



PROBLEMAS DE EPIDEMIOLOGÍA VETERINARIA

**MAXIMO MELO
CAROLA MELO**

DOI: 10.35622/inudip.018

PROBLEMAS DE EPIDEMIOLOGÍA VETERINARIA

LIB-IP.018

Maximo Melo

Carola Melo

Problemas de epidemiología veterinaria

Autores:

Maximo Melo Anccasi

Carola Trinidad Melo Rojas

Primera edición digital

Publicado en Puno, mayo de 2025

Libro electrónico disponible en:

<https://editorial.inudi.edu.pe/plus>

ISBN: 978-612-5130-58-7 (PDF)

Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2025-04730

Categoría: Texto universitario

Editado por:

Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú S.A.C.

Urb. Ciudad Jardín Mz. B3 Lt. 2, Puno – Perú

RUC: 20608044818

Email: editorial@inudi.edu.pe / info@inudi.edu.pe

Teléfono: +51 973668341

Sitio web: <https://editorial.inudi.edu.pe>

Diseño de Portada:

Edson Sarmiento

Publicado en Perú / Posted in Peru



*Esta obra está bajo una licencia CC BY-NC-SA 4.0
DEED Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0
Internacional*

Evaluación de contenido: No aplica.

Los autores son moral y legalmente responsables de la información expresada en este libro, así como del respeto a los derechos de autor; por lo tanto, no comprometen en ningún sentido a la editorial.

CONSEJO EDITORIAL

Administrador: Lic. Leydi Gabriela Ramos Ramos

Editor Jefe: Ing. Edson Efrain Sarmiento Quispe

Editores:

Dra. Bethzabe Cotrado Mendoza / Dra. Manuela Daishy Casa Coila / Dr. Edgar Estanislao Mancha Pineda / Dra. Luz Wilfreda Cusi Zamata / MSc. Rebeca Alanoca Gutiérrez / Dr. Wilson Gregorio Sucari Turpo / Dra. Yolanda Lujano Ortega / Dra. Sheyla Lenna Cervantes Alagón / Dra. Dometila Mamani Jilaja / Dr. Peregrino Melinton Lopez Paz / Dra. Nina Eleonor Vizcarra Herles / Mg. Lourdes Antonieta López Cueva / Dr. Carlos Alfredo Castro Quispe / Dr. Edgar Darío Callohuanca Avalos / Dra. Diana Águeda Vargas Velásquez / M.Sc. Yésica Dominga Díaz Vilcanqui / Dra. Tania Carola Padilla Cáceres / Patty Samanta Aza Suaña.

Declaración conflictos de interés:

Los autores de esta publicación declaran la inexistencia de conflictos de interés de cualquier índole con instituciones o asociaciones comerciales.

Financiamiento:

Publicación autofinanciada.



Director Ejecutivo

Dr. Wilson Gregorio Sucari Turpo

Director Académico

Lic. Leydi Gabriela Ramos Ramos

Director de Investigación

Dr. Pedro Carlos Huayanca Medina

**Director de Innovación y Transferencia
Tecnológica**

Marcos German Ccari Laura

Problemas de epidemiología veterinaria

PhD. Maximo Melo Anccasi

- Médico Veterinario y Zootecnista, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Maestría en Ganadería andina, Universidad Nacional del Altiplano.
- PhD. en Salud Pública, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Docente principal a dedicación exclusiva en el curso de Producción de alpacas y llamas de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional del Altiplano, Perú.

Dra. Carola Trinidad Melo Rojas.

- Médico Veterinario y Zootecnista, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Maestría en Mejoramiento genético animal y biotecnología de la reproducción, Universidad Politécnica de Valencia, España.
- Doctor en Producción Animal, Universidad Autónoma de Barcelona, España.
- Docente auxiliar a tiempo completo en Genética Veterinaria de la Facultad de Agronomía y Zootecnia de la Universidad Nacional San Antonia Abad del Cusco, Perú.

ÍNDICE

PREFACIO	8
SINOPSIS.....	9

CAPÍTULO I

MEDIDAS DE FRECUENCIA DE ENFERMEDADES EN MEDICINA VETERINARIA

1.1 Fórmula para calcular la prevalencia.....	11
1.2 Razón de prevalencia (RP)	12
Problema 1 (P).....	13
Problema 2 (P).....	14
Problema 3 (P).....	15
Problema 4 (P).....	16
Problema 6 (P).....	18
Problema 7 (P).....	20
Problema 8 (P).....	21
Problema 9 (P).....	22
1.3 Fórmula para calcular la tasa de incidencia (TI)	23
Problema 10 (TI)	24
Problema 11 (TI)	26
Problema 12 (TI)	27
Problema 13 (TI)	29
Problema 14 (TI)	30
Problema 15 (TI)	31
Problema 16 (TI)	32
Problema 17 (TI)	33
Problema 18 (TI)	34
1.4 Incidencia acumulada o riesgo (IA)	35
Problema 19 (IA).....	36
Problema 20 (IA).....	38
Problema 21 (IA).....	39
Problema 22 (IA).....	40

Problema 23 y 24 (IA).....	42
Problema 25 (IA).....	43
Problema 26 (IA).....	44
Problema 27 (IA).....	45
1.5 Tasa de mortalidad (TM).....	46
Problema 28 (TMG)	47
Problema 29 (TMG – Ajustes)	48
1.6 Tasa de mortalidad específica (TME).....	50
Problema 30 (TME).....	52
Problema 31 (TME).....	54
Problema 32 (TME).....	55
1.7 Uso del cálculo de tasa de mortalidad en Excel	58

CAPÍTULO II

MEDIDAS DE ASOCIACIÓN

2.1 Conceptos básicos de Riesgo Relativo (RR)	60
Problema 33 (RR).....	62
Problema 34 (RR).....	64
Problema 36 (RR).....	69
2.2 Conceptos básicos de Odds Ratio (OR)	70
Problema 37 (OR)	72
Problema 38 (OR)	76
2.3 Conceptos básicos de Riesgo Atribuible (RA)	78
Problema 39 (RAP)	79
Problema 40 (RAP)	80
Problema 41 (RAP)	81
Problema 42 (RAP)	82

CAPÍTULO III

EVALUACIÓN Y VALIDACIÓN DE UNA PRUEBA DIAGNÓSTICA

3.1 Validación de una prueba diagnóstica: Sensibilidad	84
3.2 Validación de una prueba diagnóstica: Especificidad	85

3.3 Validación de una prueba diagnóstica: Falsos positivos	86
3.4 Validación de una prueba diagnóstica: Falsos negativos	88
Problema 43 (VPD)	89
Problema 44 (VPD)	90
Problema 45 (VPD)	91
Problema 46 (VPD)	92
3.5 Valores predictivos de una prueba (VPP)	93
Problema 47 (VPP)	94
Problema 48 (VPP)	95
Problema 49 (VPP)	98
Problema 50 (VPP)	99
Problema 51 (VPP)	103

CAPÍTULO IV

INVESTIGACIÓN DE EPIDEMIAS

4.1 Canal endémico (CE)	105
Problema 52 (CE)	106
4.2 Índice de ataque (IA)	112
Problema 53 (IA)	113
Problema 54 (IA)	115
Problema 55 (IA)	117
Problema 56 (IA)	120
4.3 Paquetes estadísticos	124

PREFACIO

Estimados alumnos:

El presente contenido pertenece a la serie de textos académicos, en forma escrita, para el ámbito universitario a nivel de pregrado, lo cual consta de dos componentes prácticos:

- La medición sistemática de problemas prioritarios de la salud en la población de los animales en general, el registro y la transmisión de datos.
- La comparación e interpretación de datos a fin de detectar posibles cambios en el estado de salud de la población de los animales y su ambiente.

Este texto abarca, en forma sencilla, los aspectos básicos de la enseñanza práctica y técnicas de evaluación para la carrera de Medicina Veterinaria y afines, así como para la extensión y capacitaciones diversas.

Al ser un texto universitario que trata sobre Problemas de Epidemiología Veterinaria, puede servir de guía para cubrir los programas de diferentes escuelas de Medicina Veterinaria. Por otra parte, los docentes del área de medicina y salud pública pueden complementar esta información básica con otros textos donde se utilizan los denominados Paquetes Estadísticos, como el IBM – SPSS y otros.

Sin embargo, en el presente texto se visualiza la forma de cómo, porque y para qué el estudio de las frecuencias, las medidas de asociación, la evaluación y validación de las pruebas diagnósticas y la investigación de epidemias.

Por lo anterior, y con la intención de contribuir a mejorar la sensibilidad cuantitativa de los estudiantes, el área de Epidemiología y Salud Pública pongo a disposición de los estudiantes y personas interesadas el presente texto.

Los autores.

SINOPSIS

El libro Problemas de Epidemiología Veterinaria constituye una herramienta académica integral, especialmente diseñada para estudiantes de pregrado en Medicina Veterinaria y disciplinas afines. Su propósito es facilitar el aprendizaje activo y significativo de los principios fundamentales de la epidemiología veterinaria, mediante un enfoque práctico, estructurado y altamente didáctico.

La obra se organiza en torno a la resolución de más de 50 problemas distribuidos en bloques temáticos esenciales: medidas de frecuencia, medidas de asociación, validación y evaluación de pruebas diagnósticas, investigación de brotes epidémicos y análisis de tasas de mortalidad. Cada sección combina la teoría con ejercicios aplicados, promoviendo una comprensión progresiva de los conceptos y su aplicabilidad en contextos reales de la sanidad animal.

Cada capítulo introduce conceptos teóricos esenciales y los aplica inmediatamente a casos reales o simulados, permitiendo al lector ejercitar habilidades de análisis epidemiológico con base en cálculos precisos, interpretación de datos y uso de herramientas estadísticas. Asimismo, se incorporan elementos metodológicos útiles para la enseñanza, la extensión universitaria y la capacitación profesional en salud animal y salud pública veterinaria.

CAPÍTULO I

MEDIDAS DE FRECUENCIA DE ENFERMEDADES EN MEDICINA VETERINARIA

1.1 Fórmula para calcular la prevalencia

Cuando existen datos generales:

$$P = \frac{\begin{array}{l} \text{a. Número de casos con la enfermedad en un momento dado} \\ \text{b. Número de animales enfermos en un momento dado} \end{array}}{\begin{array}{l} \text{a. Total de animales en riesgo en ese momento} \\ \text{b. Total de población en ese momento} \end{array}} \times 10^n$$

$$Pt = \frac{Ct}{Nt} \times 10^n$$

Donde:

Ct : total de casos existentes en el tiempo t

Nt : total de la población en el mismo tiempo t

No obstante, se debe tener en consideración que cuando se trabaja en una tabla de contingencia 2×2 se muestra a continuación:

Enfermedad			
	Enfermos	Sanos	Σ
Con el factor de riesgo	A	B	A + B
Sin el factor de riesgo	C	D	C + D
Σ	A + C	B + D	N

Entonces, la prevalencia para la población será:

$$P = \frac{A + C}{N} \times 10^n$$

1.2 Razón de prevalencia (RP)

La razón de prevalencia compara la prevalencia de la enfermedad entre el grupo de expuestos al factor de riesgo (E), con la prevalencia respectiva en el grupo de no expuestos al factor de riesgo.

	Enfermedad		Σ
	Enfermos	Sanos	
Expuesto al factor de riesgo	A	B	A + B
No expuesto al factor de riesgo	C	D	C + D
Σ	A + C	B + D	N

- Prevalencia en expuestos:

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

- Prevalencia no expuestos:

$$P_{NE} = \frac{C}{C + D}$$

- Prevalencia para toda la población:

$$P_t = \frac{A + C}{N}$$

- Razón de problemas:

$$RP = \frac{P_E}{P_{NE}} = \frac{\frac{A}{A+B}}{\frac{C}{C+D}}$$

- Intervalo de confianza:

$$I.C. 95\% (RP) = RP \pm 1.96 \times \text{Error estandar}$$

Primero, es necesario calcular el Error estándar (EE):

$$EE = \sqrt{\frac{P(1 - P)}{n}}$$

Problema 1 (P)

- 1.1 En un rebaño de 200 vacas, en un día concreto, se ha reportado 20 vacas con cojera. Calcule la prevalencia para cojera en el referido rebaño, para ese día, por cada 10, 100 y 1000 vacas, así como su intervalo de confianza al 95% de probabilidad.**

$$P = \frac{\text{Número de vacas con cojera en ese día}}{\text{Total de vacas en riesgo en ese momento}} \times 10^n$$

$$P = \frac{20}{200} = 0.1 \times 100 = 10$$

Rpta. Para cada 10 vacas: uno por cada 10 vacas. Para cada 100 vacas: 10 por cada 100 vacas. Para cada 1000 vacas: 100 por cada 1000 vacas. Esta proporción representa la probabilidad de que un animal tenga la enfermedad específica en ese momento dado.

- 1.2 Se debe tener en cuenta que la prevalencia es una proporción, por ello, para construir el intervalo de confianza comenzaremos por calcular su error estándar (EE).**

$$EE(P) = \sqrt{\frac{P(1-P)}{n}} = \sqrt{\frac{0.1(1-0.1)}{200}} = 0.0212$$

Ahora se calculará el intervalo de confianza usando la aproximación de la distribución normal al 95% de probabilidad.

$$I.C. 95\% \text{ de } P = P \pm 1.96 \times \text{Error estándar}$$

$$I.C. 95\% \text{ de } P = 0.1 \pm 1.96 \times 0.0212$$

$$I.C. 95\% \text{ de } P = 0.1 \pm 0.0416$$

$$I.C. 95\% \text{ de } P = 0.0584 - 0.1416$$

Como la prevalencia es una proporción, entonces, el intervalo de confianza calculado se deberá presentar también en forma proporcional.

$$I.C. 95\% \text{ de } P = 5.84\% - 14.16\%$$

Rpta. La ocurrencia de cojera en el rebaño de 200 vacas es del 10%, es decir, existen 10 vacas con cojera por cada 100 vacas. Sin embargo, si la ocurrencia de cojera es del 10%, la variación al azar podría hacer que estuviera entre 5.84% y 14.2% (ocurrencia normal para ese rebaño de vacas).

Problema 2 (P)

- 2.1** En el 2022, al efectuar la evaluación de alpacas macho, considerados como reproductores, se ha diagnosticado 16 casos con azoospermia obstructiva o secretora. Sabiendo que la población de alpacas macho para reproducción en ese año fue de 250 animales. Calcule la prevalencia respectiva, así como su intervalo de confianza.

$$P = \frac{\text{Número de carneros de 5 a 8 años de edad que resultaron positivos a brucelosis durante el periodo de muestreo}}{\text{Total de ovinos de 5 a 8 años en riesgo evaluados durante el periodo de muestreo}} \times 10^n$$

$$P = \frac{16}{250} = 0.0640 \times 100 = 6.40 \%$$

Rpta. La prevalencia de azoospermia obstructiva para esa población de alpacas macho, considerados como reproductores, fue de 6.40%. Es decir, existen 6 alpacas macho para reproducción con azoospermia obstructiva o secretora por cada 100 animales de esa población.

- 2.2** Ahora se determina el intervalo de confianza, para lo cual es necesario calcular primero el error estándar (EE).

$$EE(P) = \sqrt{\frac{P(1-P)}{n}} = \sqrt{\frac{0.064(1-0.064)}{250}} = 0.0155$$

A continuación, se obtendrá el intervalo de confianza usando la aproximación de la distribución normal al 95% de probabilidad.

$$I.C. 95\% \text{ de } P = P \pm 1.96 \times \text{Error estandar}$$

$$I.C. 95\% \text{ de } P = 0.064 \pm 1.96 \times 0.0155$$

$$I.C. 95\% \text{ de } P = 0.064 \pm 0.0304$$

$$I.C. 95\% \text{ de } P = 0.0336 - 0.0944$$

$$I.C. 95\% \text{ de } P = 3.36\% - 9.44\%$$

Rpta. Si la prevalencia de azoospermia obstructiva en ese rebaño de alpacas macho, considerados como reproductores fue de 6.40%, se acepta como prevalencia normal entre 3.36% a 9.44% para esa población de animales.

Problema 3 (P)

- 3.1 De la población de ovinos del departamento de Puno, se tomaron 1038 muestras de sangre de carneros de 5 a 8 años, los mismos que fueron remitidos a un laboratorio de diagnóstico para un examen serológico, a fin de determinar la prevalencia de animales positivos a brucelosis. Los resultados muestran que 70 de ellos fueron tipificados como positivos (+) a Brucella. Con estos datos, calcule la prevalencia y cuantifique su intervalo de confianza.**

$$P = \frac{\text{Número de carneros de 5 a 8 años de edad que resultaron positivos a brucelosis durante el periodo de muestreo}}{\text{Total de ovinos de 5 a 8 años en riesgo evaluados durante el periodo de muestreo}} \times 10^n$$

$$P = \frac{70}{1038} = 0.0674 \times 100 = 6.74\%$$

Rpta. Siete (7) de cada 100 carneros de 5 a 8 años fueron positivos a brucelosis en la población de ovinos del departamento de Puno.

- 3.2 Para medir el intervalo de confianza, se calculará el error estándar (EE).**

$$EE(P) = \sqrt{\frac{P(1-P)}{n}} = \sqrt{\frac{0.0674(1-0.0674)}{1038}} = 0.0078$$

Luego, se calculará el intervalo de confianza usando la aproximación de distribución normal al 95% de probabilidad.

$$I.C. 95\% \text{ de } P = P \pm 1.96 \times \text{Error estandar}$$

$$I.C. 95\% \text{ de } P = 0.0674 \pm 1.96 \times 0.0078$$

$$I.C. 95\% \text{ de } P = 0.0674 \pm 0.0153$$

$$I.C. 95\% \text{ de } P = 0.0521 - 0.0827$$

$$I.C. 95\% \text{ de } P = 5.21\% - 8.27\%$$

Rpta. Como la prevalencia de brucelosis es de 6.74% en carneros de 5 a 8 años, en el departamento de Puno, se acepta que la variación al azar podría hacer que estuviera en entre 5.21% y 8.27% para carneros del departamento de Puno.

Problema 4 (P)

- 4.1 En un estudio retrospectivo, se evalúa el comportamiento de una enfermedad, en un hato de vacas, donde por los registros se demuestra la ocurrencia de este mal en distintos períodos, distribuidos del modo siguiente:**

Identificación del animal	Período de presentación de la enfermedad
1.	1 de abril al 30 de junio
2.	1 de junio al 1 de julio
3.	15 de julio al 30 de agosto
4.	1 de abril al 30 de agosto
5.	1 de julio al 15 de julio
6.	1 de mayo al 15 de mayo
7.	1 de abril al 1 de mayo
8.	1 de julio al 1 de agosto
9.	1 de abril al 1 de agosto
10.	1 de mayo al 30 de agosto

Con esta información, calcule la prevalencia de punto para el 1 de junio.

Rpta. Para este caso en particular, se debe evaluar qué animales estuvieron enfermos el 1 de junio. Entonces, al evaluar este registro se comprueba que el 1 de junio estuvieron enfermos 5 animales (1, 2, 4, 9 y 10), luego recién se puede calcular la prevalencia de punto.

$$P = \frac{\text{Número de vacas enfermas el 1 de junio}}{\text{Total de vacas evaluadas en riesgo el 1 de junio}} \times 10^n$$

$$P = \frac{5}{10} = 0.5 \times 100 = 50\%$$

Entonces, la prevalencia de punto de esa enfermedad para el 1 de junio es de 50%, es decir, existen 50 vacas enfermas por cada 100 animales de esa población.

- 4.2 Así también, calcule la prevalencia de período entre el 1 de mayo al 30 de junio.**

$$Pp = \frac{\text{Número de vacas con esa enfermedad entre el 1 de mayo y el 30 de junio}}{\text{Total de vacas existentes evaluados en riesgo entre el 1 de mayo y el 30 de junio}} \times 10^n$$

$$Pp = \frac{7}{10} = 0.70 \times 100 = 70\%$$

Rpta. La ocurrencia de esa enfermedad entre el 1 de mayo y el 30 de junio fue de 70 animales por cada 100 vacas. Es decir, existen 70 vacas enfermas por cada 100 vacas de esa población.

Problema 5 (P)

- 5.1** Se evaluaron 70 perros que habitan la selva del Perú, para realizar un estudio sobre la ocurrencia de Filariosis canina. La tabla muestra los hábitos de cazar moscas, cuyos resultados fueron:

	Machos	Hembras	Total
Hábito de cazar moscas	26	12	38
No tienen hábitos de cazar moscas	11	21	32
Total	37	33	70

- 5.2** Si la pregunta se refiere a la proporción del hábito de cazar moscas entre machos ¿A qué medida de frecuencia hace referencia?

Rpta. Se pregunta por la prevalencia, debido a que la prevalencia es la proporción de perros que tienen el hábito de cazar moscas.

$$P = \frac{\text{Número de perros machos con hábitos de cazar moscas durante el periodo de observación}}{\text{total de perros evaluados en riesgo durante ese periodo de observación}} \times 10^n$$

$$P = \frac{26}{37} = 0.7027 \times 100 = 70.27\%$$

Rpta. Existen 70 perros machos con Filariosis canina por tener hábitos de cazar moscas.

- 5.3** Calcule la medida de la pregunta anterior y su intervalo de confianza.

$$EE(P) = \sqrt{\frac{P(1-P)}{n}} = \sqrt{\frac{0.7027(1-0.7027)}{70}} = 0.0546$$

$$I.C. 95\% \text{ de } P = P \pm 1.96 \times \text{Error estandar}$$

$$I.C. 95\% \text{ de } P = 0.7027 \pm 1.96 \times 0.0546$$

$$I.C. 95\% \text{ de } P = 0.7027 \pm 0.1070$$

$$I.C. 95\% \text{ de } P = 0.5957 - 0.8097$$

Rpta. Como la prevalencia de perros machos con hábitos de cazar moscas es 70.27%, se acepta que la variación al azar podría hacer que estuviera entre 59.57% y 80.97% para perros machos que habitan la selva del Perú.

Problema 6 (P)

- 6.1** En el año 2015 han enfermado 91 alpacas con fiebre alpacas, pero no todos han enfermado en el mismo momento, de tal forma, la ocurrencia de esta enfermedad fue de la siguiente forma: 30 alpacas han enfermado el 14 de marzo, 20 el 15 de abril, y 41 el 23 de agosto. Con estos datos calcule la prevalencia de punto de fiebre de alpacas para el 14 de marzo y suponga que la población de 3500 alpacas se mantuvo constante todo el año.

$$P = \frac{\text{Número de alpacas enfermas con fiebre de alpacas el 14 de marzo de 2015}}{\text{Total de la población de alpacas en riesgo el 14 de marzo de 2015}} \times 10^n$$

$$P = \frac{30}{3500} = 0.0086 \times 100 = 0.86\%$$

Rpta. La ocurrencia de fiebre de alpacas en esa población en el 2015 fue de 0.86%, es decir, hubo un animal afectado con fiebre de alpacas por cada 100 animales de esa población.

- 6.2** Obtenga también la prevalencia del período para fiebre de alpacas en el año 2015, siempre suponga que la población se mantuvo constante

$$\frac{P_p}{2015} = \frac{\text{Número de alpacas enfermas con fiebre de alpacas durante el año 2015}}{\text{Tamaño de la población en riesgo durante el 2015}} \times 10^n$$

$$\frac{P_p}{2015} = \frac{30 + 20 + 41}{3500} = \frac{91}{3500} = 0.026 \times 100 = 2.6\%$$

Rpta. La ocurrencia de fiebre de alpacas en esa población durante el 2015 fue 2.6%, es decir, hubo aproximadamente 3 alpacas afectadas con fiebre de alpacas por cada 100 animales de esa población.

- 6.3** Asimismo, determine su intervalo de confianza al 95% de probabilidad para este cálculo, debiendo hallar el error estándar (EE).

$$EE(P) = \sqrt{\frac{P(1-P)}{n}} = \sqrt{\frac{0.026(1-0.026)}{3500}} = 0.0027$$

Luego se calcula el intervalo de confianza usando la aproximación de distribución normal al 95% de probabilidad.

$$I.C. 95\% \text{ de } P = P \pm 1.96 \times \text{Error estandar}$$

$$I.C. 95\% \text{ de } P = 0.026 \pm 1.96 \times 0.0027$$

$$I.C. 95\% \text{ de } P = 0.026 \pm 0.0053$$

$$I.C. 95\% \text{ de } P = 0.0207 - 0.0313 \text{ ó } 2.07\% \text{ a } 3.13\%$$

Rpta. Como la prevalencia del período para fiebre alpacas en el 2015 fue de 2.6%, se acepta que la variación al azar podría hacer que estuviera entre 2.07% a 3.13% para esa población de alpacas en el año 2015.

