S, O'Bryan CA, Marcy JA, Crandall PG, Ricke SC. Salmonella and broiler processing in the United States: Relationship to foodborne salmonellosis. *Food Res Int* [Internet]. 2012;45(2):789–94. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2011.03.057>
47. Bernard Q, Phelan JP, Hu LT. Controlling Lyme Disease: New Paradigms for Targeting the Tick-Pathogen-Reservoir Axis on the Horizon. *Front Cell Infect Microbiol*. 2020;10(December):1–6.
48. Silaghi C, Beck R, Capelli G, Montarsi F, Mathis A. Development of *Dirofilaria immitis* and *Dirofilaria repens* in *Aedes japonicus* and *Aedes geniculatus*. *Parasites and Vectors*. 2017;10(1):1–13.
49. Krause PJ. Human babesiosis. *Int J Parasitol* [Internet]. 2019;49(2):165–74. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2018.11.007>

50. Anangono-morales HP. Vertical transmission of acquired immunodeficiency virus ( HIV ) Transmissão vertical do vírus da imunodeficiência adquirida ( HIV ). 2019;5:453–66.
51. Menci P. Valorización económica de la implementación de una estrategia sanitaria de control del virus de la diarrea viral bovina en un establecimiento de cría. 2015;(1):312–44.
52. Enns RM, Speidel SE. Polimorfismos de nucleotido simple asociados a servicios por concepción en cerdas infectadas con el virus del PRRS. 2017;13(2):32–8.
53. Mendoza FA. Transmisión transovárica de anaplasma marginale por garrapatas boophilus microplus. 2014;1–4.
54. OPS. Medición de las condiciones de salud y enfermedad de la población. Módulo Principios Epidemiol para el Control Enfermedades ( MOPECE ). 2011;3:1–96.
55. Luna A, Moles C, Gavaldón R. La leptospirosis canina y su problemática en México. Rev Salud ... [Internet]. 2008;30(1):1–11. Available from: <http://scielo.sld.cu/pdf/rsa/v30n1/rsa01108.pdf>
56. Viuche C, Díaz R, Andrés C, Andrea P, Julian C. Leucemia e inmunodeficiencia felina . Reporte de un caso - Leukemia and feline immunodeficiency . Reporting a case. 2017;
57. Lima RT, Gomes MS, Negreiros VM. Osteossarcoma canino : Relato de caso Canine osteosarcoma : Case report. 2017;1239–44.
58. Unidos A de SA de los E. Enfermedades exóticas de los animales. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, editor. Richmond, Virginia; 1998. 1–394 p.
59. Colimon K. Fundamentos de Epidemiología. Díaz de Santos S.A., editor. Medellín; 1990. 360 p.

60. Organización Mundial de la Salud. Estadísticas Sanitarias Mundiales 2005. Organización Mundial de la Salud, editor. Ginebra: Organización Mundial de la Salud; 2005. 42 p.
61. Secretaria de la Salud. Manual de Indicadores de Servicios de Salud. Dirección General de Evaluación del Desempeño, editor. Ciudad de México: Secretaria de Salud; 2018. 14 p.
62. Favila C, López DC, Morales RJ, Aparicio D. Situación epidemiológica de la paratuberculosis en las principales regiones caprinas del estado de Puebla , México. Quehacer Científico de Chiapas. 2017;12(1):36–45.
63. Garza Ramos J. Emergencias sanitarias por zoonosis. Aspectos intersectoriales. Emergencias Sanit [Internet]. 2013;159–71. Available from: <https://biblio.juridicas.unam.mx/bjv/detalle-libro/3257-emergencias-sanitarias>
64. Chowell G, Echevarría-Zuno S, Viboud C, Simonsen L, Tamerius J, Miller MA, et al. Characterizing the Epidemiology of the 2009 Influenza A/H1N1 Pandemic in Mexico. PLoS Med. 2011;8(5).
65. Centro Panamericano de Fiebre Aftosa. Caracterización de los Ecosistemas de la Fiebre Aftosa. Organización Panamericana de la Salud; 1985.
66. de Bellard ME, Levine S, Bonilla E. Encefalitis equina venezolana. Revisión. Invest Clin. 1989;30(1):31–58.
67. Ilori EA, Furuse Y, Ipadeola OB, Dan-Nwafor CC, Abubakar A, Womi-Eteng OE, et al. Epidemiologic and clinical features of lassa fever outbreak in Nigeria, January 1-May 6, 2018. Emerg Infect Dis. 2019;25(6):1066–74.
68. Yaguana J, Del Rosario LM. La Rabia canina: Su historia, epidemiología y sus medidas de control. Rev Electron Vet. 2017;18(9).
69. Evans AS, Street C, Haven N. Causation and Disease : The Henle-Koch Postulates Revisited ' World Health Organization Serum Reference Bank , Department of his 1890 presentation before the International Congress in Berlin and is reproduced. Yale J Biol Med. 1976;195(49):175–95.

70. Pfeiffer DU. Veterinary Epidemiology - An Introduction. College TRV, editor. Vol. 44. London, UK; 2002.
71. Salazar C. Fundamentos Básicos De Estadística. 2018.
72. Pérez Rivero Cruz y Celis JJ, Barragan EÁ, C KM, Lozada AR, Torres XA, S. L de GO, et al. Entendiendo la epidemiología: principios básicos y su aplicación en las ciencias veterinarias. Primera ed. Universidad Autónoma Metropolitana, editor. México: Universidad Autónoma Metropolitana; 2017. 136 p.
73. Pratsch L, Mohr N, Palme R, Rost J, Troxler J, Arhant C. Carrier training cats reduces stress on transport to a veterinary practice. Appl Anim Behav Sci [Internet]. 2018;206:64–74. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2018.05.025>
74. Perozo Marin F, Nava J, Rivera S, Mavarez Y, Aguillon V, Pino V. EVALUACIÓN DE DOS PLANES DE VACUNACIÓN CONTRA LA ENFERMEDAD DE NEWCASTLE EN POLLOS DE ENGORDE DE LA LÍNEA ROSS CRIADOS BAJO CONDICIONES DE CAMPO 1 . PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y REACCIÓN POSTVACUNAL Evaluation of Two Vaccination Programs against Newcastle Dis. 2004;XIV:331–7.
75. Durante E, Marcos A, Ayerbe M, Chiricosta A, Segato L, Donato ME, et al. Prevalencia de anticuerpos contra virus de influenza equina en equinos deportivos de la República Argentina durante 2015 y 2016. Analecta Vet. 2017;37(2):013.
76. Omar P, Gustavo V, Favio V, Juan H, Rafael M, Arturo G. Determinación de ácidos grasos no esterificados, B-hidroxibutirato, triacilglicerol y colesterol durante el balance energético negativo en vacas Holstein. 2019;1–11.
77. Mendenhall W, Beaver R, Beaver B. Introducción a la probabilidad y estadística [Internet]. Cengage Learning. 2010. 780 p. Available from: [http://investigadores.cide.edu/aparicio/data/refs/Mendenhall\\_Prob\\_Estadistica\\_13.pdf%0Ahttps://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/84261/78536109X](http://investigadores.cide.edu/aparicio/data/refs/Mendenhall_Prob_Estadistica_13.pdf%0Ahttps://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/84261/78536109X)

[\\_TFG\\_14968419448316659365465685192362.pdf?sequence=2](#)