Problema 7 (P)

- 7.1** En un rebaño de 50 alpacas macho para reproducción, se ha detectado un brote de osteomielitis, durante el mes de abril del 2018, distribuidos de la siguiente forma: el primer caso apareció el 1 de abril, los dos siguientes el 10 de abril, el otro 15 de abril del último el 20 de abril. Con estos datos calcule la prevalencia puntual para el 10 de abril.

$$P = \frac{\text{Número de alpacas enfermas,} \\ \text{osteomielitis el 10 de abril de 2018}}{\text{Total de la población de alpacas machos para} \\ \text{reproducción en este abril del 2018}} \times 10^n$$

$$P = \frac{1 + 2}{50} = 0.06 \times 100 = 6\%$$

Rpta. La ocurrencia de osteomielitis en alpacas macho para reproducción al 10 de abril de 2018 fue del 6%, es decir, existen seis alpacas macho con osteomielitis por cada 100 de esa población.

- 7.2** Determine, además, la prevalencia del período para el mes de abril.

$$P = \frac{\text{Número de alpacas con osteomielitis durante} \\ \text{el mes de abril del 2018}}{\text{Total de la población de alpacas macho para reproducción,} \\ \text{durante el mes de abril de 2018}} \times 10^n$$

$$P = \frac{1 + 2 + 1 + 1}{50} = \frac{5}{50} = 0.1 \times 100 = 10\%$$

Rpta. La ocurrencia de osteomielitis durante el mes de abril en el rebaño de 50 alpacas macho para reproducción fue de 10%, es decir, que existieron 10 machos reproductores con osteomielitis por cada 100 machos de esa población.

Problema 8 (P)

- 8.1 En una empresa ganadera con un capital promedio mensual anual de 1076 vacunos, el año 2020 se han registrado casos de tuberculosis bovina, distribuidos durante todo el año bajo la siguiente forma:**

Mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Casos	20	17	17	19	16	13	28	12	12	11	12	11

Con estos datos, calcule la prevalencia de punto para el 31 de julio del año 2020.

$$P = \frac{\text{Número de vacunos con tuberculosis en el mes de julio del 2020}}{\text{Capital promedio mensual anual de vacunos en riesgo en el mes de julio del 2020}} \times 10^n$$

$$P = \frac{28}{1076} = 0.0260 \times 100 = 2.60\%$$

Rpta. La ocurrencia de tuberculosis en la población de vacunos de esa empresa ganadera, en el mes de julio, fue de 2.60%, es decir, existen aproximadamente 3 vacunos con tuberculosis por cada 100 de ellos en esa población.

- 8.2 Calcule además la prevalencia del período para el tercer trimestre del 2020.**

$$P_p = \frac{\text{Número de vacunos con tuberculosis durante el tercer trimestre del 2020}}{\text{Capital promedio mensual anual del 2020 de vacunos en riesgo durante el tercer trimestre del 2020}} \times 10^n$$

$$P_p = \frac{J + A + S}{1076} = \frac{28 + 12 + 12}{1076} = \frac{52}{1076} = 0.0483 \times 100 = 4.83\%$$

$$P_p = 4.83\%$$

Rpta. La ocurrencia de tuberculosis bovina en esa población de vacunos y durante el tercer trimestre del 2020 fue de 4.83%, es decir, existen aproximadamente cinco vacunos con tuberculosis por cada 100 de ellos en esa población.

Problema 9 (P)

- 9.1** El 1 de enero de 2008 fueron diagnosticados, en una población de alpacas, 875 casos de sarna sarcóptica. La población de alpacas el 1 de enero de 2008 era de 3500, entre las cuales había otros 799 diagnosticados de sarna sarcóptica en años anteriores. El 31 de diciembre de 2008 la población de alpacas había aumentado a 4600 animales. Con estos datos, calcule la prevalencia puntual para el 1 de enero de 2008.

$$P = \frac{\text{Número de alpacas con sarna sarcóptica el 1 de enero de 2008}}{\text{Población de alpacas el 1 de enero de 2008 en riesgo}} \times 10^n$$

$$P = \frac{875}{3500} = 0.25 \times 100 = 25\%$$

Rpta. La ocurrencia de sarna sarcóptica en esa población de alpacas el 1 de enero de 2008 fue de 25%, es decir, existen 25 alpacas con sarna sarcóptica por cada 100 animales de esa población.

- 9.2** Calcule también la prevalencia del período para los años anteriores y el año 2008.

$$P_P = \frac{\text{Número de alpacas con sarna sarcóptica durante los años anteriores y el año 2008}}{\text{Total de animales entre el 1 de enero y el 31 de diciembre de 2008 en riesgo}} \times 10^n$$

$$P_P = \frac{875 + 799}{\frac{3500 + 4600}{2}} = \frac{1674}{4050} = 0.4133 \times 100 = 41.33\%$$

Rpta. La ocurrencia de sarna sarcóptica en esa población de alpacas para los años anteriores y el año 2008 fue 41.33%, es decir, existen aproximadamente 41 alpacas con sarna sarcóptica por cada 100 animales de esa población.

1.3 Fórmula para calcular la tasa de incidencia (TI)

Cuando se conoce la fecha, el momento y duración de la enfermedad:

$$TI = \frac{\begin{array}{c} \text{Número de casos nuevos de la enfermedad que se presente} \\ \text{en una población durante un periodo de tiempo determinado} \\ \text{“número de casos nuevos”} \end{array}}{\begin{array}{c} \text{Suma de todos los individuos que a lo largo de todo el} \\ \text{periodo de tiempo están en riesgo} \\ \text{“suma de períodos de tiempo en riesgo”} \end{array}} \times 10^n$$

El denominador a menudo se mide como “los animales en riesgo anualmente” esto es la suma de períodos de observación durante los cuales, éste está libre de enfermedad (pero está en riesgo).

Es muy importante que observe las unidades, son un tanto extrañas. No son años o días sino animales-año o animales-día. Para comprender por qué, suponga que seguimos 100 vacas durante 5 años; el seguimiento total se obtiene multiplicando y al multiplicar hay que hacerlo con las dos cosas: los números y las unidades (500 vacas año).

Otro ejemplo: 6 vacas libres de la enfermedad, observadas durante un año constituirán “6 vacas anuales en riesgo”, de igual forma una vaca observada durante 6 años constituirán “6 animales anuales en riesgo”. Entonces la tasa de incidencia “NO” es una proporción como la prevalencia y la incidencia acumulada, dado que el denominador expresa unidad de tiempo (Thrusfield, 1990)¹.

Para el intervalo de confianza se procede de la forma parecida a los problemas anteriores, aunque esta vez la fórmula del error estándar es distinta:

$$\text{Error estándar (TI)} = \sqrt{\frac{I}{T}} \text{ donde “T” es el tiempo total de seguimiento.}$$

Para el intervalo de confianza se emplea nuevamente la aproximación normal:

$$I.C. 95\% \text{ de TI} = I \pm 1.96 \times \text{Error estandar}$$

$$I.C. 95\% \text{ de TI} = I \pm 1.96 \times \sqrt{\frac{I}{T}}$$

¹ Thrusfield, M. (1990). *Epidemiología Veterinaria*. Acribia.

Problema 10 (TI)

10.1 En un rebaño de 500 alpacas, durante un año enfermaron 12 animales, indicados en la figura de abajo, en la que se señala el tiempo que estuvieron libres de la enfermedad “sanas” pero el riesgo de contraer la enfermedad, así como la fecha de inicio de la enfermedad de cada alpaca.

ALPACA Nro.	CUADRO DE RIESGO DE CONTRAER LA ENFERMEDAD											
1	→											
2	→	→										
3	→	→	→									
4	→	→	→									
5	→	→	→									
6	→	→	→	→								
7	→	→	→	→								
8	→	→	→	→	→							
9	→	→	→	→	→	→						
10	→	→	→	→	→	→	→					
11	→	→	→	→	→	→	→	→				
12	→	→	→	→	→	→	→	→	→			
Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic

Con esta información calcule la tasa de incidencia (TI) durante el primer semestre.

$$TI = \frac{\text{Número de casos nuevos de enfermedad que se presentan en un rebaño de 500 alpacas durante el primer semestre del año en referencia}}{\text{Suma de todas las alpacas que a lo largo del primer semestre están en riesgo de contraer la enfermedad}} \times 10^n$$

Para este cálculo, el numerador es relativamente sencillo ya que se refiere al número de casos nuevos que ocurrieron durante el primer semestre (enero a junio) que es el período que nos pide calcular.

Sin embargo, para hallar el denominador debemos calcular el número de períodos en riesgo (meses) para cada animal, durante el primer semestre, para el que construiremos una tabla del tiempo que estuvieron “sanos” pero en riesgo de contraer la enfermedad.

Alpaca N°	Meses expuestos en riesgo
1	1
2	2
3	3
4	3
5	3
6	5
7	5
Σ	22 meses / riesgo

10.2 Entonces, para el cálculo del denominador se utilizará la siguiente premisa:

Si al inicio había 500 alpacas y durante el primer semestre enfermaron 7 alpacas, hacemos una resta (500 - 7) quedando 493 alpacas, pero cada una estuvo expuesta 6 meses; por tanto, haremos una nueva multiplicación (493 × 6) resultando 2958 meses de exposición, al que le sumaremos los meses en riesgo de las 7 alpacas que si enfermaron (2958 + 22) resultando 2980 meses de exposición.

$$TI = \frac{7}{(500 - 7) = 493 \times 6 = 2958 + 22 = 2980} = \frac{7}{2980} = 0.00235$$

$$TI = 0.00235 \times 100 = 0.24\%$$

$$TI = 0.24 \text{ casos de la enfermedad por } 100 \text{ alpacas/semestre}$$

Rpta. Existe una incidencia de 0.24 nuevos casos de la enfermedad por 100 alpacas durante el primer semestre o existen dos nuevos casos de la enfermedad por 1000 alpacas durante el primer semestre en esa población de alpacas.

Problema 11 (TI)

11.1 Tomando como referencia el problema anterior, ¿cuál será la tasa de incidencia de enero diciembre?

$$TI = \frac{\begin{array}{l} \text{Número de casos nuevos de enfermedad que se presentan} \\ \text{en la población de 500 alpacas de enero diciembre} \end{array}}{\begin{array}{l} \text{Suma de todas las alpacas que a lo largo del año (enero} \\ \text{–diciembre) están en riesgo de contraer la enfermedad} \end{array}} \times 10^n$$

Como se indicó en el caso anterior, el cálculo del numerador es el número de nuevos casos que ocurrieron durante todo el año (12).

El denominador es el número de períodos en riesgo (meses) que estuvieron sanas, pero en riesgo. Entonces, se calculará el número de períodos en riesgo durante todo el año).

Alpaca N°	Meses expuestos en riesgo
1	1
2	2
3	3
4	3
5	3
6	5
7	5
8	6
9	8
10	8
11	9
12	10
Σ	63 meses / riesgo

11.2 Analizando los datos se dirá: al inicio había 500 alpacas y durante todo el año enfermaron 12 alpacas $(500 - 12) = 488$, pero cada una estuvo expuesta 12 meses $(488 \times 12) = 5,856$ meses en exposición, a esto se le debe sumar los 63 meses/riesgo de 12 vacas que si enfermaron $(5,856 + 63 = 5,919)$. Entonces, la suma de períodos en tiempo de riesgo es 5,919.

$$TI = \frac{12}{(500 - 12) \times 12 + 63} = \frac{12}{5,919} = 0.002027$$

$$TI = 0.002027 \times 100 = 0.2027$$

Rpta. Existe una incidencia de 0.20 nuevos casos de la enfermedad por 100 alpacas durante todo el año (enero a diciembre). Existen dos nuevos casos de la enfermedad por 1000 alpacas durante todo el año (enero a diciembre).

Problema 12 (TI)

12.1 ¿Cuál será la tasa de incidencia, de enero a diciembre, si un rebaño también de 500 alpacas, 12 enfermaron, detectándose la enfermedad durante los siguientes meses: junio = 1, agosto = 3, septiembre = 4, octubre = 1, diciembre = 3?

Para el desarrollo de este problema, se construirá un cuadro del momento y duración de la enfermedad.

ALPACA Nro.	CUADRO DE RIESGO DE CONTRAER LA ENFERMEDAD											
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic

$$TI = \frac{\begin{array}{c} \text{Número de casos nuevos de enfermedad que se presentan} \\ \text{en una población de 500 alpacas durante} \\ \text{todo el año (enero – diciembre)} \end{array}}{\begin{array}{c} \text{Suma de todas las alpacas que a lo largo} \\ \text{de todo el año están en riesgo de contraer la enfermedad} \end{array}} \times 10^n$$

12.2 De la misma forma, para obtener el denominador se utilizará una tabla de tiempo de riesgo.

Alpaca N°	Meses expuestos en riesgo
1	6
2	7
3	7
4	7
5	8
6	8
7	8
8	8
9	9
10	11
11	11
12	11
Σ	101 meses / riesgo

$$TI = \frac{12}{(500 - 12) \times 12 + 101}$$

$$TI = \frac{12}{5,957} = 0.002014 \times 100 = 0.20$$

Rpta. Existe una incidencia del 0.20 nuevos casos de la enfermedad por 100 alpacas durante todo el año (enero a diciembre) que estuvieron en riesgo (animales-año en riesgo). Existen dos nuevos casos de la enfermedad por 1000 alpacas durante todo el año (enero-diciembre).

En general, la tasa de incidencia conocida también como tasa de incidencia verdadera, permite determinar con mayor precisión el riesgo de enfermar, considerando el tiempo durante el cual los animales están con la probabilidad de padecer la enfermedad, es decir, tome en cuenta que el denominador será la suma de períodos donde los animales se encuentran bajo riesgo de enfermar.

Problema 13 (TI)

- 13.1 Para el cálculo de la tasa de incidencia, existe una segunda forma de cómo calcular la TI, cuando no se conoce la fecha de inicio, el momento ni la duración de la enfermedad, solo el período de observación durante varios años (Registros).

Para estos casos la fórmula para calcular la tasa de incidencia es:

$$TI = \frac{\text{Número de casos de enfermedad que se representan en una población durante un periodo de tiempo determinado}}{\text{Período/años riesgo o riesgo de tiempo}} \times 10^n$$

- 13.2 Calcule la tasa de incidencia referido a Leucosis enzoótica bovina, por años riesgo. En este problema, los animales enfermos se eliminaron del rebaño en el momento de su identificación.

Vaca N°	Período de observación (años)	Tiempo de desarrollo de LEB a partir del comienzo de la observación	Contribución de animales años en riesgo "riesgo de tiempo"
1	7	No enfermo	7 años
2	7	No enfermo	7 años
3	4	4 años (si)	4 años
4	5	No enfermo	5 años
5	6	No enfermo	6 años
6	8	No enfermo	8 años
7	5	5 años (si)	5 años
8	2	No enfermo	2 años
9	9	No enfermo	9 años
10	5	No enfermo	5 años
Σ	-	-	58 años/riesgo

$$TI = \frac{\text{Número de casos nuevos durante un periodo de tiempo determinado}}{\text{Período/años riesgo}}$$

$$TI = \frac{2}{58} = 0.0345 \times 100 = 3.45\%$$

Rpta. Existe una incidencia de 3.45 nuevos casos de Leucosis enzoótica bovina por 100 animales-años en riesgo.

Problema 14 (TI)

14.1 En una población de vacunos, se ha registrado la presencia de una enfermedad, donde los animales enfermos se eliminaron del rebaño en el momento de su identificación. Calcule la tasa de incidencia por mes riesgo (durante varios meses dentro de 1 año).

Vaca Nº	Período de observación	Tiempo de desarrollo de la enfermedad a partir de la observación	Contribución de animales meses en riesgo
1	01 abril – 15 junio	2.5 meses	2.5 meses
2	01 abril – 15 julio	3.5 meses	3.5 meses
3	01 abril – 15 mayo	No enfermo	1.5 meses
4	01 mayo – 15 julio	No enfermo	2.5 meses
5	01 mayo – 01 setiembre	No enfermo	4.0 meses
6	01 mayo – 15 mayo	0.5 meses	0.5 meses
7	01 junio – 15 junio	No enfermo	0.5 meses
8	01 junio – 15 agosto	No enfermo	2.5 meses
9	01 junio – 15 agosto	2.5 meses	2.5 meses
10	01 julio – 01 setiembre	No enfermo	2.0 meses
11	01 julio – 15 agosto	1.5 meses	1.5 meses
12	01 julio – 15 agosto	No enfermo	1.5 meses
Σ	-	-	25 meses

$$TI = \frac{\text{Número de casos nuevos de una enfermedad que se presentan en una población durante un período de tiempo determinado}}{\text{Periodo/meses riesgo el tiempo}} \times 10^n$$

$$TI = \frac{5}{25} = 0.2 \text{ /meses/riesgo}$$

14.2 Cuando se trabaja en meses, se debe orientar un año, o sea, 12 meses; entonces, se debe dividir entre 12.

$$TI = \frac{0.2}{12} = 0.0167 \times 100 = 1.67\%$$

$$TI = 1.67/\text{año/riesgo}$$

Rpta. Existe una incidencia de 2 nuevos casos de la enfermedad por 100 vacunos-año en riesgo.

Problema 15 (TI)

15.1 Durante el período 2000-2005, se siguió a seis vacas entre 4 a 7 años que habían padecido de tuberculosis para medir la reaparición de la enfermedad, observándose: 2 de 6 vacas contribuyeron 5 años de seguimiento (no reapareció la enfermedad), otras 2 vacas contribuyeron 4 años (reapareció la enfermedad) y los 2 restantes contribuyeron 3 años de seguimiento (no reapareció la enfermedad). Al final del período, 2 de 6 vacas habían vuelto a padecer de tuberculosis. Con estos datos, calcule la tasa de incidencia por cada vaca/año.

Para resolver este ejercicio, como no se conoce la fecha de inicio de la enfermedad, el momento ni duración de la enfermedad, solo el período de observación por 5 años, se construirá un gráfico del seguimiento.

Nº vaca	Período de seguimiento						Tiempo de riesgo
	1	2	3	4	5	6	
1	●	—	—	—	—	●	5
2	●	—	—	—	—	●	5
3	●	—	—	—	●		4
4	●	—	—	—	●		4
5	●	—	—	●			3
6	●	—	—	●			3
Σ de tiempo de exposición							24

$$TI = \frac{\text{Número de casos de reaparición de la tuberculosis que se presentaron en 6 vacas durante el período 2000 – 2005}}{\text{Período/año/riesgo}} \times 10^n$$

$$TI = \frac{2}{24} = 0.0833/\text{vaca en 5 años} - \text{riesgo}$$

15.2 Pero se pide calcular la tasa de incidencia por cada vaca-año.

Por tanto, para saber la tasa de incidencia por vaca año, se debe dividir el resultado anterior entre 5.

$$TI = \frac{0.0833}{5} = 0.0167 \times 100 = 1.67\% / \text{año} - \text{riesgo}$$

Rpta. Existe una incidencia de 2 nuevos casos de reaparición de tuberculosis por 100 vacas años-riesgo.

Problema 16 (TI)

16.1 En una población de vacunos, se ha registrado la presencia de una enfermedad, los animales enfermos se eliminaron del rebaño en el momento de su identificación. Calcule la tasa de incidencia por año en riesgo.

Vaca N°	Período de observación	Tiempo de desarrollo de la enfermedad a partir de la observación	Contribución de animales meses en riesgo
1	01 abril – 15 junio	2.5 meses	2.5 meses
2	01 abril – 15 julio	3.5 meses	3.5 meses
3	01 abril – 15 mayo	No enfermo	1.5 meses
4	01 mayo – 15 julio	No enfermo	2.5 meses
5	01 mayo – 01 setiembre	No enfermo	4.0 meses
6	01 mayo – 15 mayo	0.5 meses	0.5 meses
7	01 junio – 15 junio	No enfermo	0.5 meses
8	01 junio – 15 agosto	No enfermo	2.5 meses
9	01 junio – 15 agosto	2.5 meses	2.5 meses
10	01 julio – 01 setiembre	No enfermo	2.0 meses
11	01 julio – 15 agosto	1.5 meses	1.5 meses
12	01 julio – 15 agosto	No enfermo	1.5 meses
Σ	-	-	25 meses

$$TI = \frac{\text{Número de casos nuevos de una enfermedad que se presentan en una población durante un período de tiempo determinado}}{\text{Periodo/años/riesgo}} \times 10^n$$

$$TI = \frac{5}{25} = 0.2$$

16.2 Cuando se trabaja en meses, se debe orientar a un año, o sea, 12 meses; entonces, se debe dividir entre 12.

$$TI = \frac{0.2}{12} = 0.0167 \times 100 = 1.67\%$$

$$TI = 1.67\% / \text{año} / \text{riesgo}$$

Rpta. La tasa de incidencia es de 2 nuevos casos de la enfermedad por 100 vacunos-año en riesgo.

Problema 17 (TI)

- 17.1 Se ha observado un rebaño de 70 vacas durante un año y se ha registrado 7 casos de cetosis. Calcule la tasa de incidencia para ese año y su intervalo de confianza.**

$$TI = \frac{\text{Número de nuevos casos de cetosis que se presentan en un rebaño de vacas durante un año}}{\text{Media del tamaño de la población durante un año}} \times 10^n$$

Esta fórmula se utiliza cuando no se puede registrar el período de observación de la ocurrencia de los nuevos casos.

$$TI = \frac{7}{70} = 0.1 \times 100 = 10\% / \text{año}$$

Rpta. La tasa de incidencia es de 10 nuevos casos por 100 vacas por año en riesgo.

- 17.2 También se pide determinar el intervalo de confianza, para lo cual, se utilizará la aproximación de la distribución normal al 95% de probabilidad, pero como no conocemos el período de observación utilizaremos la fórmula para la incidencia acumulada.**

$$IC\ 95\% = TI \pm 1.96 \sqrt{\frac{TI(1 - TI)}{N}}$$

$$IC\ 95\% = TI \pm 1.96 \sqrt{\frac{0.1(1 - 0.1)}{70}}$$

$$IC\ 95\% = 0.1 \pm 0.0703$$

$$IC\ 95\% = 0.0297 - 0.1703$$

Rpta. Como la tasa de incidencia es de 10 nuevos casos de cetosis por 100 vacas año riesgo, se acepta como incidencia normal entre 3 a 17 casos de cetosis para esa población de animales.

Problema 18 (TI)

18.1 Durante un período de 4 años hubo 32 casos debido a accidentes por asfixia por inmersión en un rebaño de ovinos. La población de estos animales fue de 520 al inicio del período de observación y 800 al final de dicho período. ¿Qué medio de ocurrencia se puede calcular? Calcule la ocurrencia por año.

Se puede calcular la tasa de incidencia porque se conoce la población en riesgo y el promedio de la población en riesgo.

$$TI = \frac{\text{Número de nuevos casos de asfixia por inmersión que ocurre en esa población de ovinos durante 4 años}}{\text{Promedio de la población de ovinos en riesgo}} \times 10^n$$
$$TI = \frac{\text{Número de nuevos casos de asfixia por inmersión que ocurre en esa población de ovinos durante 4 años}}{\frac{PI + PF}{2}} \times 10^n$$

Esta fórmula se utiliza cuando se conoce la fluctuación del estado de la enfermedad que depende del tamaño de la población.

$$TI = \frac{32}{\frac{520 + 800}{2}} = \frac{32}{660} = 0.0485$$

$$TI = 0.0485/\text{durante 4 años}$$

18.2 Como se pide calcular la ocurrencia por año, se debe dividir la tasa de incidencia calculada entre 4.

$$TI = \frac{0.0485}{4} = 0.0121 \times 100 = 1.21\%$$

$$TI = 1.21\% / \text{ovino} - \text{año riesgo}$$

Rpta. La tasa de incidencia de nuevos casos de asfixia por inmersión en ese rebaño de ovinos es de 1 ovino por 100 animales año-riesgo.

1.4 Incidencia acumulada o riesgo (IA)

Para la solución de este tipo de problemas (incidencia acumulada), siempre se selecciona una población SIN determinada característica y se sigue para ver si esta característica aparece (caso nuevo), el resultado de dividir el número de casos nuevos entre la población inicial (población en riesgo) es el riesgo o incidencia acumulada.

Otra característica a tener en cuenta es: si bien la tasa de incidencia no es una proporción, la incidencia acumulada si lo es. Es decir, la IA es la proporción de individuos no enfermos al comienzo de un período de estudio y que resultan enfermos durante dicho período.

La fórmula por utilizar será:

$$I.A. = \frac{\text{Número de animales que enferman durante un periodo de tiempo determinado}}{\left(\text{Número de animales sanos en la población al comienzo de dicho periodo} \right) - \left(\frac{1}{2} \text{ de retirados} \right)} \times 10^n$$

Se consideran los retirados a los animales muertos por la enfermedad, pérdidas durante el estudio o por razones diferentes al suceso de interés.

Entonces el denominador efectivo se determinará restando al número inicial en riesgo la mitad el número de retirados.

Para hallar el intervalo de confianza (IC) se produce de la forma parecida a los problemas anteriores, aunque la fórmula del error estándar es diferente.

$$\text{Error estandar (IA)} = \sqrt{\frac{IA(1 - IA)}{N}}$$

$$IC\ 95\% (IA) = IA \pm 1.96 \times \sqrt{\frac{IA(1 - IA)}{N}}$$

Problema 19 (IA)

- 19.1 En un rebaño de 100 crías de alpacas “sanas” con sus respectivas madres, en una semana desarrollaron Enterotoxemia 20 crías, registrándose además 8 animales muertos por Enterotoxemia. Calcule la tasa de incidencia acumulada (IA) para esa semana.**

$$I.A. = \frac{\text{Número de crías de alpacas que enferman con enterotoxemia durante 1 semana}}{\left(\text{Número de crías sanas del rebaño al inicio de dicho periodo} \right) - \left(\frac{1}{2} \text{ de retirados} \right)} \times 10^n$$

$$IA = \frac{20}{(100) - \left(\frac{8}{2} \right)} = \frac{20}{96} = 0.2083 \times 100 = 20.83\%$$

Rpta: 21 de cada 100 crías de alpacas desarrollan la Enterotoxemia durante esa semana.

- 19.2 Y si durante la segunda semana de observación desarrollan la Enterotoxemia otras 10 crías y se registran otros 6 nuevos casos de muerte por esta enfermedad. Calcule la IA para esa segunda semana.**

$$IA = \frac{10}{(80) - \left(\frac{6}{2} \right)} = \frac{10}{77} = 0.1299 \times 100 = 12.99\%$$

Rpta: 13 de cada 100 crías de alpacas desarrollan la Enterotoxemia durante la segunda semana de observación.

También se puede calcular la IA para las dos semanas juntas, lo cual sería:

$$IA = \frac{20 + 10}{(100) - \left(\frac{14}{2} \right)} = \frac{30}{93} = 0.3226 \times 100 = 32.26\%$$

Rpta: Durante dos semanas la IA fue de 32.26%, o sea 32 de cada 100 crías de alpacas desarrollan la Enterotoxemia durante las dos semanas de observación.

- 19.3 Asimismo, se puede obtener el intervalo de confianza para las dos semanas usando la aproximación de distribución normal al 95% de probabilidad.**

$$IC\ 95\% (IA) = IA \pm 1.96 \sqrt{\frac{IA(1 - IA)}{N}}$$

$$IC\ 95\% (IA) = 0.3226 \pm 1.96 \sqrt{\frac{0.3226(1 - 0.3226)}{93}}$$

$$IC\ 95\% (IA) = 0.3226 \pm 0.0950$$

$$IC\ 95\% (IA) = 0.2276 - 0.4176$$

Rpta. Como la IA para las dos semanas es de 32 nuevos casos de Enterotoxemia, se acepta que la variación al azar podría hacer que estuviera entre 23 a 42 nuevos casos de Enterotoxemia.

Problema 20 (IA)

20.1 Durante un período de 6 años se siguió a 51 alpacas de sexo macho desde los tres años, con características testiculares aparentemente normales al inicio de la evaluación (3 años) para detectar la ocurrencia de degeneración testicular, muy frecuente en el grupo de machos de ese rebaño. Registrándose al final del período (9 años) 18 casos de degeneración testicular.

Con estos datos calcule la incidencia acumulada para degeneración testicular por año y su intervalo de confianza.

$$I.A. = \frac{\text{Número de alpacas macho que adquieren la degeneración testicular durante 6 años}}{\left(\text{Número de alpacas machos con características testiculares aparentemente normales al inicio de dicho periodo} \right) - \left(\frac{1}{2} \text{ de retirados} \right)} \times 10^n$$

$$I.A. = \frac{18}{51} = 0.3529/\text{para los 6 años}$$

20.2 Se pide determinar la IA por año, para lo cual el resultado anterior se dividirá entre 6.

$$I.A. = \frac{0.3529}{6} = 0.0588 \times 100 = 5.88\%$$

Rpta. 6 de cada 100 alpacas macho de ese rebaño desarrollan la degeneración testicular a lo largo de un año.

20.3 Luego se obtendrá el intervalo de confianza usando la aproximación de distribución normal al 95% de probabilidad.

$$IC\ 95\% (IA) = IA \pm 1.96 \sqrt{\frac{IA(1 - IA)}{N}}$$

$$IC\ 95\% (IA) = 0.0588 \pm 1.96 \sqrt{\frac{0.0588(1 - 0.0588)}{51}}$$

$$IC\ 95\% (IA) = 0.0588 \pm 0.0646$$

$$IC\ 95\% (IA) = 0.0058 - 0.1234 \text{ ó } 0.58\% - 12.34\%$$

Rpta. Como la IA por año es de 6 de cada 100 alpacas macho, se acepta que la variación al azar podría ser que estuviera entre 1 a 12 nuevos casos de degeneración testicular para ese rebaño de alpacas de sexo macho, cada año.

Problema 21 (IA)

21.1 Durante un período de 4 años se diagnosticaron (a la necropsia) adenomatosis pulmonar (APO) en un hato de ovinos. El número de ovinos fue 3200 al inicio del período de observación y 3450 al final de dicho período. ¿Qué medida(s) de ocurrencia puede usted calcular? Calcule por año de ocurrencia.

Rpta. Se debe calcular la tasa de incidencia (TI) teniendo los siguientes casos:

- No existe la información del período de observación sobre los animales en particular.
- Conocemos la población inicial (PI) y la población final (PF) que implica el uso de la media del tamaño de la población durante 4 años de observación, el que forma a partir del denominador.

$$TI = \frac{\text{Número de casos de APO que se presentan en la población de ovinos durante 4 años}}{\text{Media de la población durante 4 años}} \times 10^n$$

$$TI = \frac{3260}{\frac{3200 + 3450}{2}} = \frac{3260}{3325} = 0.9805/4 \text{ años}$$

21.2 Se pide calcular por año de ocurrencia, entonces se dividirá la tasa de incidencia calculada anteriormente entre 4.

$$TI = \frac{0.9805}{4} = 0.2451 \times 100 = 24.51\% / \text{año}$$

$$TI = 24.51 \text{ casos por 1000 animales por año}$$

Rpta. Cada año ocurren 25 nuevos casos de Adenomatosis pulmonar por cada 100 ovinos en esa población de animales. Existe una incidencia de 25 nuevos casos de APO entre los ovinos de esa población por 100 animales cada año.

Problema 22 (IA)

22.1 En un rebaño de alpacas durante los años 2000 al 2003 (4 años) nacieron 832 crías, con pesos menores a 7 kilos vivo. De estos, 133 fueron muertas al nacer. De los nacimientos vivos 210 murieron durante el primer mes después del nacimiento.

¿Qué medida(s) de ocurrencia se puede calcular? Calcule la ocurrencia por año.

- Para nacimientos de una cría muerta.
- Para mortalidad en crías de alpacas que nacieron vivos con pesos al nacimiento inferiores a 7 kilos durante el primer mes después del nacimiento.

22.2 Para calcular los nacimientos de una cría muerta se calculará la tasa de prevalencia (TP) porque se conoce en forma general el número de crías muertas al nacimiento (nacido muerto) durante los años 2000 al 2003 y el total de crías nacidas con pesos menores a 7 kilos.

$$P = \frac{\text{Total de crías muertas al nacer durante los años 2000 al 2003}}{\text{Total de crías nacidas con pesos menores a 7 kilos de peso vivo}} \times 10^n$$

$$P = \frac{133}{832} = 0.1599/4 \text{ años}$$

Como se pide calcular la ocurrencia por año, se debe dividir la tasa de prevalencia calculada durante los años 2000 al 2003 entre 4.

$$P = \frac{0.1599}{4} = 0.0399 \times 100 = 3.99\%$$

Rpta. Existen 4 crías muertas al nacer (nacidos muertos) por cada 100 crías que nacieron con peso menores a 7 kilos en esa población durante 1 año.

22.3 Para hallar la mortalidad en crías que nacieron vivos, con un peso al nacimiento menor a 7 kilos durante el primer mes después del nacimiento se calculará la incidencia acumulada (IA) debido a que se puede determinar el número de crías que nacieron vivos al inicio de la evaluación.

$$AI = \frac{\text{Número de crías muertas durante el primer mes entre el 2000 y 2003}}{\text{Número de crías nacidos vivos durante el 2000 al 2003}} \times 10^n$$

$$AI = \frac{210}{832 - 133} = \frac{210}{699} = 0.3004$$

Se pide calcular la ocurrencia por año, por tanto, se debe dividir la IA calculada para los años 2000 al 2013 entre 4.

$$AI = \frac{0.3004}{4} = 0.0751 \times 100 = 7.51\%$$

Rpta. 8 de cada 100 crías que nacieron vivos con pesos inferiores a 7 kilos durante el primer mes después del nacimiento, murieron cada año.

Problema 23 y 24 (IA)

23. En una población de 45,000 ovinos durante un año se ha registrado 7 casos de tuberculosis. ¿Qué medida de ocurrencia se puede calcular? Calcule su respuesta para 10,000 ovinos.

Rpta. Se puede calcular la tasa de incidencia (TI) porque conocemos el número de individuos en riesgo, su período de riesgo y la cantidad de nuevos casos, así como la media poblacional.

$$TI = \frac{\text{Número de casos de tuberculosis ovina que se representan en la población de ovinos durante un año}}{\text{Media de la población de ovinos durante un año}} \times 10^n$$

$$TI = \frac{7}{45,000} = 0.000155$$

Se pide calcular para cada 10,000 ovinos, entonces esta tasa de incidencia sería:

$$TI = 0.000155 \times 10,000 = 1.55/\text{año}/\text{cada } 10,000 \text{ ovinos}$$

Rpta. Cada año ocurren 1.55 nuevos casos de tuberculosis ovina por cada 10,000 ovinos en esa población de animales.

24. De 324 individuos libres de la enfermedad al inicio del año 77 desarrollaron la enfermedad, con una duración muy corta. ¿Qué medida de ocurrencia se puede calcular?

Como se reconoce el número de individuos libres de la enfermedad al inicio del año, entonces se puede calcular la Incidencia Acumulada.

$$IA = \frac{\text{Número de individuos que enferman durante un periodo de tiempo determinado}}{\text{Número de individuos sanos en la población al inicio de dicho periodo}} \times 10^n$$

$$IA = \frac{77}{324} = 0.2377 \times 100 = 23.77\%$$

Rpta. 24 de cada 100 individuos desarrollan la enfermedad a lo largo de 1 año

Problema 25 (IA)

- 25.1 En un rebaño selecto de 5,000 ovinos, 25 de estos animales fueron detectados como positivos a brucelosis. Durante los 5 años siguientes, otros 10 desarrollaron la enfermedad. ¿Qué medida(s) de ocurrencia se puede calcular?**

Se calculará primero la prevalencia, porque al evaluar el rebaño, 25 fueron positivos, sin distinguir entre nuevos o antiguos casos.

$$P = \frac{\text{Total de ovinos positivos brucelosis}}{\text{Total de ovinos del rebaño en riesgo}} \times 10^n$$

$$P = \frac{25}{5,000} = 0.005 \times 100 = 0.5\%$$

Rpta. La ocurrencia de brucelosis en ese rebaño de ovinos fue de 0.5%, es decir, existen aproximadamente 1 vino con brucelosis por cada 100 de ellos.

- 25.2 Así también, se puede calcular la incidencia acumulada, porque se puede determinar la población libre de la enfermedad al inicio de la observación.**

$$IA = \frac{\text{Número de ovinos que enferman durante los cinco años siguientes}}{\text{Número de ovinos sanos en la población al comienzo de dicho periodo}} \times 10^n$$

$$IA = \frac{10}{5,000 - 25} = \frac{10}{4,975} = 0.00201 \times 1,000 = 2.01/1000$$

Rpta. Dos de cada 1,000 ovinos desarrollan la enfermedad a lo largo de los cinco años siguientes.

- 25.3 Pero si se pidiera que se calcule para cada año, entonces la respuesta anterior se deberá dividir entre 5.**

$$IA = \frac{0.00201}{5} = 0.000402 \times 10,000 = 4.02$$

Rpta. La incidencia acumulada sería: cuatro de cada 10,000 ovinos desarrollan la enfermedad cada año.

Problema 26 (IA)

26.1 Al investigar un hato ganadero sobre una enfermedad se registran los siguientes datos:

- El 1 de julio de 2010 investiga el hato cuando la enfermedad ya está presente.
- El 1 de julio de 2011 se vuelve investigar el hato.
- El número de rebaño el 1 de julio de 2010 fue de 600 animales y el número de animales clínicamente enfermos el 1 de julio de 2010 fue de 100 animales.
- El número de animales que resultaron clínicamente enfermos entre el 1 de julio de 2010 al 1 de julio de 2011 fue de 200 animales.

¿Qué medida(s) de ocurrencia se puede calcular?

26.2 El análisis de la información, nos indica que se puede calcular la prevalencia, porque se evaluaron en un momento dado del que resultaron 100 animales enfermos, no sabiendo si son casos recientes, anteriores o ya en estado de recuperación.

$$P = \frac{\text{Número de animales que presentan una enfermedad el 1 de julio de 2010}}{\text{Número de animales en riesgo de la población el 1 de julio de 2010}} \times 10^n$$

$$P = \frac{100}{600} = 0.1667 \times 100 = 16.67\%$$

Rpta. La ocurrencia de esa enfermedad en ese hato ganadero es de 16.67%, es decir, existen aproximadamente 17 animales con esa enfermedad por cada 100 de ellos.

26.3 Asimismo, se puede determinar la IA, porque existe la posibilidad de calcular el número de animales enfermos al inicio de la observación.

$$IA = \frac{\text{Número de animales que enferman entre el 1 de julio de 2010 al 1 de julio de 2011}}{\text{Número de animales sanos en ese hato ganadero al comienzo de dicho período el 1 de julio de 2010}} \times 10^n$$

$$IA = \frac{200}{600 - 100} = \frac{200}{500} = 0.4 \times 100 = 40\%$$

Rpta. 40 de cada 100 animales desarrollaron la enfermedad entre el 1 de julio de 2010 al 1 de julio de 2011.

Problema 27 (IA)

- 27.1 Durante un período de 2 años en una población de alpacas de 307 animales se presentaron 46 nuevos casos de sarna sarcóptica. Al inicio del período de observación había 61 casos prevalentes de sarna sarcóptica. ¿Qué medida(s) de ocurrencia se puede calcular? Calcule la ocurrencia por año.**

En primera instancia se puede calcular la tasa de prevalencia, debido a que se tiene información de la existencia de 61 casos prevalentes de sarna sarcóptica, no sabiendo si son casos recientes, anteriores o ya en estado de recuperación.

$$P = \frac{\text{Número de alpacas con sarna sarcóptica al inicio del período}}{\text{Número de animales en riesgo de esa población}} \times 10^n$$

$$P = \frac{61}{307} = 0.1987/2 \text{ años}$$

Se pide calcular la ocurrencia de sarna por año, entonces se debe dividir la prevalencia calculada entre 2.

$$P = \frac{0.1987}{2} = 0.0994 \times 100 = 9.94\%/año$$

Rpta. La ocurrencia de la sarna sarcóptica en ese hato de alpacas es de 9.94%, es decir, existen aproximadamente 10 alpacas con sarna sarcóptica anualmente por cada 100 animales.

- 27.2 Asimismo, se puede determinar la IA porque se puede calcular el número de alpacas sin sarna sarcóptica (sanas) al inicio de la observación.**

$$IA = \frac{\text{Número de alpacas con sarna sarcóptica durante los 2 años}}{\text{Número de alpacas sanas en la población de alpacas al comienzo de dicho periodo}} \times 10^n$$

$$IA = \frac{46}{307 - 61} = 0.1869/2 \text{ años}$$

Nos pide calcular la ocurrencia de sarna por año, entonces dividimos la IA calculada entre 2:

$$IA = \frac{0.1869}{2} = 0.0935 \times 100 = 9.35\% /año$$

Rpta. 9 de cada 100 alpacas desarrollan la sarna sarcóptica a lo largo de 1 año.

1.5 Tasa de mortalidad (TM)

La tasa de mortalidad (TM) es la proporción de muertes registradas con respecto a la cantidad de animales totales de una población, en un lugar o área geográfica y tiempo determinado.

Esta medida generalmente se encuentra expresada en términos porcentuales, aunque también puede expresarse como el número de muertes por cada 1,000 animales de una población, durante un tiempo determinado que generalmente es un año.

Sirve, además para medir la gravedad de la enfermedad y puede ayudar a determinar si los tratamientos realizados fueron efectivos o no. Por lo tanto, las estadísticas de mortalidad son utilizadas para efectuar el análisis de la situación de salud, sea de diferentes poblaciones, en un mismo momento de tiempo o de una misma población en distintos momentos. Este análisis suele acompañarse con información específica discriminada por edad, raza, sexo, color, causa de muerte y otros.

De esta manera, la mortalidad describe el impacto cuantitativo de muerte en una población.

Existen dos clases de tasas de mortalidad.

- a. Mortalidad bruta, cruda, global o general.
- b. Mortalidad específica.

La forma para calcular la tasa global de muertes (TMG) es:

$$TMG = \frac{\text{Número de muertes que han tenido lugar}}{\text{Media de la población}} \times 10^n$$

Problema 28 (TMG)

Por los registros de la planilla de contada de una empresa alpaquera, durante el 2014 ocurrieron un total de 648 alpacas muertas por diferentes causas. Se supo que la población al 01 – 01 - 2014 fue de 4,320 alpacas y al 31 – 12 - 2014 fue de 4,280 animales. Con esta información calcule la tasa de mortalidad global.

Para este cálculo puede utilizarse la siguiente fórmula:

$$TMG = \frac{\text{Total de alpacas muertas en un lugar determinado y durante 1 año}}{\text{Denominador}} \times 10^n$$

El denominador puede calcularse según la información que se disponga, pero puede realizarse de cuatro formas:

a) Promedio de la población de alpacas.

$$\bar{X} = \frac{PI + PF}{2}$$

b) Promedio de la población anual.

$$\bar{X} = \frac{\Sigma \text{ de existencia de 13 meses}}{13}$$

c) Población estimada al 30 de junio (es el período donde la población es más estable).

d) Total de la población durante ese tiempo y lugar.

$$TMG = \frac{648}{\frac{4,320 + 4,280}{2}} = \frac{648}{4,300} = 0.1507 \times 100 = 15.07\%$$

$$TMG = 15.07\%$$

Interpretación:

En la empresa ganadera en referencia, en el año del 2014, en promedio murieron anualmente un poco más de 15 alpacas por cada 100 de estos animales. Las tasas de mortalidad global se ven afectadas por muchas características de la población, especialmente la estructura por edad, por lo tanto, al comparar las tasas de mortalidad es prudente ajustar las diferencias en composición por edad antes de llegar a una conclusión acerca de la salud o ambientales del lugar.

Problema 29 (TMG – Ajustes)

Cuando se compara las tasas MG de 2 poblaciones diferentes, circunstancialmente es posible que se pueda generar errores al tratar de compararlas, cuya estructura en el evento de interés es diferente. Cuando esto ocurre, es necesario realizar un ajuste en una población para poder compararla con la otra población, en general existen variables para las cuales es necesario considerar realizar un ajuste como son: edad, sexo, fin zootécnico, raza, entre otros.

Ejemplo: Se desea comparar las tasas de mortalidad general (TMG) de dos granjas de porcinos, para lo cual se tiene la siguiente información.

Granja	Muertos	Población	Tasas (%)
A	31	545	5.69
B	31	1,350	2.30

Seguidamente, se debe determinar si la mortalidad sigue diferente o no al evaluar la estructura de la población, según la etapa de desarrollo de los lechones.

Etapa	Población A	Muertos A	Tasa x 100 A	Población B	Muertos B	Tasa x 100 B
Maternidad	225	21	9.33	50	5	10.00
Destete	130	7	5.38	100	6	6.00
Crianza	100	2	2.00	500	12	2.40
Finalización	90	1	1.11	700	8	1.14
Total	545	31	5.69	1,350	31	2.30

Al análisis de esta tabla, se observa que la población “A” tiene mayor mortalidad global que la “B”, pero si observamos bien es posible apreciar que todas las “tasas específicas” de la población “B” (maternidad, destete, crianza y finalización) son ligeramente mayores.

La explicación sería: Esta aparente contradicción es debido a que la distribución proporcional de cada población es diferente, así como la mortalidad específica por etapas, es decir, en aquellas etapas cuya proporción de individuos sea mayor y a su vez tiene mayor tasa específica, aportará más peso a la tasa global. Esto se puede apreciar en la siguiente tabla.

Etapa	Población A	Porcentaje A	Población B	Porcentaje B
Maternidad	225	41.3	50	3.7
Destete	130	23.9	100	7.4
Crianza	100	18.3	500	37.0
Finalización	90	16.5	700	51.9
Total	545	100.00	1,350	100.00

En este caso, los lechones de maternidad “A” tiene mayor mortalidad con 41.3%, mientras que en la población “B” es de 3.7%. Por lo tanto, resulta de interés saber: ¿Qué pasaría

con la mortalidad y la población “A” si su distribución por edad fue igual a la de “B” o viceversa?

Para responder ese interrogante se utilizará el método directo (existe también otros métodos como el indirecto), para el que es necesario construir la siguiente tabla.

Etapas	Mortalidad A x 100	Población B	Muertos esperados
Maternidad	9.33	50	4.665 (9.33 x 50/100)
Destete	5.38	100	5.38 (5.38 x 100/100)
Crianza	2.00	500	10.00 (2.00 x 500/100)
Finalización	1.11	700	7.77 (1.11 x 700/100)
Total	5.69	1,350	27.815

Finalmente, se realizará el cálculo de la tasa ajustada (total de muertos esperados) para la población “A”.

$$Tasa\ ajustada = \frac{\text{Muertes esperadas}}{\text{Población estándar}} \times 10^n$$

$$Tasa\ ajustada = \frac{27.815}{1,350} = 0.0206 \times 100 = 2.06\%$$

$$Tasa\ ajustada = 2.06 \times \text{cada } 100$$

Interpretación:

En este caso, al ajustar las tasas de mortalidad global de la población “A” con una distribución igual a la de “B”, la tasa de “A” sería menor que la que tiene incluso ligeramente menor que la del de la población “B” o, dicho de otra manera:

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

Consideraciones: Como se puede observar en el ejemplo anterior, es posible la comparación de dos poblaciones; sin embargo, se puede tener una distribución hipotética ideal o también llamada estándar, sobre la cuales se debe realizar las comparaciones.

Por ejemplo, la distribución ideal de una granja de ciclo completo, donde el número de animales por etapa estará en función de la proporción que se considere ideal para una granja de este tipo.

1.6 Tasa de mortalidad específica (TME)

La tasa de mortalidad específica (TME) es la aproximación de animales que mueren por una causa concreta, en un período de tiempo determinado y una población específica, pudiendo expresarse normalmente en el número de muertes por 100, 1000, 10000 a más. Algunas tasas de mortalidad específica habitualmente utilizadas en medicina veterinaria son:

- Tasa de mortalidad por edad específica (TM/EE)

$$TM/EE = \frac{\text{Número de muertes en animales de un grupo de edad específica}}{\text{Media del número de animales en el grupo de edad – específico en el año "Z"}} \times 10^n$$

- Tasa de mortalidad en terneros (corderos, lechones, cachorros, crías, etc.) (TM/T).

$$TM/T = \frac{\text{Número de muertos en terneros}}{\text{Número de animales nacidos vivos en el año "Z"}} \times 10^n$$

- Tasa de mortalidad neonatal: (TM/N) no existe en medicina veterinaria, en lo que se refiere a la edad en que un animal deja de ser neonato, pero algunos consideran hasta el momento del destete y otros como en humanos de 0 a 28 días (el primer mes).

$$TM/N = \frac{\text{Número de muertes de los neonatos (corderos, terneros lechones, cachorros o crías de alpacas)}}{\text{Número de animales nacidos vivos en el año "Z"}} \times 10^n$$

- Tasa de mortalidad perinatal (TM/P)

$$TM/P = \frac{\text{Número de muertes durante los primeros tres días de vida (+) los nacidos muertos a término}}{\text{Número de animales nacidos vivos (+) los nacidos muertos a término en el año "Z"}} \times 10^n$$

La mortalidad perinatal no incluye los abortos (mortalidad fetal), se refiere a la muerte de los recién nacidos durante los primeros 72 horas (tres días) de vida, causada por: factores genéticos (defectos de desarrollo), negligencia materna (agalactia, aplastamiento, asfixia, traumatismos, distocia), hipotermia (medio ambiente), depredación, etc.

- Tasa de mortalidad fetal (TM/F) o mortinato

$$TM/F = \frac{\text{Número de muertes fetales}}{\text{Número de nacidos vivos (+) muertes fetales en el año "Z"}} \times 10^n$$

La muerte fetal indica momificación, con incapacidad de aborto, resorción de líquidos placentarios, deshidratación del feto y sus membranas e involución del útero.

- Tasa de abortos (TA)

$$TA = \frac{\text{Número de abortos}}{\text{Número de hembras preñadas en el año "Z"}} \times 10^n$$

Aborto es la terminación de la preñez con la expulsión del feto de tamaño reconocible, antes que sea viable (clamidiosis, leptospirosis, virus de frontera y lenguas azul).

- Tasa de mortalidad por causas específicas (TM/CE)

$$TM/CE = \frac{\text{Número de muertes provocadas por una causa específica en un año dado}}{\text{Media de la población en el año "Z"}} \times 10^n$$

Se puede calcular para la población global o para cualquier grupo, clase, raza, sexo, edad, entre otros.

- Tasa de mortalidad proporcional (TMP_r)

$$TMP_r = \frac{\text{Número de muertes provocados por una causa específica, en un periodo de tiempo determinado}}{\text{Total de muertos en el mismo periodo por todas las causas}} \times 10^n$$

Esta tasa se emplea para destacar la importancia de la mortalidad específica, sobre la mortalidad global.

- Tasa de fatalidad o letalidad (TL)

$$TL = \frac{\text{Número de muertos provocados por una causa específica y un lapso específico}}{\text{Número total de enfermos por la misma enfermedad y en el mismo lapso específico}} \times 10^n$$

Esta determinación se limita enfermedades infecciosas agudas, pues mide la probabilidad de muerte en los individuos enfermos (Thrusfield, 1990).

Problema 30 (TME)

En un centro de producción de alpacas “x”, se ha contabilizado al 30 – 06 – 2016 un total de 800 alpacas, de los cuales 350 fueron machos y 450 hembras. Se informa también que murieron 30 animales al año (19 machos y 4 hembras), ocurrieron también 50 casos de sarna sarcóptica (35 machos y 11 hembras) al año, de los cuales murieron un total de 15 alpacas (9 machos y 6 hembras). Con esta información realice los siguientes cálculos:

30.1 Calcule la tasa de mortalidad global (TMG).

$$TMG = \frac{\text{Total de alpacas muertas en el centro de producción de alpacas "X" durante el 2016}}{\text{Media de la población al 30 de julio de 2016 en el grupo de edad específica}} \times 10^n$$

$$TMG = \frac{30}{800} = 0.0375 \times 100 = 3.75\% \text{ por año}$$

Interpretación: En el centro de producción de alpacas “X” en el año 2016, en promedio murieron cuatro alpacas por cada 100 de estos animales.

30.2 Calcule la mortalidad específica según sexo (TM/S).

$$TME/S = \frac{\text{Total de alpacas muertas de sexo macho en el centro de producción de alpacas "X" durante el 2016}}{\text{Media de la población de alpacas de sexo macho en el centro de producción de alpacas "X" durante el 2016}} \times 10^n$$

$$\frac{TME}{S} \sigma = \frac{19}{350} = 0.0543 \times 100 = 5.43\% \text{ por año para sexo macho}$$

$$\frac{TME}{S} \varphi = \frac{11}{450} = 0.0244 \times 100 = 2.44\% \text{ por año para sexo hembra}$$

Interpretación: En el centro de producción de alpacas “X” en el año 2016, en promedio murieron 5 alpacas de sexo macho por cada 100 animales y 2 alpacas hembra por cada 100 alpacas hembra.

30.3 Calcule la tasa de mortalidad específica para sarna sarcóptica (TM/S).

$$TME/S = \frac{\text{Total de alpacas muertas con sarna sarcóptica en el centro de promoción de alpacas "x" durante el 2016}}{\text{Media de la población de alpacas en el centro de producción de alpacas "X" durante el 2016}} \times 10^n$$

$$\frac{TME}{S} = \frac{15}{800} = 0.0188 \times 100 = 1.88\% \text{ por año}$$

Interpretación: En el centro de producción de alpacas “X” en el año 2016 en promedio murieron 2 alpacas con sarna sarcóptica por cada 100 estos animales.

30.4 Calcule la tasa de letalidad para sarna sarcóptica (TL/S).

$$TL/S = \frac{\text{Número de muertes provocadas por sarna sarcóptica en el centro de producción de alpacas “X” durante el 2016}}{\text{Número total de enfermos con sarna sarcóptica en el centro de reproducción de alpacas “X” durante el 2016}} \times 10^n$$

$$\frac{TL}{S} = \frac{15}{50} = 0.3 \times 100 = 30\%$$

Interpretación: Por cada 100 enfermos con sarna sarcóptica muere 30 alpacas por esta causa.

30.5 Calcule la tasa de mortalidad proporcional para sarna sarcóptica (TMPr).

$$TMPr = \frac{\text{Número de muertos provocados por sarna sarcóptica en el centro de producción de alpacas “X” durante el 2016}}{\text{Total de muertes, por todas las causas en el centro de producción de alpacas “X” durante el 2016}} \times 100$$

$$TMPr = \frac{15}{30} = 0.5 \times 100 = 50\%$$

Interpretación: Por cada 100 muertes ocurridas por diferentes causas en el centro de producción de alpacas “X” durante el 2016, 50 corresponden a sarna sarcóptica.

Problema 31 (TME)

Al investigar un hato de vacunos, sobre una enfermedad que clínicamente evolucionaria sea con la recuperación e inmunidad permanente o con la muerte, se obtiene los siguientes datos: el 1 de julio de 1998 se investigó el acto cuando la enfermedad ya está presente, el 1 de julio de 1999 se vuelve investigar el acto. El tamaño total del rebaño el 1 de julio de 1998 fue de 600 animales, el número de animales clínicamente enfermos el 1 de julio de 1998 fue de 100 animales, el número de animales que resultaron clínicamente enfermos entre el 1 de julio de 1998 al 1 de julio de 1999 fue de 200 animales; el número de animales que murieron por la enfermedad “X” entre el 1 de julio de 1998 y el 1 de julio de 1999 fue de 120 animales.

31.1 Calcule la tasa de mortalidad global (TMG).

$$TMG = \frac{\text{Total de vacunos muertos que han tenido lugar entre el 1 de julio de 1998 y el 1 de julio de 1999}}{\text{Media de la población}} \times 10^n$$

$$TMG = \frac{\frac{120}{PI + PF}}{\frac{2}}{\frac{600 + (600 - 120)}{2}} = 0.2222 \times 100 = 22.22\%$$

$$TMG = 22.22\% \text{ por año}$$

Interpretación: En el hato de vacunos entre el 1 julio 1998 y el 1 de julio de 1999, en promedio murieron 22 vacunos por cada 100 de estos animales.

31.2 Calcule la letalidad para la enfermedad en referencia.

$$TL = \frac{\text{Número de muertes provocados por una causa específica entre el 1 de julio de 1998 y el 1 de julio de 1999}}{\text{Número total de enfermos por la misma enfermedad entre el 1 de julio de 1998 y el 1 de julio de 1999}} \times 10^n$$

$$TL = \frac{120}{100 + 200} = \frac{120}{300} = 0.4 \times 100 = 40\%$$

Interpretación: Por cada 100 enfermos con la enfermedad en referencia mueren 40 vacunos por esa causa.

Problema 32 (TME)

32.1 Al investigar documentos en un centro de primates, se pide calcular estadísticas vitales para monos Rhesus durante el año 1998. Un censo efectuado el 1 de enero de 1998 mostró una población total de 798 animales, de los cuales 452 estaban con una edad menor a 6 años y el resto tenían seis años a más. El 1 de enero de 1999 había 802 animales de los cuales 320 estaban con una edad de 6 a más años y el resto con menor de 6 años.

Durante ese año 376 infantes nacieron vivos y hubo 25 muertes fetales y 45 infantes murieron entre el nacimiento y los 29 días de edad. Además, existieron 107 muertes por diversas causas de la colonia (esto incluye muertes de infantes, pero no muertes fetales), de los cuales 40 fueron monos de seis años y mayores (específicamente de 6 de vejez, 8 de cáncer, 14 por accidentes y 12 por otras causas no conocidas).

32.2 Calcule la tasa de mortalidad global (TMG).

$$TMG = \frac{\text{Total de monos Rhesus muertos en el centro de primates durante el año 1998}}{\text{Promedio de la población de monos Rhesus en el centro de primates durante el año de 1998}} \times 10^n$$
$$TMG = \frac{107}{\frac{PI + PF}{2}} = \frac{107}{\frac{798 + 802}{2}} = \frac{107}{800} = 0.1338 \times 100 = 13.38\%$$

Interpretación: En el centro de primates en el año 1998, en promedio murieron 13 monos Rhesus por cada 100 de estos animales.

32.3 Calcule la tasa de mortalidad por edad específica para Rhesus menores a 6 años.

$$TMG = \frac{\text{Total de monos Rhesus menores a 6 años muertos en el centro de primates durante el año 1998}}{\text{Promedio de la población de monos Rhesus menores a 6 años en el centro de primates durante el año de 1998}} \times 10^n$$
$$TMG = \frac{45 + 22}{\frac{452 + 482}{2}} = \frac{67}{467} = 0.1435 \times 100 = 14.35\%$$

Interpretación: En el centro de primates, en el año 1998, en promedio murieron 14 monos Rhesus menores a 6 años, por cada 100 estos animales.

32.4 Calcule la tasa de mortalidad neonatal (TMN).

$$TMN = \frac{\text{Total de monos Rhesus neonatos muertos en el centro de primates durante el año 1998}}{\text{Número de infantes nacidos vivos en el centro de primates durante el año 1998}} \times 10^n$$

$$TMN = \frac{45}{376} = 0.1197 \times 100 = 11.97$$

$$TMN = 11.97\%/\text{año}$$

Interpretación: En el centro de primates, en el año 1998, en promedio murieron 12 neonatos de monos Rhesus por cada 100 de esta clase de animales.

32.5 Calcule la tasa de fatalidad debido a cáncer en monos Rhesus de 6 a más años.

$$TL = \frac{\text{Número de muertes provocadas por cáncer en monos Rhesus en el centro de primates durante 1998}}{\text{Número de enfermos provocados por cáncer en mono Rhesus en el centro de primates durante 1998}} \times 10^n$$

Para calcular esta tasa, son necesarios conocer el número de muertes por cáncer, que si se informa = 8 monos Rhesus, pero no se conoce un número de enfermos provocados por cáncer. Entonces no es posible hallar esta tasa por falta de información.

32.6 Calcule la tasa de mortalidad fetal (TM/F).

$$TM/F = \frac{\text{Número de muertes fetales en monos Rhesus, en el centro de primates durante 1998}}{\text{Número de infantes nacidos vivos (+) las muestras fetales, en el centro de primates durante 1998}} \times 10^n$$

$$TM/F = \frac{25}{376 + 25} = \frac{25}{401} = 0.0623 \times 100 = 6.23\%$$

$$\frac{TM}{F} = 6.23 \text{ muertes fetales / año}$$

Interpretación: En el centro de primates, en el año 1998, en promedio murieron seis infantes de monos Rhesus por muerte fetal por cada 100 de estos animales.

32.7 Calcule la tasa específica por edad de muerte por cáncer, para monos Rhesus de 6 a más años.

$$TM/EE = \frac{\begin{array}{c} \text{Número de muertes por cáncer en mono Rhesus} \\ \text{en el centro de primates durante 1998} \\ \text{Promedio de la población de monos} \\ \text{Rhesus de 6 a más años de edad} \end{array}}{\times 10^n}$$

$$TM/EE = \frac{\frac{8}{\frac{346 + 320}{2}}}{333} = \frac{8}{333} = 0.0240 \times 100 = 2.40\%$$

Interpretación: En el centro de primates en el año 1998, en promedio murieron 2 monos Rhesus de 6 a más años por cáncer.

32.8 Calcule la tasa de mortalidad proporcional (TMPr) para monos Rhesus de 6 años a más de edad por accidente.

$$TMPr = \frac{\begin{array}{c} \text{Número de muertos por accidente en monos} \\ \text{Rhesus en el centro de primates durante 1998} \\ \text{Número total de muertes por todas las causas} \\ \text{en monos Rhesus en el centro de primates} \\ \text{durante 1998} \end{array}}{\times 100}$$

$$TMPr = \frac{14}{107} = 0.1308 \times 100 = 13.08\%$$

Interpretación: En el centro de primates, en el año 1998 en promedio murieron 13 monos Rhesus por accidente por cada 100 muertos ocurridos por diferentes causas (del total de muertes)

32.9 Calcule la tasa de mortalidad proporcional (TMPr) para mono Rhesus menores a 6 años, por otras causas.

$$TMPr = \frac{\begin{array}{c} \text{Número de muertes por otras causas en monos} \\ \text{Rhesus menores a 6 años en el centro de primates,} \\ \text{durante 1998} \\ \text{número total de muertes por todas las causas en monos} \\ \text{Rhesus menores a 6 años de edad} \end{array}}$$

No se puede calcular la tasa de mortalidad proporcional para monos Rhesus menores a 6 años, por no existir esta información.

1.7 Uso del cálculo de tasa de mortalidad en Excel

Para esta operación es necesario tener los datos en Excel reintroducidos, así, por ejemplo, para el cálculo de la tasa de mortalidad global son necesarios datos con la población de alpacas de los 12 meses del año (de enero a enero) y el número de muertes por cada mes, para luego procesar de la forma siguiente:

1. En el primer casillero se colocará el nombre de la empresa ganadera.
2. Debajo de este casillero se pondrá:
 - a. Los meses del año a evaluar (enero a diciembre).
 - b. Población de alpacas por mes.
 - c. Número de muertes por mes.
 - d. Tasa de mortalidad (valora calcular).
3. Luego se hará clic en el casillero de la tasa de mortalidad del mes 1.
4. Buscar la barra de fórmulas donde se colocará:
 - a. El signo igual “=”.
 - b. El signo para abrir paréntesis “(”.
5. Se hará clic en población del mes 1
6. En la barra de fórmulas y se colocará signo entre $/: = (.../...$
7. Se hará clic en población del mes 1
8. Ir a la barra de fórmulas y se colocará el signo cerrar paréntesis): $(.../...)$
9. Presionar enter y saldrá la tasa de mortalidad para el mes 1.
10. Para el resto de los meses:
 - a. Hacer clic en el mes 1.
 - b. Jalar de la parte inferior para abajo la tasa de mortalidad del mes 1.
 - c. Entonces, saldrá las otras tasas de mortalidad, pero no en forma proporcional.
11. Para obtener en forma proporcional.
 - a. Ir a la barra de fórmulas, donde se colocará $un*100: = (.../...)*100$
 - b. Presionar enter, saldrá el porcentaje de mortalidad para el mes 1
 - c. Para el resto de los meses se hará clic en el % del mes 1 y luego jalar para abajo hasta el mes 12, entonces saldrán los % de mortalidad para todos los meses.
 - d. Para disminuir decimales y obtener datos redondeados:
 - Buscar el rubro de “General”, en el que se deberá ubicar disminuir decimales.
 - Entonces saldrá el porcentaje de mortalidad redondeado.

Este es un método para el cálculo de la tasa de mortalidad en Excel, pero podemos utilizar cualquier otro método y verá la facilidad y rapidez de estos métodos:

Para un mejor entendimiento, como trabajo encargado, se calculará la tasa de mortalidad global para ovinos del C.E. Chuquibambilla durante los 10 últimos años.

CAPÍTULO II

MEDIDAS DE ASOCIACIÓN

2.1 Conceptos básicos de Riesgo Relativo (RR)

El riesgo relativo (RR) es la relación que existe entre los animales enfermos expuestos al factor de riesgo y los animales enfermos no expuestos al factor de riesgo.

Para este cálculo los datos se obtienen cuando se está analizando hechos frecuentes, estudios prospectivos, estudios de Cohortes y en los ensayos clínicos y no de estudios de casos y controles. Es decir, el RR mide la probabilidad de que un evento (enfermedad) se produzca en individuos expuestos en comparación con la probabilidad del evento en individuos no expuestas, cuyo esquema es de la forma siguiente:

	Enfermedad		Σ
	Si enfermaron	No enfermaron	
Con el factor de riesgo	A	B	A + B
Sin el factor de riesgo	C	D	C + D
Σ	A + C	B + D	N

Donde:

A = Expuestos que enfermaron.

B = Expuestos que no enfermaron.

C = No expuestos que enfermaron.

D = No expuestos que no enfermaron.

A + B = Todos los expuestos.

C+D = Todos los no expuestos.

A+C = Todos los que enfermaron.

B+D = Todos los que no enfermaron.

A+B+C+D = Todos los estudiados.

Para describir el RR se usa la tasa de incidencia con el factor de riesgo $\left(\frac{A}{A+B}\right)$ y sin el factor de riesgo $\left(\frac{C}{C+D}\right)$ de donde resulta:

$$RR = \frac{\frac{A}{A+B}}{\frac{C}{C+D}}$$

Por tanto, para calcular RR hay que tener los valores de la incidencia de la enfermedad en los individuos expuestos y los no expuestos que se obtienen a partir de un estudio de cohortes.

Para la interpretación del RR hay que considerar tres factores:

1. Cuando el RR es $>$ que uno, indica que la posición del factor de riesgo en los individuos expuestos es mayor que el riesgo en los no expuestos.
2. Cuando el RR $<$ que uno indica que la posición del factor de riesgo tiene un efecto protector frente la enfermedad (vacunas).
3. Cuando RR “uno” indica que es indistinta para cada caso, por tanto, no existe evidencia de ningún riesgo en los individuos expuestos ni de ninguna asociación de la enfermedad con la exposición en cuestión (ausencia de asociación).

Problema 33 (RR)

33.1 Hallar el riesgo relativo (RR) de mastitis en vacas expuestas al factor de riesgo que es la retención de placenta con una duración de más de 6 días. Los resultados de la evaluación fueron:

		Enfermedad Mastitis					
		Si enfermaron (+)		No enfermaron (-)		Total	
Con el factor de riesgo	Retención de placenta por + 6 días	12	A	277	B	289	A + B
Sin el factor de riesgo	Sin retención de placenta	74	C	7406	D	7480	C + D
Total		86	A + C	7683	B + D	7769	N

$$R = \frac{\frac{A}{A+B}}{\frac{C}{C+D}} = \frac{\frac{12}{289}}{\frac{74}{7480}} = 4.2$$

Interpretación: Todas las vacas de ese rebaño que sufren retención placentaria por más de 6 días tienen 4.2 veces mayor de sufrir mastitis, comparada con vacas que no presentan retención placentaria.

33.2 Luego se debe estimar su intervalo de confianza (IC) utilizando la siguiente ecuación:

$$IC\ 95\% (RR) = \ln(RR) \pm Z \times EE$$

Donde:

$\ln$ = base del logaritmo natural del valor tenido en el paréntesis (RR).

Z = confianza: 1.96 como un 95% de confianza.

RR = riesgo relativo calculado.

EE = error estándar del logaritmo neperiano del RR.

Para utilizar esta ecuación es necesario estimar el EE del logaritmo neperiano del RR:

$$EE(RR) = \sqrt{\frac{1}{A} - \frac{1}{A+B} + \frac{1}{C} - \frac{1}{C+D}}$$

$$EE(RR) = \sqrt{\frac{1}{12} - \frac{1}{289} + \frac{1}{74} - \frac{1}{7480}}$$

$$EE(RR) = 0.3034$$

33.3 Habiendo obtenido el EE, es posible calcular su IC

$$IC\ 95\% (RR) = \ln (RR) \pm Z(EE)$$

$$IC\ 95\% (RR) = \ln (4.2) \pm 1.96 \times 0.3034$$

$$IC\ 95\% (RR) = 1.4351 \pm 1.96 \times 0.3034$$

$$IC\ 95\% (RR) = 1.4351 \pm 0.5947$$

$$IC\ 95\% (RR) = 0.8404 - 2.0298$$

Continuando, se obtiene el valor exponencial de los resultados calculados:

- Valor exponencial de $0.8404 = 2.3173$
- Valor exponencial de $2.0298 = 7.6126$

Por tanto, con un 95% de confianza, el RR se encuentra entre 2.0298 y 7.6126. Es decir, el riesgo de desarrollar mastitis en vacas expuestas a la retención de placenta por más de 6 días, tienen un riesgo mayor de desarrollar mastitis en comparación con las vacas que no sufren retención placentaria entre 2.0298 y 7.6126 veces mayor.

Problema 34 (RR)

- 34.1** Se hace el seguimiento para la determinación de tuberculosis de dos grupos de 500 terneras cada una, el primer grupo mantiene su vida productiva en confinamiento, mientras que el segundo en pastoreo. En este caso podría considerarse a los confinados como los expuestos al factor de riesgo. Los datos obtenidos fueron:

Frecuencia de tuberculosis en bovinos confinados y no confinados						
	Enfermos		Sanos		Total	
Expuestos (confinamiento)	5	A	495	B	500	A + B
No expuestos (pastoreo)	1	C	499	D	500	C + D
Total	6	A + C	994	B + D	1000	N

- 34.2** Se calcula el riesgo relativo (RR) para lo que se utiliza la fórmula siguiente:

$$RR = \frac{\frac{A}{A+B}}{\frac{C}{C+D}} = \frac{\frac{5}{500}}{\frac{1}{500}} = \frac{0.01}{0.002} = 5$$

Interpretación: Esto quiere decir que las terneras en confinamiento de ese rebaño tuvieron cinco veces más probabilidad de enfermarse con tuberculosis bovina que los de pastoreo.

- 34.3** Luego se calculará el intervalo de confianza (IC) utilizando la siguiente ecuación:

$$IC\ 95\% (RR) = \ln(RR) \pm Z \times EE$$

Donde:

$\ln$ = Base del logaritmo natural del valor tenido en el paréntesis (RR).

Z = Confianza 1.96 con un 95% de confianza.

RR = Riesgo relativo calculado.

EE = Error estándar de del logaritmo neperiano del RR.

Según la fórmula, debe calcularse el IC; Sin embargo, primero se debe hallar el EE para el RR:

$$EE(RR) = \sqrt{\frac{1}{A} - \frac{1}{A+B} + \frac{1}{C} - \frac{1}{C+D}}$$

$$EE(RR) = \sqrt{\frac{1}{5} - \frac{1}{500} + \frac{1}{1} - \frac{1}{500}} = \sqrt{1.196}$$

$$EE(RR) = 1.0936$$

Luego se obtiene el IC 95% (RR)

$$IC\ 95\% (RR) = \ln(RR) \pm Z(EE)$$

$$IC\ 95\% (RR) = \ln(5) \pm 1.96 \times 1.0936(EE)$$

$$IC\ 95\% (RR) = 1.6094 \pm 2.1435$$

$$IC\ 95\% (RR) = -0.5341 - 3.7529$$

Finalmente se calculará el valor exponencial de estos resultados:

- Valor exponencial de $-0.5341 = 0.5862$
- Valor exponencial de $3.7529 = 42.6446$

Interpretación: Con 95% de confianza el RR se encuentra entre 0.5862 y 42.6445. En este caso, entre dichos intervalos está el 1, por tanto, es posible decir que no es significativo o la estimación calculada no es completamente precisa, en todo caso se comprobará con la prueba de chi-cuadrada:

$$X_c^2 = \frac{[(A \times D) - (B \times C) - N/2]^2 [N]}{(A+B)(C+D)(A+C)(B+D)}$$

$$X_c^2 = \frac{[(5 \times 499) - (495 \times 1) - 1000/2]^2 [1000]}{(5+495)(1+499)(5+1)(495+499)}$$

$$X_c^2 = \frac{[(2495) - (495) - 500]^2 [1000]}{(500)(500)(6)(994)} = \frac{2250000000}{1491000000}$$

$$X_c^2 = 1.51$$

$$X_t^2 \alpha 0.05, 1gl = 3.841 \text{ (ver tabla).}$$

Como X_c^2 es $<$ que X_t^2 ($1.51 < 3.841$) se concluye que no hay diferencia significativa a una probabilidad del 95%, es decir, que el confinamiento y el pastoreo son independientes y las variaciones del confinamiento no determinan las variaciones de la ocurrencia de la tuberculosis como factor de riesgo.

Problema 35 (RR)

35.1 En un hato de 186 vacunos se trató 77 animales con una droga de aplicación cutánea para el control de moscas y el resto de los vacunos 109 sirvió de control, pero se presentó dermatitis en 60 de los animales pertenecientes ambos grupos, de los cuales el 55% correspondió al grupo de animales tratados con la droga “X” y la diferencia al grupo control.

Con estos datos, diseñe una tabla de contingencia 2×2 , calcule el riesgo relativo (RR), su intervalo de confianza (IC) y nivel de significancia (α 0.05).

Para diseñar la tabla de 2×2 se conoce: $N = 186$, total de animales tratado = 77, total de no tratados = 109, total de animales con dermatitis = 60, número de animales con dermatitis, pero tratados con la droga “X” = 55% de 60 = 33, el resto se puede calcular por simple diferencia.

	Dermatitis		Total
	Enfermos (+)	No enfermos (-)	
Tratados con droga “X”	33 A	44 B	77 A + B
No tratados (control)	27 C	82 D	109 C + D
TOTAL	60 A + C	126 B + D	186 N

35.2 Luego se obtiene el RR, utilizando la siguiente fórmula:

$$RR = \frac{\frac{A}{A+B}}{\frac{C}{C+D}} = \frac{\frac{33}{77}}{\frac{27}{109}} = 1.73$$

Rpta. Todos los vacunos tratados con la droga “X” de ese hato, tienen 1.73 veces mayor de sufrir dermatitis frente al grupo sin tratamiento.

35.4 Enseguida se debe estimar su IC utilizando la siguiente ecuación:

$$IC\ 95\% (RR) = \ln(RR) \pm Z \times EE$$

Donde:

$\ln$ = Base del logaritmo natural del valor obtenido en el paréntesis (RR).

Z = Confianza 1.96 como un 95% de confianza.

RR = Riesgo relativo calculado.

EE = Error estándar del logaritmo neperiano del RR.

Para utilizar esta ecuación es necesario calcular el EE de logaritmo neperiano del RR

$$EE(RR) = \sqrt{\frac{1}{A} - \frac{1}{A+B} + \frac{1}{C} - \frac{1}{C+D}}$$

$$EE(RR) = \sqrt{\frac{1}{33} - \frac{1}{77} + \frac{1}{27} - \frac{1}{109}}$$

$$EE(RR) = 0.2126$$

Este resultado permite utilizar la ecuación para el cálculo del IC.

$$IC\ 95\% (RR) = \ln (RR) \pm Z(EE)$$

$$IC\ 95\% (RR) = \ln (1.73) \pm 1.96 \times 0.2126$$

$$IC\ 95\% (RR) = 0.5481 \pm 1.96 \times 0.2126$$

$$IC\ 95\% (RR) = 0.5481 \pm 0.4167$$

$$IC\ 95\% (RR) = 0.1314 - 0.9648$$

Luego se calcula el valor exponencial de los resultados del IC 95% (RR) calculados:

- Valor exponencial de 0.1314 = 1.1404
- Valor exponencial de 0.9648 = 2.6243

Por tanto, con 95% de confianza el RR se encuentra entre 1.1404 y 2.6243. O sea, el riesgo de sufrir dermatitis en vacas tratadas con la droga “X” está entre 1.1404 y 2.6243 veces mayor frente al grupo sin tratamiento entre la población de vacunos donde se extrajo la muestra para el estudio.

35.5 Sólo para comprobar los resultados obtenidos se realiza el cálculo del nivel de significancia, utilizando la prueba de chi-cuadrada X_c^2 en tablas de 2×2 .

$$X_c^2 = \frac{[(A \times D) - (B \times C) - N/2]^2 [N]}{(A+B)(C+D)(A+C)(B+D)}$$

$$X_c^2 = \frac{[(33 \times 82) - (44 \times 27) - 186/2]^2 [186]}{(77)(109)(60)(126)} = 5.9526$$

Interpretación:

$X^2_{\alpha} 0.05, 1gl = 3.841$ (Ver tabla de distribución de Chi-cuadrado)

$$X^2_c = 5.9526$$

Como X^2_c es $> X^2_{\alpha}$, es decir, $5.9526 > 3.841$, se concluye que, hay diferencias significativas a una probabilidad del 95%. Es decir, que las vacas tratadas con la droga “x” son dependientes y las variaciones del tratamiento determinan variaciones de la ocurrencia de la dermatitis como factor de riesgo.

Problema 36 (RR)

36.1 Al evaluar un informe sobre brote de Enterotoxemia, en relación con el color de la piel, usted encuentra un riesgo relativo (RR) de 0.025, sin embargo, los informes señalan que el mayor porcentaje de crías muertas son de pigmentación clara frente a los de pigmentación oscura.

¿Cómo fue diseñada la tabla de contingencia 2×2 para la obtención de datos y el análisis correspondiente?

	Enterotoxemia		Total
	Enfermos (+)	No enfermos (-)	
Pigmentación clara	A	B	A + B
Pigmentación oscura	C	D	C + D
TOTAL	A + C	B + D	N

36.2 ¿Cuál es su interpretación?

Existen varias formas de interpretar cuando el RR es menor a uno:

- Como el RR es 0.025, valor que es menor a 1, se puede afirmar que existe una asociación negativa entre la presentación de la enterotoxemia y el color de la piel, es decir, el color de la piel oscura actúa como un factor protector, reduciendo la probabilidad de que las crías desarrollen esta enfermedad.
- Una cría de mucosas con pigmentación oscura tiene un riesgo individual de padecer enterotoxemia en un 0.025 veces que el de otra cría con pigmentación clara.
- Una cría de pigmentación clara tiene $(1 - 0.025 \times 100)$ 97.50% mayor probabilidad individual de padecer enterotoxemia frente a otra de pigmentación oscura.

2.2 Conceptos básicos de Odds Ratio (OR)

Esta medida de asociación se utiliza en estudios de casos y controles, cuando el suceso es raro, cuando la prevalencia es menor al 5% y en estudios transversales, donde no se sabe la incidencia de la población expuesta ni la incidencia en la no expuesta. Se comienza con individuos enfermos (casos) e individuos no enfermos (controles), por tanto, es un estudio de casos y controles. Además, no se puede calcular el riesgo relativo directamente, entonces se puede obtener otra medida de asociación conocido como “el cociente o razón de posibilidades u Odds Ratio” utilizando una tabla de contingencia 2×2 , su diseño sería.

	Casos y controles		Total
	Casos con enfermedad (+)	Controles sin enfermedad (-)	
Antecedentes de exposición	A	B	A + B
Sin antecedentes de exposición	C	D	C + D
TOTAL	A + C	B + D	N

Para el cálculo del OR sería utilizando la siguiente fórmula:

$$OR = \frac{\text{Posibilidad de que un caso de exposición de casos}}{\text{Posibilidad en controles}} = \frac{\frac{\text{Casos expuestos}}{\text{Casos no expuestos}}}{\frac{\text{Controles expuestos}}{\text{Controles no expuestos}}} = \frac{\frac{a}{c}}{\frac{b}{d}} = \frac{A \times D}{B \times C}$$

Además, se debe tener en cuenta que para una mejor interpretación del OR, éste puede ser traducido a probabilidades, mediante la siguiente fórmula:

$$Probabilidad = \frac{OR}{OR + 1}$$

Por ejemplo, si el OR es 0.4, se interpreta como: Es 0.4 veces más probable que un evento esté asociado a la presencia de un factor. Esta interpretación se puede traducir a una probabilidad, para el que utilizando la fórmula de probabilidades se obtendría 0.2857, lo que es igual a 28.57%. En este caso, la interpretación sería: Existe un 28.57% de probabilidad de que un evento esté asociado a la presencia de un factor.

En cuanto a los resultados del intervalo de confianza permiten establecer si una asociación es estadísticamente significativa. Cuando el resultado incluye el 1 podemos decir que la asociación encontrada no es estadísticamente significativa y si no incluye al 1 la asociación es estadísticamente significativa.

En la siguiente tabla se muestran los rangos de los intervalos de confianza y su tipo de asociación:

	Intervalo de confianza		Tipo de asociación
	Inferior	Superior	
Igual a 1			No hay asociación
Mayor que 1	> 1	> 1	Significa factor de riesgo
Menor que 1	< 1	< 1	Significa factor de protección
Mayor que 1	< 1	> 1	No significativa
Menor que 1	< 1	> 1	No significativa

Problema 37 (OR)

37.1 En un estudio de casos y controles se requiere comprobar que el sistema de crianza en vacas es un factor de riesgo para tuberculosis, para ello se realizó un diagnóstico en el matadero, donde se evaluó y categorizó dos grupos de vacas según resultados con o sin tuberculosis. A partir del diagnóstico post-mortem se trató de averiguar si estaban o no estabulados.

Después de evaluar 5,000 animales durante cierto tiempo aparecen los siguientes resultados:

	Tuberculosis				Total
	(+)		(-)		
Estabulados	32	A	618	B	650
No estabulados	5	C	4,345	D	4,350
Total	37	A + C	4,963	B + D	5,000

37.2 En este caso, como se inició con grupos definidos en número, condiciones de exposición y no se sabe cuál fue el total de expuestos y no expuestos (tampoco de enfermos y no enfermos), la fuerza de asociación se calcula a través del cociente o razón de posibilidades conocido también como: razón de momios, razón de productos cruzados, razón de probabilidades o simplemente como Odds Ratio (OR).

Para comprobar que el sistema de crianza en vacas es un factor de riesgo para tuberculosis, se utilizará la razón de Odds Ratio (OR):

$$OR = \frac{A \times D}{B \times C} = \frac{32 \times 4,345}{618 \times 5} = 44.9968$$

Interpretación: Esto quiere decir que las vacas con tuberculosis pulmonar tienen 44.997 veces más probabilidad de haber estado expuesto a la estabulación que las que no están enfermas.

Nota: En el RR se habla de individuos expuestos al factor de riesgo, es decir de incidencia (estudios prospectivos). En cambio, en el OR se habla de individuos que ya están enfermos (estudios retrospectivos o cuando la enfermedad ya ocurrió).

37.3 Luego se obtendrá el intervalo de confianza (IC) el que se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$IC\ 95\% (RR) = \ln(OR) \pm Z \times EE$$

Donde:

Ln : Base del logaritmo natural.

Z : Confianza 1.96 como un 95% de confianza.

OR : Odds Ratio o Razón momios.

EE : Error estándar del logaritmo neperiano del OR.

Para utilizar esta ecuación es necesario estimar el EE del logaritmo neperiano del OR:

$$EE(OR) = \sqrt{\frac{1}{A} + \frac{1}{B} + \frac{1}{C} + \frac{1}{D}}$$

$$EE(OR) = \sqrt{\frac{1}{32} + \frac{1}{618} + \frac{1}{5} + \frac{1}{4,345}} = \sqrt{0.23517227}$$

$$EE(OR) = 0.485$$

37.4 Ahora recién se puede utilizar la ecuación que nos permitirá calcular su IC.

$$IC\ 95\% (OR) = \ln (OR) \pm Z \times EE$$

$$IC\ 95\% (OR) = \ln (44.9968) \pm 1.96 \times 0.485$$

$$IC\ 95\% (OR) = 3.8066 \pm 0.9506$$

$$IC\ 95\% (OR) = 2.856 - 4.7572$$

Luego se obtiene el valor exponencial de los resultados calculados:

- Valor exponencial de 2.856 = 17.3918
- Valor exponencial de 4.7529 = 115.92

Interpretación: Es posible decir, con un 95% de confianza, que la razón de OR se encuentra entre 17.3918 y 116.4195, lo cual es significativo ya que no contempla a la unidad dentro del rango.

37.5 Como en los casos anteriores, además de la fuerza de asociación, se necesita evaluar la significancia estadística, ésta puede realizarse mediante diferentes pruebas estadísticas, sin embargo, para datos categóricos, es común el empleo de la prueba de Chi-cuadrado para determinar si son o no homogéneas. Para esta prueba estadística, se deben plantear la siguiente hipótesis:

- Hipótesis nula (Ho): son homogéneas las proporciones entre las diferentes categorías.
- Hipótesis alterna (Ha): no son homogéneas las proporciones entre las diferentes categorías.

Para calcular el estadístico Chi-cuadrado (X^2), se utiliza la siguiente ecuación:

$$X^2 = \sum \frac{(Q_i - E_i)^2}{E_i}$$

Donde:

Q_i : Valores observados.

E_i : Valores esperados.

Al realizar un conteo de frecuencias, entre dos características, es posible llenar una tabla de 2×2 en cada casillero los valores observados.

	Tuberculosis				Total	
	+		-			
Estabulados	32	A	618	B	650	A + B
No estabulados	5	C	4345	D	4350	C + D
TOTAL	37	A + C	4963	B + D	5000	N

Luego, se debe calcular los valores esperados de cada casilla, este valor se obtiene asumiendo que pasaría si la proporción del evento fuera similar en cada una de las categorías a evaluar, para conseguirlo simplemente se multiplica el total de la columna por el total del reglón donde está el valor observado y se divide por el gran total, así:

$$\text{Casilla A} = (37 \times 650)/5000 = 4.81$$

$$\text{Casilla B} = (4963 \times 650)/5000 = 645.19$$

$$\text{Casilla C} = (37 \times 4350)/5000 = 32.19$$

$$\text{Casilla D} = (4963 \times 4350)/5000 = 4317.81$$

Entonces el cuadrado de los valores esperados será igual a:

	Tuberculosis				Total	
	+		-			
Estabulados	4.81	A	645.19	B	650	A + B
No estabulados	32.19	C	4317.81	D	4350	C + D
TOTAL	37	A + C	4963	B + D	5000	N

37.6 Como podrá notarse, los marginales no cambian, en este cuadro la proporción de enfermos es igual para los estabulados y los no estabulados, es decir, se termina de construir un cuadro hipotético donde la proporción de la enfermedad es igual para ambos grupos, de tal manera que se pueden comparar el cuadro real con éste, mediante la ecuación antes descrita en los casos anteriores, además de la fuerza de asociación, se necesita evaluar la

significancia estadística, ésta puede realizarse mediante diferentes pruebas estadísticas, sin embargo, para datos categóricos, es común el empleo de la prueba de Chi-cuadrado para determinar si son o no homogéneas. Para esta prueba estadística, se deben plantear la siguiente hipótesis:

$$X_c^2 = \sum \frac{(Q_i - E_i)^2}{E_i}$$

Reemplazando valores se tendría:

$$X_c^2 = \frac{(32 - 4.81)^2}{4.81} + \frac{(618 - 645.19)^2}{645.19} + \frac{(5 - 32.19)^2}{32.19} + \frac{(4345 - 4317.81)^2}{4317.81} = 117.98$$

Este valor calculado se debe comparar con tablas para una distribución de Chi-cuadrado, en donde muestra regla de decisión será:

- Si chi-cuadrado calculada es mayor que ji-cuadrado de tablas, entonces se rechaza la H_0 y se acepta la H_a .
- Si chi-cuadrado calculada es menor a ji-cuadrado de tablas, entonces aceptamos la H_0 y se rechaza la H_a .

El valor de la tabla de chi-cuadrado (tabulada) se busca considerando los grados de libertad el cuadrado y esto se calcula de la siguiente manera:

$$gl = \text{Renglon} - 1 \times \text{columna} - 1$$

$$gl = 2 - 1 \times 2 - 1$$

$$gl = 1 \times 1 = 1$$

Con una tabla de 2×2 contiene 1 grado de libertad, al buscar en la tabla los percentiles de la distribución de chi-cuadrada, se tiene con 95% de confianza es igual a 3.841

$$X_c^2 \alpha 0.05, 1gl = 3.841$$

$$X_c^2 = 117.98$$

Entonces, X_c^2 (117.98) es mayor que X_t^2 (3.841). Por tanto, se concluye que hubo diferencias significativas en la proporción de la tuberculosis con respecto a la exposición del factor riesgo, que en nuestro caso fue la estabulación de los vacunos.

Nota: Un requisito importante es que ninguno de los valores esperados debe ser menor de 5, si eso sucede se deberá utilizar la prueba exacta de Fisher (Jaramillo & Martínez, 2010)².

² Jaramillo, C., & Martínez, J. (2010). *Epidemiología veterinaria*. Editorial Manual Moderno.

Problema 38 (OR)

38.1 Un estudio destinado a valorar el nivel de protección conferido por una vacuna Anti-enterotoxemia en crías de alpacas, utilizando un diseño de estudio de casos y controles. Para ello se han identificado 192 crías con antecedentes de haber sufrido enterotoxemia y 192 sin antecedentes de esta enfermedad. Para ello, se han indagado por el antecedente de vacunación previa, obteniendo los siguientes resultados:

	Enterotoxemia				Total	
	Si enfermaron		No enfermaron			
Vacunados	136	A	184	B	320	A + B
No vacunados	56	C	8	D	64	C + D
TOTAL	192	A + C	192	B + D	384	N

Para comprobar que el sistema de manejo preventivo, con el uso de vacunas en un factor de riesgo para la enterotoxemia, se utilizará la razón de Odds Ratio (OR):

$$OR = \frac{A \times D}{B \times C} = \frac{136 \times 8}{184 \times 56} = \frac{1088}{10304} = 0.11$$

Interpretación:

- Si una cría de alpaca es vacunada, tienen un riesgo individual de padecer enterotoxemia en 0.11 veces que el de una cría no vacunada.
- Una cría de alpaca no vacunada tiene 89% (1-0.11) mayor probabilidad individual de padecer enterotoxemia.

38.2 Luego se calculará el intervalo de confianza al 95% (IC 95%) el que se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$IC\ 95\% (OR) = \ln(OR) \pm Z \times EE$$

Donde:

Ln : Base del logaritmo natural.

Z : Confianza 1.96 como un 95% de confianza.

OR : Odds Ratio o razón momios.

EE : Error estándar del logaritmo neperiano del OR.

38.3 Como se verá, para utilizar esta ecuación es necesario estimar el EE del logaritmo neperiano del OR:

$$EE(OR) = \sqrt{\frac{1}{A} + \frac{1}{B} + \frac{1}{C} + \frac{1}{D}}$$

$$EE(OR) = \sqrt{\frac{1}{136} + \frac{1}{184} + \frac{1}{56} + \frac{1}{8}}$$

$$EE(OR) = 0.3945$$

Posterior a ello se podrá utilizar la información obtenida para hallar el IC.

$$IC\ 95\% (OR) = \ln (OR) \pm Z \times EE$$

$$IC\ 95\% (OR) = \ln (0.11) \pm 1.96 \times 0.3945$$

$$IC\ 95\% (OR) = -2.2073 \pm 1.96 \times 0.3945$$

$$IC\ 95\% (OR) = -2.2073 \pm 0.7734$$

$$IC\ 95\% (OR) = -2.9807 - (-1.4339)$$

38.4 A continuación, se determinará el valor experimental de los resultados calculados:

- Valor exponencial de $-2.9807 = 0.0508$
- Valor exponencial de $-1.4339 = 0.2384$

Interpretación: Existe una alta probabilidad, con un 95% de confianza que la razón del OR se encuentra entre 0.0508 y 0.2384 lo cual es significativo de protección, es decir, que la vacuna Anti-enterotoxemia utilizada en crías de alpacas constituye un factor de protección contra esta enfermedad entre 76.16% y 94.92%.

2.3 Conceptos básicos de Riesgo Atribuible (RA)

El riesgo atribuible es un indicador que permite determinar cuál es la tasa atribuible al factor de riesgo, a diferencia del riesgo relativo, esta es una proporción, por tanto, puede expresarse como una tasa ya que simplemente es una diferencia de tasas.

Cuando se analiza al menos dos grupos de individuos dependiendo si estuvieron o no expuestos a un factor de riesgo, se esperaría que solo en el grupo de los expuestos hubiera enfermos, no obstante, es frecuente encontrar enfermos en los no expuestos. Si el factor de riesgo está asociado a la enfermedad, entonces habría mayor proporción de enfermos entre los expuestos, sin embargo, el hecho de que también existan enfermos entre los no expuestos implica:

- No se clasificó de manera adecuada cada grupo según su exposición, por lo que, pudiera haber expuestos en los dos grupos y en consecuencia enfermos en ambos.
- La existencia de otros factores de riesgo además del que se está evaluando, se encuentra asociado a la enfermedad y muestran su efecto, esos otros factores de riesgo no son controlados, y por tanto, es posible esperar que también estén presentes en el grupo expuesto (Jaramillo & Martínez, 2010).

El riesgo atribuible se mide utilizando una tabla de contingencia 2×2 y su diseño sería:

Posibles relaciones entre las variables enfermedad y exposición a un factor de riesgo.

	Enfermedad		Total
	Enfermos	No enfermos	
Expuestos al FR	A	B	A + B
No expuestos al FR	C	D	C + D
Total	A + C	B + D	N

Con base al anterior, el cálculo del RA sería:

$$RA = \frac{A}{A + B} - \frac{C}{C + D}$$

Es decir, podemos calcular restando la incidencia entre los expuestos y no expuestos:

$$RA = (\text{incidencia de expuestos}) - (\text{incidencia de los no expuestos})$$

Problema 39 (RAP)

En un estudio donde se valora la presencia de anticuerpos anti-neospora entre perros de ciudad y perros que vivían en granjas considerando a los segundos como “Expuestos”, se obtuvieron los siguientes resultados:

	Serología				Total	
	Positivos		Negativos			
Granja	14	A	13	B	27	A + B
Ciudad	6	C	24	D	30	C + D
TOTAL	20	A + C	37	B + D	57	N

$$RA = \frac{A}{A + B} - \frac{C}{C + D} = \frac{14}{27} - \frac{6}{30} = 0.3185 \times 100 = 31.85\%$$

Interpretación:

- La tasa de incidencia disminuirá de 52 a 32 casos por cada 100 expuestos si se elimina el factor de riesgo ($52 = 14 / 27 \times 100$ y $32 = RA \times 100$).
- 32 casos por cada 100 expuestos son atribuidos al factor de riesgo (Jaramillo & Martínez, 2010).

Sin embargo, el RA puede ser expresado en forma porcentual, al que se le denomina como “riesgo atribuible porcentual” (RA%) el que nos permitirá efectuar medidas de prevención.

Así, esta medida tiene gran importancia para las autoridades de salud pública, pues mide el beneficio potencial que cabe esperar si se pudiera disminuir la exposición al factor de riesgo a la población. Su cálculo se obtiene mediante la siguiente ecuación.

$$RA\% = \frac{\frac{A}{A + B} - \frac{C}{C + D}}{\frac{A}{A + B}} \times 100$$

Considerando el mismo ejemplo tendríamos:

$$RA\% = \frac{\frac{14}{27} - \frac{6}{30}}{\frac{14}{27}} = \frac{0.5185 - 0.2}{0.5185} = 0.6143 \times 100 = 61.43\%$$

$$RA\% = 61.43\%$$

Interpretación:

- El 61.43% de los casos entre los expuestos son atribuidos al factor de riesgo.
- Si se elimina el factor de riesgo, la enfermedad disminuirá en un 61.43% en ese grupo.

Problema 40 (RAP)

En un Centro de crianza de vacunos se ha estudiado el efecto de la administración de calostro, administrando por 6 horas después del parto y otro grupo administrado dentro de las primeras 6 horas posparto.

El estudio se limitó a medir la mortalidad de los terneros en las primeras 4 semanas de vida. Calcule el RA% tomando en consideración los siguientes resultados:

	Muerte				Total	
	Si mueren		No mueren			
Calostro después de 6 horas posparto	25	A	625	B	650	A + B
Calostro dentro de las primeras 6 horas postparto	8	C	642	D	650	C + D
Total	33	A + C	1267	B + D	1300	N

40.1 Calcule el Riesgo Atribuible proporcional y haga su interpretación respectiva.

$$RA\% = \frac{\frac{A}{A+B} - \frac{C}{C+D}}{\frac{A}{A+B}} \times 100 = \frac{\frac{25}{650} - \frac{8}{650}}{\frac{25}{650}} = 0.6805 \times 100 = 68.05\%$$

$$RA\% = 68.05$$

Interpretación:

- En la población de vacunos del centro de crianza (x), 68 casos son atribuibles al factor de riesgo.
- Si en la población se eliminará el factor de riesgo (calostro después de 6 horas postparto) se disminuirá la incidencia en 68 casos por cada 100 terneros.
- Si se practicara la administración del calostro a todos los terneros dentro de las primeras 6 horas postparto y no a las seis horas postparto, la mortalidad en los terneros se reducirá en 68%.

Problema 41 (RAP)

40.2 El riesgo proporcional atribuible (RPA) o también denominado proporción atribuible (PA), es una proporción real de las tasas de mortalidad o morbilidad en el grupo con el factor de riesgo y está definido como:

$$PA = \frac{(OR - 1)(Total\ de\ casos\ expuestos)}{OR} \times 100$$

$$PA = \frac{(OR - 1) \left(\frac{A + B}{N} \right)}{OR} \times 100$$

40.3 Tomando como ejemplo el ejercicio del problema 40 (RA): Que dice, en un centro de crianza de vacunos se ha estudiado el efecto de la administración de catastro, administrando 6 horas después del parto y otro grupo ministrado dentro de las primeras 6 horas posparto. El estudio se limitó a medir la mortalidad de los terneros en las primeras 4 semanas de vida. Calcular el RPA o PA con la información siguiente:

	Muerte					
	Si mueren		No mueren		Total	
Calostro después de 6 horas posparto	25	A	625	B	650	A + B
Calostro dentro de las primeras 6 horas postparto	8	C	642	D	650	C + D
Total	33	A + C	1267	B + D	1300	N

$$PA = \frac{(OR - 1) \left(\frac{A + B}{N} \right)}{OR} \times 100$$

$$PA = \frac{(3.21) \left(\frac{650}{1300} \right)}{3.21} = \frac{1.105}{3.21} = 0.3442 \times 100 = 34.42\%$$

$$PA = 34.42\%$$

Interpretación:

- En la población de terneros de un centro de crianza, si se elimina el factor de riesgo (calostro después de 6 horas posparto), se tendrá una disminución del 34.42% de la incidencia de la enfermedad en la población.
- El 34.42% de los terneros administrados calostro después de 6 horas posparto, murieron porque realmente fueron a consecuencia de la administración de calostro después de 6 horas posparto, el resto fueron a consecuencia de otros factores no controlados en esta evaluación.

Problema 42 (RAP)

El riesgo atribuible poblacional (RAP), es similar al riesgo atribuible, sólo que determina la tasa de incidencia atribuible a la enfermedad en la población, esta tasa se encontrará directamente relacionada con la proporción de expuestos en la población. Este cálculo, debe realizarse considerando la proporción de individuos que en realidad están expuestos en la población.

El cálculo del riesgo atribuible poblacional se obtiene de la siguiente manera:

$$RAP = (Incendencia de la población) - (Incendencia de los no expuestos)$$

$$RAP = \left(\frac{A + C}{N} \right) - \left(\frac{C}{C + D} \right)$$

	Muerte				Total	
	Si mueren		No mueren			
Calostro después de 6 horas posparto	25	A	625	B	650	A + B
Calostro dentro de las primeras 6 horas postparto	8	C	642	D	650	C + D
Total	33	A + C	1267	B + D	1300	N

$$RAP = \left(\frac{33}{1300} \right) - \left(\frac{8}{650} \right) = 0.0131 \times 100 = 1.31\%$$

$$RAP = 1.31 \times \text{cada } 100$$

Interpretación:

- En la población de 1300 terneros, 1 de cada 100 casos es atribuidos al factor de riesgo (calostro después de las 6 horas posparto)
- Si en la población se elimina el factor de riesgo, disminuirá la incidencia un caso por cada 100 terneros.
- Si se erradica la administración de calostro después de 6 horas posparto en la población general, evitaríamos por término medio la muerte de 1 ternero por cada 100 de ellos.

Este indicador es utilizado para determinar aspectos de salud, cuantificar que tanto impacto tendrá en la población la aplicación de medidas que disminuyan el factor de riesgo y en consecuencia su impacto en la población.

CAPÍTULO III

EVALUACIÓN Y VALIDACIÓN DE UNA PRUEBA DIAGNÓSTICA

3.1 Validación de una prueba diagnóstica: Sensibilidad

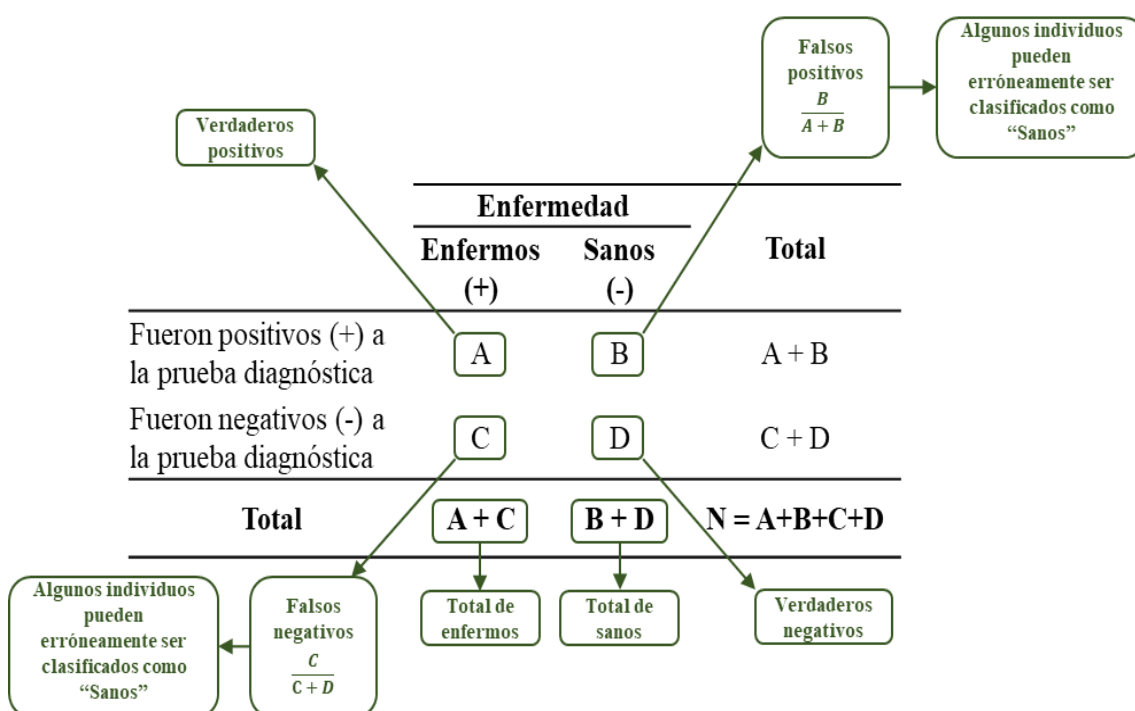
La validación de una prueba diagnóstica (VPD), está definida como la habilidad de la prueba para distinguir entre los que tienen la enfermedad y los que no tienen. De ahí, que es imprescindible conocer la bondad de las técnicas diagnósticas, es decir, la severa eficacia para identificar y distinguir correctamente entre los animales enfermos y sanos.

La validación tiene dos componentes:

1. La sensibilidad.
2. La especificidad.

La sensibilidad (S), es la probabilidad de que una prueba identifique correctamente aquellos individuos que tienen la enfermedad. Para medir la sensibilidad se utiliza la siguiente fórmula:

$$S = \frac{\text{Número de animales con la enfermedad y positivos a la prueba}}{\text{Número total de animales con la enfermedad}} = \frac{A}{A + C} \times 100$$



- Para la mayoría de los test, la sensibilidad y la especificidad tienen una relación inversa, esto quiere decir que, si el valor crítico se ajusta para aumentar la sensibilidad, la especificidad se reduce.
- Otra característica observable es que la sensibilidad y la especificidad serán inferiores a 100%, de modo que siempre habrá resultados falsos positivos y falsos negativos, pero en pequeño número.

3.2 Validación de una prueba diagnóstica: Especificidad

La especificidad (E), está definida con la probabilidad de que una prueba identifique correctamente aquellos individuos que No tienen la enfermedad.

Para medir la especificidad (E) se utiliza la siguiente fórmula:

$$E = \frac{\text{Número de animales sin la enfermedad y negativos a la prueba}}{\text{Total de animales sin la enfermedad}} = \frac{D}{B + D} \times 100$$

En una tabla contingencia sería:

	Enfermedad		
	Enfermos (+)	Sanos (-)	Total
Fueron positivos (+) a la prueba diagnóstica	A	B	A + B
Fueron negativos (-) a la prueba diagnóstica	C	D	C + D
Total	A + C	B + D	N = A+B+C+D

- Para la mayoría de los test, la sensibilidad y la especificidad tienen una relación inversa, esto quiere decir que, si el valor crítico se ajusta para aumentar la sensibilidad, la especificidad se reduce.
- Otra característica observable es que la sensibilidad y la especificidad serán inferiores a 100%, de modo que siempre habrá resultados falsos positivos y falsos negativos, pero en pequeño número.

3.3 Validación de una prueba diagnóstica: Falsos positivos

Falsos positivos F (+), es una consecuencia de un diagnóstico erróneo, es decir, que F (+) es el resultado de una prueba que indica que un individuo tiene cierta enfermedad o afección cuando en realidad No la tiene.

Las posibles causas de un F (+) pueden ser:

1. Resultados no específicos.
2. Por reacciones cruzadas.
3. Por problemas en la recolección y procesamiento de muestras.
4. Por confusión en la identificación e informe de muestras.

Para su cálculo en una tabla de contingencia 2×2 es:

	Enfermedad		Total
	Enfermos (+)	Sanos (-)	
Test positivos (+)	A	B Falso (+)	A + B
Test negativos (-)	C	D	C + D
Total	A + C	B + D	N = A+B+C+D

$$F (+) = \frac{B}{A + B} \times 100$$

Todo animal como positivo detectado por la prueba, tendrá que ser sometido a pruebas más rigurosas o muy sofisticadas, por tanto, más caras. Si se tratase dentro de un programa de control y/o erradicación, tendría que ser tratados de igual forma que los animales verdaderos positivos, con el consiguiente perjuicio de los propietarios y en desmedro del mismo programa de control. Así, si una prueba tiene 55% de F (+) significa que esta prueba no sería la más adecuada para identificar animales enfermos ni sanos.

Falsos negativos F (-), es una consecuencia de un diagnóstico erróneo, es decir, es el resultado de una prueba que indica que un individuo No tiene la enfermedad o afección, cuando en realidad la tiene.

Las posibles causas de este F (-) son las mismas señaladas para los F (+).

Para su cálculo en una tabla de contingencia 2×2 es:

	Enfermedad		Total
	Enfermos (+)	Sanos (-)	
Test positivos (+)	A	B	A + B
Test negativos (-)	C	D	C + D
	Falso (-)		
Total	A + C	B + D	N = A+B+C+D

$$F(-) = \frac{C}{C + D} \times 100$$

Si un animal tiene la enfermedad, pero es erróneamente dado como resultado negativo y si esta enfermedad fuera infectocontagiosa o de notificación inmediata dentro del marco de algún programa de control para una efectiva intervención, entonces el problema es aún más serio.

Por tanto, la importancia de los F (-) depende de la naturaleza y severidad de la enfermedad y de las medidas de intervención que se manejen respecto a esta enfermedad.

3.4 Validación de una prueba diagnóstica: Falsos negativos

Falsos negativos F (-), es una consecuencia de un diagnóstico erróneo, es decir, es el resultado de una prueba que indica que un individuo No tiene la enfermedad o afección, cuando en realidad la tiene.

Las posibles causas de este F (-) son las mismas señaladas para los F (+).

Para su cálculo en una tabla de contingencia 2×2 es:

	Enfermedad		Total
	Enfermos (+)	Sanos (-)	
Test positivos (+)	A	B	A + B
Test negativos (-)	C	D	C + D
	Falso (-)		
Total	A + C	B + D	N = A+B+C+D

$$F(-) = \frac{C}{C + D} \times 100$$

Si un animal tiene la enfermedad, pero es erróneamente dado como resultado negativo y si esta enfermedad fuera infectocontagiosa o de notificación inmediata dentro del marco de algún programa de control para una efectiva intervención, entonces el problema es aún más serio.

Por tanto, la importancia de los F (-) depende de la naturaleza y severidad de la enfermedad y de las medidas de intervención que se manejen respecto a esta enfermedad.

Problema 43 (VPD)

Los resultados de una prueba diagnóstica, para distinguir los animales enfermos de los sanos, se muestran en la tabla de contingencia 2×2 , cuyos resultados fueron:

	Enfermedad		Total
	Enfermos (+)	Sanos (-)	
Animales detectados como (+) a la prueba	3 A	3 B	6 A + B
Animales detectados como (-) a la prueba	4 C	15 D	19 C + D
Total	7 A + C	18 B + D	N = 25

Calcule la sensibilidad de la prueba diagnóstica.

$$S = \frac{\text{Número de animales con enfermedad y positivos (+) a la prueba}}{\text{Total de animales con la enfermedad}} \times 100$$

$$S = \frac{A}{A + C} \times 100$$

$$S = \frac{3}{7} \times 100 = 42.86\%$$

$$S = 42.86\%$$

Interpretación:

- La probabilidad de que esa prueba identifique correctamente aquellos animales que tienen la enfermedad es sólo del 42.86%.
- La probabilidad de que un animal enfermo sea clasificado como enfermo con esa prueba de selección es sólo del 42.86%.

Problema 44 (VPD)

Asumiendo que se tiene una población hipotética de 1000 animales, de los cuales 100 de ellos tienen cierta enfermedad y 900 no la tienen (sanos). Existe una prueba disponible en el mercado que puede dar resultados positivos y negativos. Nosotros queremos usar esta prueba para tratar de separar los animales que tienen la enfermedad de aquellos que no la tienen.

Los resultados obtenidos con esta prueba en la población se muestran en la siguiente tabla.

Con esta información, diga usted, si la prueba es adecuada o no para separar los enfermos de los sanos; para el que deberá calcular la sensibilidad (S), especificidad (E), falsos positivos F (+), falsos negativos F (-) y la prevalencia general (P).

	Enfermedad		Total
	Enfermos (+)	Sanos (-)	
Test (+) a la prueba	80 A	100 B	180 A + B
Test (-) a la prueba	20 C	800 D	820 C + D
Total	100 A + C	900 B + D	N = 1000

$$S = \frac{A}{A + C} \times 100 = \frac{80}{100} = 0.8 \times 100 = 80\%$$

$$E = \frac{D}{B + D} \times 100 = \frac{800}{900} = 0.89 \times 100 = 89\%$$

$$F (+) = \frac{B}{A + B} \times 100 = \frac{100}{180} = 0.55 \times 100 = 55.55\%$$

$$F (-) = \frac{C}{C + D} \times 100 = \frac{20}{820} = 0.0244 \times 100 = 2.44\%$$

$$P = \frac{A + C}{N} \times 100 = \frac{100}{1,000} = 0.1 \times 100 = 10\%$$

Interpretación: Esta prueba no sería la más adecuada para separar los enfermos de los sanos, debido a que los F (+) son altos, más del 55%.

Problema 45 (VPD)

Este problema mide la relación entre el resultado de una prueba diagnóstica y la presencia o ausencia de una enfermedad en la población humana.

Los resultados de la exploración y biopsia prostática de una muestra de pacientes con sospecha de cáncer de próstata se muestran en la tabla 2 x 2. Con estos resultados, diga usted si el método del tacto rectal es preciso o no para detectar cáncer prostático de los casos que presentan otras patologías.

	Resultados de biopsia prostática		Total
	Cáncer	Patología benigna	
Resultados al tacto rectal “Anormal”	634 A	269 B	903 A + B
Resultados al tacto rectal “Normal”	487 C	1251 D	1738 C + D
Total	1121 A + C	1520 B + D	N = 2641

Para responder a esta pregunta se debe calcular: la sensibilidad (S), especificidad (E), falsos positivos F (+), falsos negativos F (-).

$$S = \frac{A}{A + C} \times 100 = \frac{634}{1121} = 0.5656 \times 100 = 56.56\%$$

$$E = \frac{D}{B + D} \times 100 = \frac{1251}{1520} = 0.8330 \times 100 = 83.30\%$$

$$F (+) = \frac{B}{A + B} \times 100 = \frac{269}{903} = 0.2979 \times 100 = 29.79\%$$

$$F (-) = \frac{C}{C + D} \times 100 = \frac{487}{1738} = 0.2802 \times 100 = 28.02\%$$

Interpretación:

- Al tacto fue “Anormal” en un 56.56% de los casos de cáncer prostático y “Normal” en un 83.30% de los casos que presentaron otras patologías.
- Esto significa que un 43.44% (100 – 56.56%) de los pacientes que efectivamente tenían cáncer, presentaban trastos normales.
- Ello indica, la necesidad de utilizar otros marcadores más sensibles como el PSA o sus derivados para poder establecer el diagnóstico de forma más precisa. Además, los F (+) son altos alrededor del 30%.

Problema 46 (VPD)

Aparece una prueba diagnóstica para cierta enfermedad (CE). Para validarla, se aplica a 200 individuos con (CE), de los que 190 dan positivos y 300 sin CE, de los que 3 dan positivos. Calcule la sensibilidad (S), especificidad (E), falsos positivos F (+), falsos negativos F (-) y la prevalencia general (P).

Para validarla o no, primero se debe construir una tabla de contingencia 2×2 , para ello se cuenta con resultados para los casilleros A (190) y A+C (200), B+D (300) pero se indica que 3 de ellos dan positivos, entonces estos 3 ocuparían el casillero B(3) y el casillero D resultaría de la diferencia de $300 - 3 = 297$, por tanto, el casillero D sería (297). De esta manera, la tabla de contingencia 2×2 final sería:

	Enfermedad		Total
	(+)	(-)	
Positivos a la prueba diagnóstica	190 A	3 B	193 A + B
Negativos a la prueba diagnóstica	10 C	297 D	307 C + D
Total	200 A + C	300 B + D	N = 500

$$S = \frac{A}{A + C} \times 100 = \frac{190}{200} = 0.95 \times 100 = 95\%$$

$$E = \frac{D}{B + D} \times 100 = \frac{297}{300} = 0.99 \times 100 = 99\%$$

$$F (+) = \frac{B}{A + B} \times 100 = \frac{3}{193} = 0.0155 \times 100 = 1.55\%$$

$$F (-) = \frac{C}{C + D} \times 100 = \frac{10}{307} = 0.0326 \times 100 = 3.26\%$$

$$P = \frac{A + C}{N} \times 100 = \frac{200}{500} = 0.4 \times 100 = 40\%$$

Interpretación:

- Esta prueba tiene una alta sensibilidad 95%, quiere decir, que la probabilidad de que esta prueba identifique correctamente aquellos individuos que tienen esta enfermedad es del 95%. Además, la ocurrencia de F (+) es mínima 1.55%.
- Esto significa que un 5% (100 - 95) de los individuos que efectivamente padecen esta enfermedad, no serían identificados como enfermos.
- Ello indica que esta prueba es una buena prueba diagnóstica para distinguir entre los que tienen la enfermedad y los que no tienen.

3.5 Valores predictivos de una prueba (VPP)

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

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

Para el cálculo de los valores predictivos se utiliza la tabla de contingencia 2×2 .

	Enfermedad		Total
	Enfermos (+)	Sanos (-)	
Test (+)	A	B	A + B
Test (-)	C	D	C + D
Total	A + C	B + D	N = A+B+C+D

Valor predictivo del test positivo VP (+)

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

$$VP (+) = \frac{A}{A + B}$$

Valor predictivo del test negativo VP (-)

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

$$VP (-) = \frac{D}{C + D}$$

Los valores predictivos se pueden mejorar seleccionando pruebas más sensibles y específicas. Por otro lado, mientras que la S y E son propiedades absolutas de las pruebas y no cambian por algún punto de corte dado, los VPs son relativos, varían con la prevalencia de la enfermedad de la población (Jaramillo & Martínez, 2010).

Problema 47 (VPP)

Se realizó un estudio 404 animales para evaluar el uso de la técnica de ELISA para la detección de anticuerpos contra *Mycobacterium paratuberculosis*. Para tal estudio, se utilizó como prueba de oro el cultivo fecal. Estos resultados se muestran en la siguiente tabla:

	Estado verdadero (Cultivo fecal)		Total
	Positivo (+)	Negativo (-)	
Resultados positivos a la prueba ELISA (+)	102 A	40 B	142 A + B
Resultados negativos a la prueba ELISA (-)	38 C	224 D	262 C + D
Total	140 A + C	264 B + D	N = 404

$$\text{Exactitud de la prueba} = \frac{A + D}{N} \times 100 = \frac{102 + 224}{404} = 80.69\%$$

$$S = \frac{A}{A + C} \times 100 = \frac{102}{140} = 72.86\%$$

$$E = \frac{D}{B + D} \times 100 = \frac{224}{264} = 84.85\%$$

$$\text{Prevalencia Real: } Pr = \frac{A + C}{N} \times 100 = \frac{140}{404} = 34.65\%$$

$$\text{Prevalencia Aparente: } PA = \frac{A + B}{N} \times 100 = \frac{142}{404} = 35.15\%$$

$$VPT (+) = \frac{A}{A + B} \times 100 = \frac{102}{142} = 0.7183 \times 100 = 71.83\%$$

$$VPT (-) = \frac{D}{C + D} \times 100 = \frac{224}{262} = 0.8550 \times 100 = 85.50\%$$

Interpretación:

- Se puede observar que la exactitud de la prueba es moderada 80%, es decir, que de 100 animales 80 son clasificados correctamente.
- La S y E, son buenas, pero no son deseables, por que incluyen muchos F (+) y F (-), así como porque PR y PA son muy similares.
- El VPT (+) es relativamente moderado 72%, y el VPT (-) 86%, lo que indica que la probabilidad de que un individuo positivo a la prueba ELISA y esté enfermo es de 72% y que un individuo negativo a esta misma prueba y esté sano es del 86%.

Problema 48 (VPP)

Utilizando los datos del problema 46, que indica: Aparece una prueba diagnóstica para cierta enfermedad (CE). Para validarla, se aplica a 200 individuos con CE, de los que 190 dan positivos y 300 100 CE, de los que tres dan positivos.

Estos resultados se muestran en la siguiente tabla:

	Cierta enfermedad		Total
	Positivo (+)	Negativo (-)	
Positivos a la prueba diagnóstica	190 A	3 B	193 A + B
Negativos a la prueba diagnóstica	10 C	297 D	307 C + D
Total	200 A + C	300 B + D	N = 500

$$\text{Exactitud de la prueba} = \frac{A + D}{N} \times 100 = \frac{190 + 297}{500} = 97.40\%$$

$$S = \frac{A}{A + C} \times 100 = \frac{190}{200} = 95.00\%$$

$$E = \frac{D}{B + D} \times 100 = \frac{297}{300} = 99.00\%$$

$$\text{Prevalencia Real (Pr)} = \frac{A + C}{N} \times 100 = \frac{200}{500} = 40.00\%$$

$$\text{Prevalencia Aparente (PA)} = \frac{A + B}{N} \times 100 = \frac{193}{500} = 38.60\%$$

$$VPT (+) = \frac{A}{A + B} \times 100 = \frac{190}{193} = 98.45\%$$

$$VPT (-) = \frac{D}{C + D} \times 100 = \frac{297}{307} = 96.74\%$$

Interpretación:

- Se puede observar que la exactitud de la prueba exalta 97.40%, lo que quiere decir que de 100 animales 97 son clasificados correctamente.
- Con relación a la S y E son también catalogados como buenos, debido a que se incluyen pocos F (+) = 1.55% y F (-) 3.26%. Por otro lado, la PR y PA son muy similares.

- El BPT (+) es alto 98%, lo que indica que la probabilidad de que un individuo que resulte positivo a la prueba esté realmente enfermo es del 98.45%. En contraste se observa que el VPT (-) es también alto 97%, de tal manera, de que la probabilidad de que un individuo resulte negativo a la prueba y esté sano es del 97%.

Como parte del desarrollo del problema, se trata de determinar si son o no homogéneas, las proporciones de la enfermedad a evaluar entre las categorías.

En esta prueba estadística, se deben plantear las siguientes hipótesis:

- Hipótesis nula (Ho): son homogéneas las proporciones entre las diferentes categorías.
- Hipótesis alterna (Ha): no son homogéneas las proporciones entre las diferentes categorías.

Para calcular Chi-cuadrado, se utiliza la siguiente ecuación:

$$Chi - cuadrado = \sum \frac{(O - E)^2}{E}$$

Donde: O = valores observados, E = valores esperados

Al realizar un conteo de frecuencias, entre dos características, es posible llenar una tabla de 2×2 , donde en cada casillero se coloca los valores observados. Para realizar la prueba se debe calcular entonces el valor esperado de cada casilla, este valor se obtiene asumiendo, que pasaría si la proporción del evento fuera similar en cada una de las categorías a evaluar, para conseguirlo simplemente se multiplica el total del reglón por el total de la columna donde está el valor observado y se divide por el gran total.

El cuadro de los observados es:

	Enfermedad		Total
	(+)	(-)	
Positivos a la prueba diagnóstica	190 <i>A</i>	3 <i>B</i>	193 <i>A + B</i>
Negativos a la prueba diagnóstica	10 <i>C</i>	297 <i>D</i>	307 <i>C + D</i>
Total	200 <i>A + C</i>	300 <i>B + D</i>	500 <i>N</i>

El cuadrado de los esperados sería igual a:

$$Casilla A = (200 \times 193)/500 = 77.2$$

$$Casilla B = (300 \times 193)/500 = 115.8$$

$$\text{Casilla } C = (200 \times 307)/500 = 112.8$$

$$\text{Casilla } D = (300 \times 307)/500 = 184.2$$

Los datos “esperados” calculados serán colocados en una tabla de 2×2 .

	Enfermedad		Total
	(+)	(-)	
Positivos a la prueba diagnóstica	77.2 A	115.8 B	193 A + B
Negativo a la prueba diagnóstica	122.8 C	184.2 D	307 C + D
Total	200 A + C	300 B + D	500 N

Como podrá notarse, los marginales no cambien en este cuadro la proporción de enfermos es igual para los positivos a la prueba diagnóstica y los negativos a la prueba diagnóstica.

Entre mayor sea la diferencia entre los observados y los esperados, mayor será la significancia estadística.

$$Chi - 2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E}$$

$$Chi - 2 = \frac{(190 - 77.2)^2}{77.2} + \frac{(3 - 115.8)^2}{115.8} + \frac{(10 - 122.8)^2}{122.8} + \frac{(297 - 184.2)^2}{184.2} = 447.39$$

El valor se compara con tablas para una distribución de chi cuadrado, en donde nuestra regla de decisión será:

- Si chi-cuadrado calculado es mayor que chi tabulado, entonces se rechaza H_0 y se acepta la H_a .
- Si chi-cuadrado calculado es menor que chi tabulado, entonces se acepta H_0 y se acepta la H_a .

El valor de tabla se busca considerando los grados de libertad del cuadro Chi tabular a $\alpha = 0.05$, 1 gl = 3.841.

Por tanto, el valor que se calculó fue mayor al de la tabla (447.39 es mayor > que 3.841) y en consecuencia hubo una diferencia significativa en la proporción de la enfermedad con respecto a la prueba diagnóstica.

Un requisito importante es que ninguno de los valores esperados debe ser menor de cinco (5) si eso sucede se deberá utilizar la prueba exacta de Fisher.

Problema 49 (VPP)

Un laboratorio de diagnóstico para efectuar pruebas de selección puede atender 1000 individuos por semana. Suponga que se trata de efectuar un diagnóstico temprano de una enfermedad con prevalencia del 2% y que la prueba tiene una sensibilidad del 95% y una especificidad del 90%.

- ¿Cuántos de los seleccionados en una semana tendrán pruebas positivas?
- ¿De estos cuántos serán positivos verdaderos y cuantos falsos positivos?

Para responder estas preguntas, se debe de construir una tabla de contingencia 2×2 .

	Enfermedad		Total
	(+)	(-)	
Test (+)	19 A	98 B	117 A + B
Test (-)	1 C	882 D	883 C + D
Total	20 A + C	980 B + D	1000 N = A+B+C+D

Esto indica: Que puede atender 1000 individuos, el que constituye N, la prevalencia es 2% y como se sabe que la prevalencia es $A+C/N$, se calculará A+C despejando de $P = A+C/N$, $0.02 = A+C/1000$, $A+C/1000 = 0.02$, $A+C = 1000 \times 0.02$, $A+C=20$. Esto indica también que la prueba tiene una Sensibilidad del 95% y como se sabe que la sensibilidad se calcula $S = A / A+C$, $0.95 = A/20$, $A/20 = 0.95$, $A = 0.95 \times 20$, $A = 19$. La especificidad es del 90%, y como se sabe que la $E = D/B+D$, $0.90 = D/980$, $D/980 = 0.90$, $D = 0.90 \times 980$, $D = 882$. El resto de las celdas se calcula por simple diferencia: B (98), A+B (117), C(1), C+D (883)

Luego, se responderá a las interrogantes:

- De los seleccionados en una semana tendrán 117 pruebas positivas.
- En esta población y con la prueba de selección utilizada 19 serán positivos verdaderos y 98 falsos positivos.

Por tanto, para determinar el estado sanitario real de un individuo no sólo requiere conocer la sensibilidad y la especificidad de la prueba diagnóstica, sino que también necesita estimar el valor previsto de las pruebas, los F(+), F(-); debido que al calcular los F(+) da 83.76% y los F(-) = 0.11%, resultado que permiten decidir si utilizamos para seleccionar individuos enfermos o sanos.

Problema 50 (VPP)

50.1 Durante muchos años se han utilizado cuatro (4) técnicas de cribado (modificaciones de estas) para el diagnóstico de brucelosis.

- La técnica aglutinación en tubo (TAT).
- La técnica fijación de complemento (FC).
- La técnica rosa de bengala (TRB).
- La técnica del anillo de leche (TAL).

Se dispone de datos suficientes para calcular la sensibilidad y especificidad los que se muestran en la siguiente tabla:

Técnica de cribado	Sensibilidad (%)	Especificidad (%)
Aglutinación en tubo (TAT)	62.0	99.5
Fijación de complemento (TFC)	97.5	99.0
Rosa de Bengala	95.2	98.5

Supóngase que TAT se aplica a 1000 vacas en 3 zonas diferentes, en las que la prevalencia de brucelosis estos puntos 3%, 0.1% y 0.01%.

A partir de estos datos y de las cifras de la tabla calcule:

Valor predictivo del que es positivo VPT (+) para las poblaciones de cada una de las tres zonas y haga la interpretación correspondiente para VPT (+) para cada zona en particular.

Para calcular el VTP (+) de la TAT para brucelosis bovina, con 3 niveles de prevalencia distintos, pero con una sensibilidad del 62%, especificidad 99.5% se construirá una tabla de 2×2 :

50.2 Para la zona A con 3% de prevalencia, 62% de sensibilidad y 99.5% de especificidad.

	Brucelosis		Total
	Enfermos (+)	Sanos (-)	
Positivos a la prueba	18.6 A	4.85 B	23.45 A + B
Negativos a la prueba	11.4 C	965.15 D	976.55 C + D
Total	30 A + C	970 B + D	1000

- Los resultados indican que la TAT se aplicó a 1000 vacas de la zona A, el que constituye $N = 1000$.

- La prevalencia es del 3%, su fórmula es $A+C / N$, se conoce N, pero no A+C, para el que se despejará de la fórmula: $P= A+C / N$, $0.03= A+C / 1000$, $A+C / 1000 = 0.03$, $A+C= 0.03 \times 1000$, $A+C=30$
- La sensibilidad es del 62% y su fórmula es $S = A / A+C$, $0.62= A/30$, $A/30 = 0.62$, $A = 0.62 \times 30 = 18.6$.
- La especificidad es 99.5%, su fórmula es: $E = D / B+D$, $0.995 = D / 970$, $D/970 = 0.995$, $D= 0.995 \times 970 = 965.15$.

Luego los casilleros B, A + B, C, C + D, se calcula por simple diferencia.

Se pide calcular el VPT (+) de la TAT para brucelosis bovina, para el que se utilizará la fórmula respectiva.

$$VP (+) = \frac{A}{A + B} \times 100$$

$$VPT (+) = \frac{18.6}{23.45} = 0.7932 \times 100 = 79.32\%$$

Interpretación:

- El VPT (+) es relativamente moderado 79%, lo que indica que la probabilidad de un vacuno que resulte positivo a la prueba TAT esté en realidad enfermo es de 79%.
- La probabilidad de que una vaca enferma esté realmente enferma con brucelosis es del 79%.

50.3 Para la zona B con 0.1% de prevalencia, 62% de sensibilidad y 99.5% de especificidad.

	Brucelosis		Total
	Enfermos (+)	Sanos (-)	
Positivos a la prueba	0.62 A	4.99 B	5.61 A + B
Negativos a la prueba	0.38 C	994.01 D	994.39 C + D
Total	1 A + C	999 B + D	N = 1000

- Nos indican que la TAT se aplicó a 1000 vacas de la zona B, el que constituye N = 1000.
- La prevalencia es del 0.1% su fórmula es $A+C/ N$, se conoce N pero no A+C, para el que se despeja la fórmula: $P= A+C/N$, $0.001 = A + C / 1000$, $A+C/1000 = 0.001$, $A+C= 0.001 \times 1000 = 1$

- La sensibilidad es del 62%, su fórmula es: $S = A / A + C$, $0.62 = A / 1$, $A / 1 = 0.62$, $A = 0.62 \times 1 = 0.62$, $A = 0.62$
- La especificidad es 99.5%, su fórmula es: $E = D / B + D$, $0.995 = D / 999$, $D / 999 = 0.995$, $D = 0.995 \times 999$, $D = 994.01$

Luego, los casilleros B, A + B, C, C + D, se calculan por simple diferencia.

Se pide calcular el VPT (+) de la TAT para brucelosis bovina, para el que se utilizará la fórmula respectiva:

$$VP (+) = \frac{A}{A + B} \times 100$$

$$VPT (+) = \frac{0.62}{5.61} = 0.1105 \times 100 = 11.05\%$$

Interpretación:

- El VPT (+) es muy bajo 11.05%, quiere decir que la probabilidad de que un vacuno que resulte positivo la prueba TAT esté en realidad enfermo es de 11.05%
- La probabilidad de que una vaca enferma con brucelosis esté realmente enferma con brucelosis es 11.05%.

Este resultado nos señala que cuando varíe la prevalencia de una enfermedad, también varía el VPT (+). Así, cuando la prevalencia fue del 62% el VPT (+) fue de 79.32%, pero, cuando la prevalencia es mucho menor como en el caso del presente problema que es 0.1%, el VPT (+) también disminuye hasta 11.05%.

50.4 Para la zona C con 0.01% de prevalencia, 62% de sensibilidad y 99.5% de especificidad.

	Brucelosis		Total
	Enfermos (+)	Sanos (-)	
Positivos a la prueba (+)	0.062 A	4.998 B	5.06 A + B
Negativos a la prueba (-)	0.038 C	994.90 D	994.94 C + D
Total	1 A + C	999.9 B + D	N = 1,000

- Los resultados indican que la TAT se aplicó a 1000 vacas de la zona C, el que constituye N = 1000.
- La prevalencia es del 0.01%, su fórmula es $A + C / N$, conocemos N, pero no A + C, para el que despejamos la fórmula: $P = A + C / N$, $0.0001 = A + C / 1000$, $A + C / 1000 = 0.0001$, $A + C = 0.0001 \times 1000 = 0.1$

- La sensibilidad es del 62% su fórmula es: $S = A/A+C$, $0.62 = A/0.1$, $A/0.1=0.62$, $A = 0.62 \times 0.1$, $A = 0.062$
- La especificidad es 99.5%, su fórmula es: $E = D/B+D$, $0.995 = D/999.9$, $D/999.9 = 0.995$, $D = 0.995 \times 999.9$, $D = 994.90$.

Luego, los casilleros B, A + B, C, C + D, se calculan por simple diferencia.

Se pide calcular el VPT (+) de la TAT para brucelosis bovina, para el que utilizaremos la fórmula respectiva:

$$VP (+) = \frac{A}{A+B} \times 100$$

$$VPT(+)=\frac{0.062}{5.06}=0.0123 \times 100 = 1.23\%$$

Interpretación:

El VPT (+) es aún mucho más bajo que el caso anterior 1.23%, que quiere decir que la probabilidad de que un vacuno que resulte positivo a la prueba TAT esté en realidad enfermo es sólo de 1.23%.

Este resultado nos confirma que cuando la prevalencia es aún muchísimo menor como en el caso presente que es 0.01%, el VPT (+) también disminuye ostensiblemente hasta 1.23%.

Problema 51 (VPP)

Cuantificando algunas características del test, asume usted que la verdadera prevalencia de la infección es la población estudiada es 38%. Asuma también que 250 de los cerdos infectados fueron test positivos, asimismo el total de test positivos a la prueba fue 260 y test negativos 478. Combine estos supuestos en la tabla de contingencia de doble entrada.

	Enfermos		Total
	Si	No	
Test (+)	250 A	10 B	260 A + B
Test (-)	30 C	448 D	478 C + D
Total	280 A + C	458 B + D	N = 738

Por la información que se tiene, se indica que 250 fueron enfermos T (+) entonces correspondería al casillero A, 260 fueron el total de T (+) y se ubican en el casillero A + B, 478 fueron T (-) y estaría ubicado en el casillero C + D. Además, indican una prevalencia del 38% su fórmula es $P = A+C / N$, $0.38 = A+C / 738$, $A+C / 738 = 0.38$, $A+C = 0.38 \times 738$, $A+C = 280$, el que se ubica en el casillero A+C. Luego los casilleros B, C, D y B + D, se calcula por simple diferencia.

Utilizando los datos de la tabla elaborada se calculará la S, E, VPT (+), VPT (-), F (+), F (-)

$$S = \frac{A}{A + C} \times 100 = \frac{250}{280} = 0.8929 \times 100 = 89.29\%$$

$$E = \frac{D}{B + D} \times 100 = \frac{448}{458} = 0.9782 \times 100 = 97.82\%$$

$$VPT (+) = \frac{A}{A + B} \times 100 = \frac{250}{260} = 0.9615 \times 100 = 96.15\%$$

$$VPT (-) = \frac{D}{C + D} \times 100 = \frac{448}{478} = 0.9782 \times 100 = 97.82\%$$

$$F (+) = \frac{B}{A + B} \times 100 = \frac{10}{260} = 0.0385 \times 100 = 3.85\%$$

$$F (-) = \frac{C}{C + D} \times 100 = \frac{30}{478} = 0.0628 \times 100 = 6.28\%$$

Interpretación: La sensibilidad del test, nos indica que podemos identificar un animal infectado con cerca del 90%, y la probabilidad de que un animal enfermo esté realmente enfermo es del 96.15%.

CAPÍTULO IV

INVESTIGACIÓN DE EPIDEMIAS

4.1 Canal endémico (CE)

Para conocer la frecuencia regular de una enfermedad endémica y predecir su comportamiento, es necesario calcular el índice endémico y elaborar el canal endémico de la misma, los cuales permiten conocer las variaciones de dicha frecuencia en el tiempo.

Para tal propósito existen varios métodos que se basan en el cálculo de la mediana (Me) los cuartiles (Q), la media aritmética, desviación estándar y los intervalos de confianza, los que detallaremos en los problemas que desarrollaremos, utilizando para ello la frecuencia de casos de la enfermedad de interés, registrada por mes, que se han presentado en los últimos años. Se considera como ideal que dicho período sea de 5 a 7 años.

Para nuestro caso, utilizaremos una información hipotética sobre la ocurrencia de una enfermedad que se presenta en el período del 2013 a 2019, los que se hallan en la tabla siguiente:

Mes	Años observados						
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Enero	50	25	36	40	20	56	48
Febrero	65	32	35	46	62	47	50
Marzo	48	58	41	49	58	49	41
Abril	40	66	43	58	47	57	65
Mayo	25	46	38	27	38	39	49
Junio	30	40	35	22	40	31	21
Julio	33	32	34	15	15	22	21
Agosto	35	31	32	21	14	13	19
Setiembre	34	32	34	23	19	18	26
Octubre	35	30	31	39	41	24	23
Noviembre	45	35	38	45	26	25	33
Diciembre	40	45	35	31	22	50	55
Total	480	472	432	416	402	431	451

Problema 52 (CE)

En la siguiente tabla se muestran los datos crudos ordenados por mes:

Años observados	Meses observados											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2013	50	65	48	40	25	30	33	35	34	35	45	40
2014	25	32	58	66	46	40	32	31	32	30	35	45
2015	36	35	41	43	38	35	34	32	34	31	38	35
2016	40	46	49	58	27	22	15	21	23	39	45	31
2017	20	62	58	47	38	40	15	14	19	41	26	22
2018	56	47	49	57	39	31	22	13	18	24	25	50
2019	48	50	41	65	49	21	21	19	26	33	33	55

Luego se debe ordenar los datos, de mayor a menor por mes y al mismo tiempo ubicar la posición de la mediana, los que se detallan en la siguiente tabla:

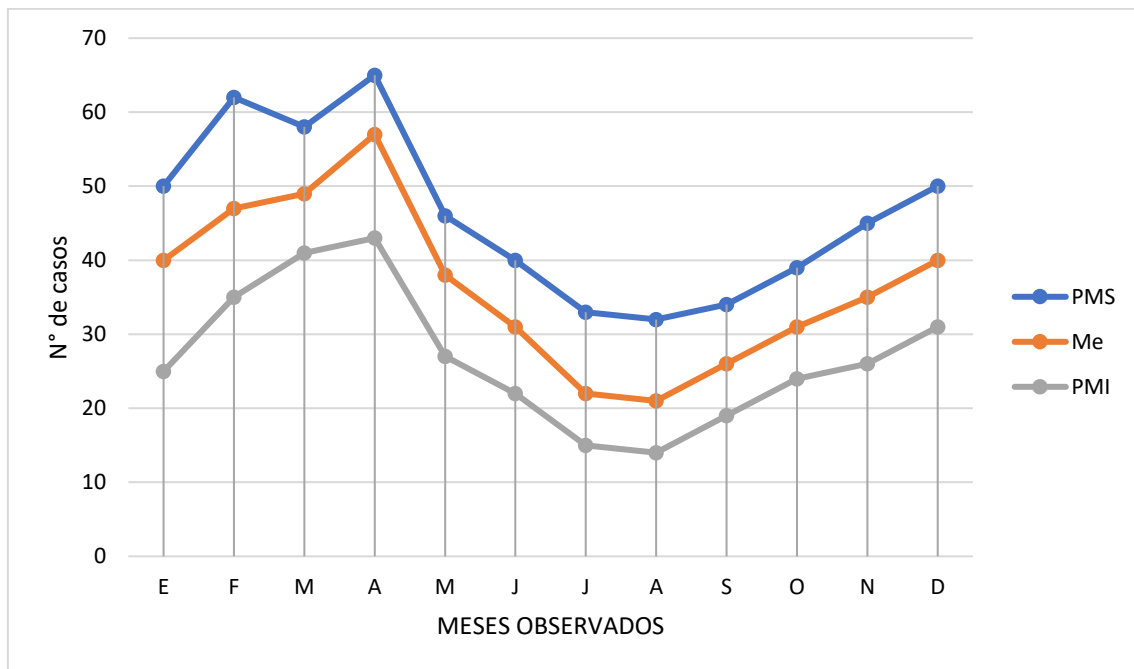
Ubicación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
A	56	65	58	66	49	40	34	35	34	41	45	55
B	50	62	58	65	46	40	33	32	34	39	45	50
C	48	50	49	58	39	35	32	31	32	35	38	45
D	40	47	49	57	38	31	22	21	26	31	35	40
E	36	46	48	47	38	30	21	19	23	30	33	35
F	25	35	41	43	27	22	15	14	19	24	26	31
G	20	32	41	40	25	21	15	13	18	23	25	22

En esta misma tabla, se identificará la ubicación de la mediana (D), el punto medio de la mitad superior (B) y el punto medio de la mitad inferior (F).

Seguidamente, se debe seleccionar los valores de la mediana (Me), el punto medio de la mitad superior (PMS) y el punto medio de la mitad inferior (PMI), los que se observan en la siguiente tabla:

Valores	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
PMS	50	62	58	65	46	40	33	32	34	39	45	50
Me	40	47	49	57	38	31	22	21	26	31	35	40
PMI	25	35	41	43	27	22	15	14	19	24	26	31

Adicionalmente, se muestra el canal endémico con los valores de la mediana (Me), el punto medio de la mitad superior (PMS), y el punto medio de la mitad inferior (PMI).



Los valores que corresponden a la Me ilustran el índice endémico y las que corresponden PMS y PMI representan las mediciones máximas y mínimas esperadas en la frecuencia de la enfermedad y conforman el canal endémico

De esta manera, se pueden identificar claramente cuatro zonas:

- Zona de éxito: por debajo de los valores del PMI.
- Zona de seguridad: el límite inferior con los valores del PMI y el límite superior correspondiente a los valores de la ME o índice endémico.
- Zona de alarma: el límite inferior está definido por los valores la Me o índice endémico y el límite superior por los valores del PMS.
- Zona epidémica: ubicada por encima de los valores del PMS.

En general, el nivel de enfermedad o de muerte puede considerarse una epidemia, si sobrepasa el índice endémico por encima de la parte media superior.

Cálculo del índice endémico y canal endémico utilizando el método de los cuartiles (Q)

Se utilizará la misma información especificada en las tablas 3 y 4, los que están ordenados de mayor a menor. Cabe señalar que la Me y los Q son medidas de resumen o posición que permitan dividir una serie de valores ordenados según su magnitud: en el 25% (Q1), 50% (Q2 o Me) y 75% (Q3) (tabla 3)

Posición de los cuartiles para 7 años:

$$Q_1 = \frac{n+1}{4} \times 1 = \frac{7+1}{4} \times 1 = 2 \rightarrow \text{Valor } 2$$

$$Q_2(Me) = \frac{n+1}{4} \times 2 = \frac{7+1}{4} \times 2 = 4 \rightarrow \text{Valor } 4$$

$$Q_3 = \frac{n+1}{4} \times 3 = \frac{7+1}{4} \times 3 = 6 \rightarrow \text{Valor } 6$$

Luego de haber determinado la posición de los cuartiles se utilizará los datos ordenados de mayor a menor por mes para la ubicación de los cuartiles, los que se detallan a continuación:

Posición Cuartil	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1	56	65	58	66	49	40	34	35	34	41	45	55
2 $Q_1 = 2$	50	62	58	65	46	40	33	32	34	39	45	50
3	48	50	49	58	39	35	32	31	32	35	38	45
4 $Q_2 = 4$	40	47	49	57	38	31	22	21	26	31	35	40
5	36	46	48	47	38	30	21	19	23	30	33	35
6 $Q_3 = 6$	25	35	41	43	27	22	15	14	19	24	26	31
7	20	32	41	40	25	21	15	13	18	23	25	22

El $Q_1 = 2$, corresponde a una posición intermedia entre la fila 1 y 3

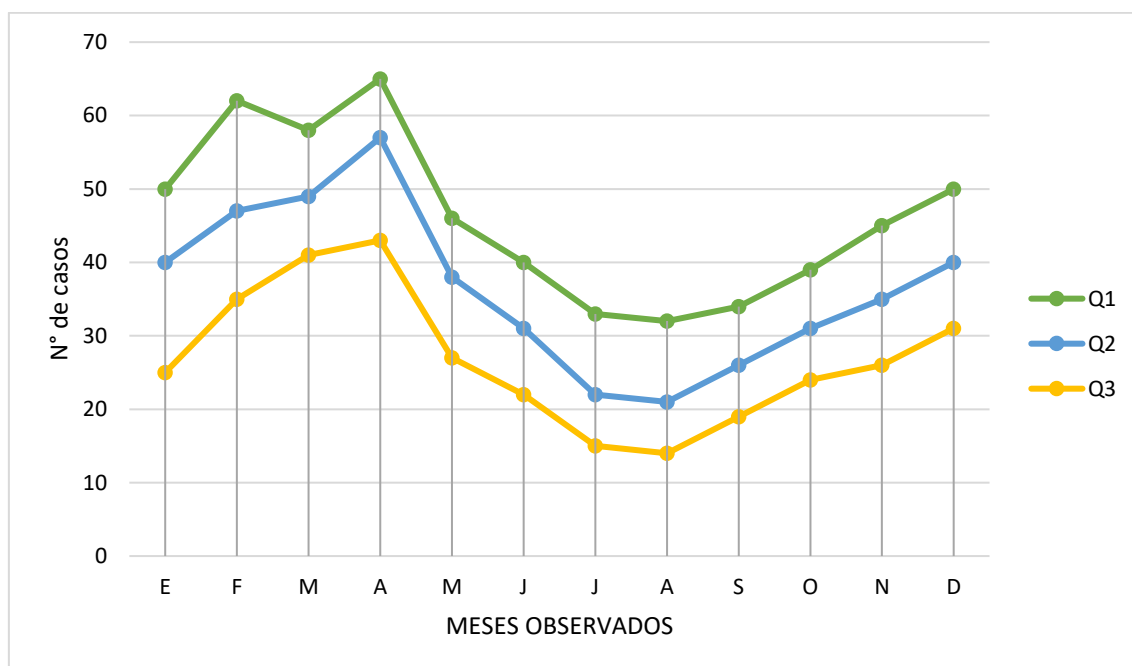
El $Q_2 = 4$, corresponde a una posición intermedia entre la fila 3 y 5

El $Q_3 = 6$, corresponde a una posición intermedia entre la fila 5 y 7

Luego de identificado los cuartiles en la posición correspondiente se debe colocar los valores de los 3 cuartiles en una tabla, los que son idénticos a lo descrito en la tabla anterior, sin embargo, para una mejor comprensión se volverá a presentar en la siguiente tabla:

Valores	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Q_1	50	62	58	65	46	40	33	32	34	39	45	50
Q_2	40	47	49	57	38	31	22	21	26	31	35	40
Q_3	25	35	41	43	27	22	15	14	19	24	26	31

Asimismo, se muestra el siguiente gráfico donde se muestra Canal endémico con los valores del cuartil 1 (Q1), cuartil 2 (Q2) Cuartil 3 (Q3):



Los valores que corresponden al cuartil 2 (Q2) ilustran el índice endémico y los que corresponden al cuartil 1 (Q1) y el cuartil 3 (Q3) representan las variaciones máximas y mínimas esperadas en la frecuencia de la enfermedad y conforman el canal endémico, donde podemos identificar claramente las 4 zonas: zona de éxito, zona de seguridad, zona de alarma y zona epidémica, con las mismas características descritas anteriormente para la Figura 1.

Cálculo del índice y canal endémico utilizando el método de la media, desviación estándar e intervalos de confianza.

Para utilizar este método se debe ordenar los datos crudos por mes. Para un mejor entendimiento se presenta la tabla correspondiente:

Variables	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2013	50	65	48	40	25	30	33	35	34	35	45	40
2014	25	32	58	46	46	40	32	31	32	30	35	45
2015	36	35	41	43	38	35	34	32	34	31	38	35
2016	40	46	49	58	27	22	15	21	23	39	45	31
2017	20	62	58	47	38	40	15	14	19	41	26	22
2018	56	47	49	57	39	31	22	13	18	24	25	50
2019	48	50	41	65	49	21	21	19	26	23	33	55
Media	39.3	48.1	49.1	53.7	37.43	31.29	24.6	23.6	26.6	31.9	35.3	39.71
S.D.	13.3	12.4	6.96	10.5	8.9	7.7	8.3	9.02	6.9	6.94	8.1	11.4
I.C. (±)	9.84	9.2	5.15	7.77	6.58	5.7	6.14	6.7	5.10	5.13	5.99	8.43
L.I.	29	39	44	46	31	26	18	17	22	27	29	31
L.S.	49	57	54	62	44	37	31	30	32	37	41	48

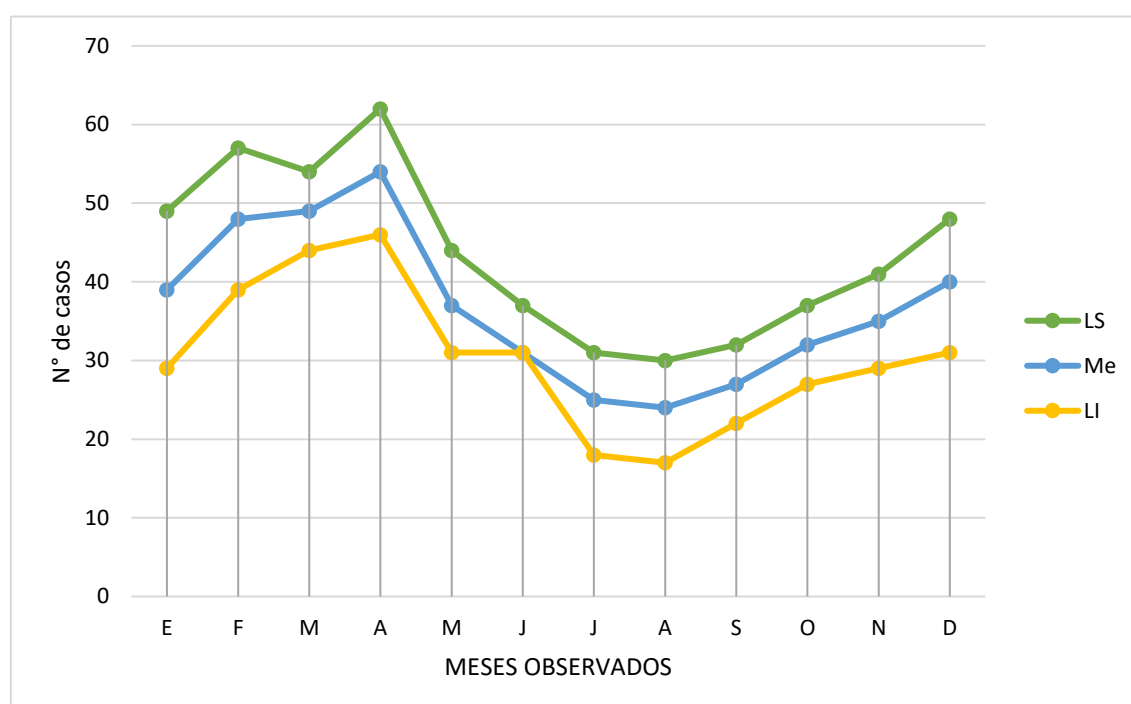
En esta tabla, se ha calculado la media (Me), límite superior (LS), límite inferior (LI) y para el cálculo del intervalo de confianza (IC) utilizando la siguiente la fórmula:

$$IC\ 95\% = X \pm 1.96 \times \left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right)$$

A continuación, se selecciona los valores de la media (Me), límite superior (LS) y el límite inferior (LI).

Valores	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
LS	49	57	54	62	44	37	31	30	32	37	41	48
Me	39	48	49	54	37	31	25	24	27	32	35	40
LI	29	39	44	46	31	26	18	17	22	27	29	31

Además, se presenta el gráfico del canal endémico con los valores de la media (Me), límite superior (LS) y el límite inferior (LI).



Los valores que corresponden a la media (Me) ilustra el índice endémico y las que corresponden a límite superior (LS) y el límite inferior (LI) representan las variaciones máximas y mínimas esperadas en la frecuencia de la enfermedad y conforman el canal endémico, donde podemos identificar claramente las cuatro zonas: zona de éxito, seguridad, alarma y epidemia.

Además, la Figura 3 es muy similar a la Figura 2, con la única diferencia que este método de la media, desviación estándar en los intervalos de confianza los valores son más exactos.

Finalmente, se debe hacer el análisis de la información en forma mensual, para observar el comportamiento de la enfermedad y tomar las medidas pertinentes, sobre todo, cuando se presenta una epidemia o rebasa la zona de seguridad.

Así al análisis del canal endémico-registrada en la Figura 3, podemos decir que si la enfermedad mantiene para los próximos años el mismo comportamiento que en los siete años evaluados se podrá esperar:

1. Según el índice endémico se podrá presentar picos de la enfermedad en los meses febrero y abril.
2. Idealmente el número de focos notificados debería estar por debajo de los valores del índice endémico, es decir, en la zona de seguridad o mejor aún en la zona de éxito.
3. En el momento en que el número de focos notificados rebase los valores correspondientes al punto medio de la mitad superior (PMS) se estará frente a una epidemia.

En conclusión, el nivel de la enfermedad o de muerte puede considerarse una epidemia si sobrepasa el índice endémico por encima del punto medio de la mitad superior (PMS).

Una vez confirmado la existencia de una epidemia el siguiente paso deberá orientarse a determinar el agente causal, conocer las características del hospedador y evaluar las condiciones ambientales, con el objetivo de identificar y proponer las medidas más oportunas y eficaces para controlar la evolución de la enfermedad en cuestión, así como para prevenir su difusión y la presentación de futuros brotes.

4.2 Índice de ataque (IA)

Cálculo del índice de ataque y su empleo para identificar el vehículo de transmisión en un brote de enfermedad de origen común.

El índice de ataque mide la proporción de la población que desarrolle una enfermedad, cuya relación es:

$$I. A. = \frac{\text{Número de individuos enfermos}}{\text{Población que corre el riesgo}} \times 100$$

Se investiga una epidemia para descubrir quienes adquieren la enfermedad y por qué.

Así, en un brote de envenenamiento alimentario el índice de ataque se calcula para todos los alimentos ingeridos, es decir:

- Para los individuos expuestos (que comieron los alimentos estudiados).
- Para los individuos no expuestos (que no comieron los alimentos estudiados).

Ejemplo:

En un restaurante ocurrió un envenenamiento alimentario en 30 personas, entre las cuales 24 de ellos (80%) comieron ostiones crudos y son los que enfermaron.

- ¿Esta proporción bastará por sí sola culpar a los ostiones crudos del envenenamiento alimentario?

Respuesta: No, porque para esta determinación es necesario investigar una muestra de individuos no atacados o sanos.

- Supongamos que se descubre, que entre los 30 comensales sólo 3 (10%) no comieron los ostiones crudos y están sanos. Con estos datos adicionales cree usted que puede culpar a los ostiones crudos de este envenenamiento:

Respuesta: Si, porque es prueba convincente suficiente para increpar a los ostiones crudos, porque hemos comprobado los enfermos y la muestra de sanos o también entre los que comieron y no comieron.

Es necesario considerar que la comparación mencionada es entre individuos sanos y enfermos. Pero, también se puede comparar entre individuos expuestos y no expuestos.

Problema 53 (IA)

53.1 En una comunidad rural el viernes 17 de mayo de 2008, la unidad de hepatitis del centro para el control de enfermedades hepáticas, recibió una solicitud de ayuda en la investigación de un brote de hepatitis infecciosa. Se supo que entre el 30 de abril y el 16 de mayo de 2008 se había informado de 32 casos de hepatitis del departamento de salud de esa comunidad.

Conociendo que entre el 30 de abril y el 16 de mayo de 2008 ocurrieron 32 casos de hepatitis (ictericia) informados al departamento de salud de esa comunidad. ¿Se consideraría que se trata de un problema de proporciones épicas técnicas? Diga por qué.

Rpta. No es posible precisar si los 32 casos de ictericia constituyen o no una epidemia, a menos que se sepa cuántos casos son calculados en ese lugar y durante esa fecha. Es decir, para indicar que es una epidemia uno, primero debemos conocer cuál es la frecuencia normal de presentación de esa enfermedad, en esa población y durante ese período; caso contrario, no podemos indicar si es una epidemia pese a que la frecuencia de presentación sea muy alta o elevada.

53.2 Tomando como referencia el mismo problema, que sucedería si se conociera que el año anterior a abril del 2008 se había informado siete casos de hepatitis infecciosa al departamento de salubridad de esa comunidad rural, de los cuales cuatro de ellos ocurrieron en un brote familiar en 2007, los 3 casos restantes estuvieron esparcidos en el tiempo y no fue posible apreciar relación alguna entre ellos.

- ¿Los 32 casos observados en el 2008 se trataría de un problema de proporciones epidémicas?

Rpta. Si porque los 32 casos observados exceden a lo esperado es de siete casos.

- Otra interrogante es: ¿Cómo se precisa que los 32 casos es mayor que lo esperado (7)?

Rpta. Para comprobar si estos casos exceden de los que se pueden esperar, se puede aplicar una prueba estadística (Ji-cuadrado). Sin embargo, por lo regular el hecho de que es en un lapso muy breve al número anual de casos, es suficiente para justificar una investigación.

53.3 Continuando con el mismo problema, pero en este caso ya sobre la investigación de la epidemia de hepatitis infecciosa, se supo que para el 19 de mayo se tenía informes de 39 casos de hepatitis, para el 25 del mismo mes el número había aumentado a 61 y para el 1 de junio se informó de los dos últimos casos, de modo que en total fue 63.

La primera etapa de investigación consistió en entrevistas personalmente a todas las víctimas de hepatitis. Todas las entrevistas fueron efectuadas por los dos mismos investigadores en el hogar de los pacientes. Se interrogó a los enfermos bajo las siguientes interrogantes:

- a. Acerca de la fecha de comienzo del padecimiento.
- b. Síntomas de la enfermedad.
- c. Exposición previa a casos de hepatitis.
- d. Visitas fuera de la comunidad.
- e. Antecedentes de haber recibido transfusiones sanguíneas.
- f. Además, se obtuvieron datos acerca de los demás miembros de la familia, respecto a enfermedades recientes y la administración de globulina α .
- g. Se interrogó a los pacientes y a sus familias acerca de fuentes específicas de agua, leche y elementos y en cuanto a asistir a reuniones numerosas o sitios públicos.
- h. En la fecha de entrevista de cada hogar, se tomó una muestra de agua corriente para analizar bacteriológico.

¿Cree usted que son todos los datos que necesita para su análisis respectivo o que otros datos adicionales se debería haber tomado?

Rpta. No son los datos necesarios. Los datos adicionales necesarios son los semejantes a un grupo de individuos sanos.

Problema 54 (IA)

54.1 En una población “X” se produjo un envenenamiento por alimentos, por haber ingerido alimentos en un restaurante determinado. Luego de una investigación de esa epidemia alimentaria, los resultados fueron sometidos a tres evaluaciones:

Todos los alimentos ingeridos	Personas que si comieron				Personas que no comieron				Diferencial de los índices de ataque
	Si enfermos	No enfermos	Total	I.A.	Si enfermos	No enfermos	Total	I.A.	
Huevo relleno	20	15	35	57%	10	40	50	20%	37%
Ensalada	30	25	55	55%	18	30	48	38%	17%
Pollo	35	20	55	64%	20	25	45	44%	20%
Agua	46	5	51	90%	3	20	23	13%	77%

Nota. I.A. índice de ataque (si enfermos / total), diferencial de los índices de ataque: (IA si comieron) – (IA no comieron)

Los resultados finales se deben observar en la columna del “diferencial de los índices de ataque” donde el alimento con mayor índice es el agua, entonces el alimento a ser más detalladamente investigado será el agua (Riesgo Atribuible).

54.2 Para una mejor interpretación de los resultados, se aplica una prueba significación estadística entre los expuestos y los no expuestos a cada uno de los alimentos en los que el RA fue más elevado, en una tabla de 2×2 .

Alimento (Agua)	Enfermos	Sanos	Total
Expuestos al factor de riesgo (Tomaron agua)	46 A	5 B	51 A + B
No expuestos al factor de riesgo (no tomaron agua)	3 C	20 D	23 C + D
Total	49 A + C	25 B + D	74 N

Para el cálculo del nivel de significancia se utilizará los resultados de las tasas de ataque y las tasas exposición, sin embargo, se puede calcular utilizando la fórmula del Ji- cuadrado para tablas de contingencia, cuyos resultados son muy similares.

A continuación, se utilizará el diferencial de los índices ataque y el diferencial de los índices de exposición.

54.3 Cálculo de las tasas de ataque para los expuestos al factor agua.

$$\frac{A}{A + B} = \frac{46}{51} = 0.90$$

Cálculo de tasas de ataque para los no expuestos al factor agua.

$$\frac{C}{A + D} = \frac{3}{23} = 0.13$$

Luego se halla el diferencial de los índices de ataque.

$$\left(\frac{A}{A + B}\right) - \left(\frac{C}{C + D}\right) = (0.90) - (0.13) = 0.77$$

54.4 Cálculo de las tasas exposición para los expuestos o enfermos.

$$\frac{A}{A + C} = \frac{46}{49} = 0.94$$

Cálculo de las tasas de exposición para los no expuestos o sanos.

$$\frac{B}{B + C} = \frac{5}{25} = 0.20$$

Luego se determina el diferencial de los índices de exposición

$$\left(\frac{A}{A + C}\right) - \left(\frac{B}{B + D}\right) = (0.94) - (0.20) = 0.74$$

54.5 Luego del paso anterior se puede calcular si existe una diferencia significativa entre quienes bebieron y no bebieron agua, para ello se utilizará otra forma de como poder calcular Chi-cuadrado, que es multiplicando el diferencial de los índices de ataque por el diferencial de tasas de ataque y por el total de la tabla de contingencia ya elaborada.

$$X_c^2 = \left(\frac{\text{Diferencial del}}{\text{índice de ataque}}\right) \times \left(\frac{\text{Diferencial de la}}{\text{tasa de exposición}}\right) \times \left(\frac{\text{Total}}{(N)}\right)$$

$$X_c^2 = (0.77) \times (0.74) \times (74) = 42.17$$

Como $X_c^2 > X_t^2$, se dice que hay diferencias significativas entre quienes bebieron y no bebieron agua.

Rpta. El consumo de agua no potable como servida en ese restaurante, contaminada con E. coli, produjo el brote en el contingente de turistas (al análisis de laboratorio corroboraron presencia de E. coli en el agua de bebida).

Problema 55 (IA)

55.1 En una población “X” se ha producido un envenenamiento por alimentos, es decir por haber ingerido alimentos en un restaurante determinado. Luego de una investigación de esta epidemia alimentaria los resultados fueron analizados utilizando el diferencial de los índices de ataque según el historial alimenticio de una epidemia de envenenamiento alimentario y la prueba de chi-cuadrada de los índices ataque de la clasificación cruzada, combinando los alimentos con mayor diferencial de los índices ataque.

Todos los alimentos	Personas que SI comieron el alimento especificado			Personas que NO comieron el alimento especificado			Diferencial de los índices de ataque
	Nº Total	Nº Enfermos	Índice de ataque (%)	Nº Total	Nº Enfermos	Índice de ataque (%)	
Pavo	133	97	73	25	2	8	65
Aderezo	121	88	73	37	11	30	43
Patatas y salsa	127	92	72	31	7	23	49
Guisantes	105	77	73	53	22	42	31
Bollos	66	50	76	92	49	53	23
Margaritas	66	50	76	92	49	53	23
Ensaladas	4	1	25	154	98	64	-39
Postre	36	22	61	122	77	63	-2
Emparedados	11	1	9	147	98	67	-58
Café	98	59	60	60	40	67	-7
Leche	18	12	67	140	87	62	5

Nota. Índice de ataque: Número de enfermos/número total. Diferencial de los índices de ataque: Índice de ataque de SI comieron-índice de ataque NO comieron.

Los resultados finales se deben observar en la columna “diferencial de los índices de ataque”, donde los dos alimentos con mayor diferencial de los índices de ataque son el pavo y las patatas y ensaladas, con un diferencial de los índices de ataque de + 65 y + 49.

55.2 Entonces, para distinguir entre el pavo y las patatas y ensalada que muestran grandes diferencias en el diferencial de los índices de ataque, es necesario hacer una clasificación cruzada.

Alimentos con mayor diferencial de índices de ataque	Comieron pavo			No comieron pavo		
	Nº total	Nº de enfermos	Índice de ataque (%)	Nº total	Nº de enfermos	Índice de ataque (%)
Comieron patatas y salsa	127	92	72	0	0	0
No comieron patatas y salsa	6	5	83	25	2	8

1. Comieron pavo = 133
 - Comieron patatas y salsa = 127
 - Entonces: 127 es subpoblación de 133 y 92 enfermos es también subpoblación de 97.
 - Por tanto: 127 comieron los dos alimentos a la vez y enfermaron 92 personas.
2. No comieron pavo = 25
 - No comieron patatas y salsa 31
 - Entonces: 25 es subpoblación de 31 y los 2 enfermos son también subpoblación de 7 enfermos.
 - Por tanto: 25 personas no comieron los 2 alimentos a la vez, pero enfermaron 2 personas.
3. No comieron pavo = 25
 - No comieron patatas y salsa = 31.
 - Entonces: Para saber el número total de personas que no comieron pavo, pero si comieron patatas y salsa, se utilizará los datos del número de personas que no comieron pavo (25) y no comieron patatas mi salsa (31), con el que se hará una diferencia entre ambas variables: $(25 - 31 = 0)$ que por deducción lógica da cero (0) personas que no comieron pavo, pero si comieron patatas y salsa.
 - De la misma forma para conocer el número de enfermos que no comieron pavo (2) pero si comieron patatas y salsa (7) se utilizará la misma secuencia lógica antes indicada $(2 - 7 = 0)$.
4. Comieron pavo = 133
 - Comieron patatas y salsa = 127
 - Entonces: Para saber el número total de personas que comieron pavo, pero no comieron patatas y salsa, se utilizará los datos del número de personas que comieron pavo (133) y personas que comieron patatas y salsa (127) con el que se hará una diferencia entre ambas variables $(133 - 127 = 6)$, el que por deducción lógica da 6 personas que comieron pavo, pero no comieron patatas y salsa.
 - De la misma, forma para conocer el número de enfermos que comieron pavo (97) pero no comieron patatas y salsa (92), haciendo la diferencia $(97 - 92 = 5)$ resulta de cinco enfermos que comieron pavo, pero no patatas y salsa.

El resultado está dado por el mayor índice de ataque dentro de la clasificación cruzada, donde el mayor índice corresponde a los que comieron pavo, pero no comieron patatas mi salsa. Entonces, el estudio señala el pavo como el vehículo sospechoso, por lo que, se recomienda el análisis de laboratorio para corroborar los resultados hallados.

55.3 Para confirmar estos resultados, además debe determinarse el grado de asociación entre el índice de ataque de los que comieron pavo y patatas y salsa.

	Alimentos con mayor diferencial de I.A.		Total
	Si comieron pavo	No comieron pavo	
Si comieron patatas y salsa	72 A	0 B	72 A + B
No comieron patatas y salsa	83 C	8 D	91 C + D
Total	155 A + C	8 B + D	163 N

Se utilizará la prueba del ji-cuadrado 2×2 .

Fórmula:

$$X_c^2 = \frac{[(A \times D) - (B \times C) - N/2]^2 [N]}{(A + B)(C + D)(A + C)(B + D)}$$

$$X_c^2 = \frac{[(72 \times 8) - (0 \times 83) - 163/2]^2 [163]}{(72 + 0)(83 + 8)(72 + 83)(0 + 8)} = \frac{39858430.75}{8124480}$$

$$X_c^2 = 4.9059$$

$$X_t^2, 1gl, \alpha = 0.05 = 3.841$$

Interpretación: Como $X_c^2 > X_t^2$: $4.9059 > 3.841$

Se concluye que si existe asociación estadística significativa.

Rpta. El alimento responsable del envenenamiento por alimentos es el pavo.

Problema 56 (IA)

56.1 La información obtenida es de los Estados Unidos de Norteamérica, ocurridos en el año 1998 en el condado de Like.

El condado de Like tiene cuatro distintos escolares, 2 de los cuales son una extensión del condado Penton (vecino). El distrito más grande es el que corresponde a la escuela pública North Trail, al que acuden 1525 alumnos, desde jardín de niños hasta el 12avo año lectivo. De los alumnos de esta escuela 70% utilizan autobús escolar. North Trail también tiene una escuela parroquial católica romana llamado Luk's School con 250 alumnos en los años lectivos de 1 a 8. En esta escuela se utilizan los mismos autobuses en la escuela pública.

En la siguiente tabla se muestra información referida al grado lectivo, número de alumnos en la clase y número de enfermos por hepatitis para la escuela pública de North Trail y Luk's School del 28 de abril al 26 de mayo.

Escuela Pública North Trail				Escuela Luke's School			
Grado lectivo	Nº Alumnos	Nº Enfermos	Índice de ataque	Grado lectivo	Nº Alumnos	Nº Enfermos	Índice de ataque
Jardín	126	2	1.6	-	-	-	-
1º	128	0	0.0	1º	37	1	2.7
2º	121	0	0.0	2º	41	1	2.4
3º	107	0	0.0	3º	37	0	0.0
4º	106	2	1.9	4º	26	0	0.0
5º	120	1	0.8	5º	30	0	0.0
6º	111	1	0.9	6º	32	0	0.0
7º	110	3	2.7	7º	26	0	0.0
8º	120	6	5.0	8º	21	0	0.0
9º	143	7	4.9	-	-	-	-
10º	128	11	8.6	-	-	-	-
11º	112	1	0.4	-	-	-	-
12º	93	2	2.2	-	-	-	-

56.2 Compare los niveles de ataque por hepatitis infecciosa en las dos publicaciones.

Rpta. Para comparar los niveles de ataque, es necesario hallar los índices de ataque para la escuela pública North Trail y Luke's School, donde: los índices de ataque son uniformes bajos hasta el 6º año lectivo, pero a partir del 7º año lectivo aumentan las cifras en la escuela de North Trail, hasta cuando el índice ataques llega 8.6 que ocurrió en el 10º año lectivo. Pero luego según los índices de ataque son bastante menores en los años 11º y 12º. Por otro lado, se advirtió una notable diferencia indirecta que entre los grupos del 7º y 8º año lectivo en la escuela North Trail.

56.3 ¿Qué se puede deducir desinformación acerca de la distribución de la enfermedad en términos de lugar?

Rpta. Con 2 excepciones, todos los casos ocurrieron en la escuela de North Trail. Esto sugiere, que la experiencia como en la mayor parte de los casos guarda relación con la asistencial escuela North Trail.

56.4 Empleando la información acerca del tiempo, lugar y persona, los investigadores tienen datos importantes respecto a la población escolar, así:

- a. Los pequeños del jardín de niños hasta el 6° año no tienen permiso de salir de la escuela para almorzar. Pueden ingerir alimentos preparados en la cafetería de la escuela o llevar almuerzo del hogar.
- b. Sin embargo, los pequeños del 7° al 12° año lectivo, en la escuela North Trail, pueden salir de la escuela durante la hora de almuerzo. Como la escuela está a sólo una manzana de la calle principal muchos estudiantes van al centro para almorzar todos los días.
- c. En la escuela Luk's School, no permiten que ninguno de sus estudiantes de los grados de 1° al 8° salían de las instituciones para almorzar, todos los estudiantes deben comer en la cafetería de la escuela o llevar el almuerzo del hogar.

56.5 Convencidos de que había una fuente común de exposición, los investigadores comenzaron a buscar el vehículo de transmisión:

Las primeras fuentes importantes investigadas fueron los alimentos y el agua de bebida.

En la siguiente tabla se muestra el antecedente de exposición de 41 víctimas de hepatitis de 10 a 19 años, en el condado de Like en mayo de 1998

Alimento o agua	Si enfermaron	No enfermaron	Se desconoce	Total	Índice de ataque
Restaurante A	15	25	1	41	36.6
Restaurante B	17	23	1	41	41.5
Dairy Queen de North Trail	28	12	1	41	68.3
Dairy Queen de Spruce City	8	32	1	41	19.5
panadería North Trail	37	3	1	41	90.2
Suministro de H ₂ O North Trail	36	5	0	41	87.8

56.6 De la información proporcionada ¿qué hipótesis se pueden enunciar acerca de la fuente de infección?

Rpta. No se puede hacer deducción alguna, fundándose en la tabla en referencia, pues no hay un grupo de comparación sin enfermedad ni antecedentes de exposición. Pero, se sospecha que pudiera haber sido una de las fuentes con alto índice de ataque: panadería North Trail, suministro de agua municipal de North Trail y Dairy Queen de North Trail.

Es posible que todas las personas sanas o enfermas usen agua y la panadería y por tanto ser motivo de que los porcentajes sean altos y como tal, se recomienda investigar los tres alimentos adicionales.

56.7 ¿Cuál es la siguiente etapa de investigación?

Rpta. La siguiente etapa es tratar de precisar la fuente de la panadería, por tener el mayor índice de ataque (90.2).

56.8 Luego de la investigación se supo:

Se informa que uno de los ayudantes de la panadería de raza blanca de 34 años, estuvo impedido física y mentalmente. Visitó al médico el 6 de abril de 1998, quejándose de vómitos y resfriado, su esposa visitó al mismo médico dos días después, por presentar náuseas y dolorimiento general. El paciente siguió trabajando hasta el 11 de abril, cuando se le diagnosticó hepatitis infecciosa. Los compañeros de trabajo de la panadería e informaron que el paciente había emitido orina oscura durante casi cuatro días antes de dejar de trabajar, luego volvió al trabajo hasta el 23 de abril.

Conociendo el virus de la hepatitis infecciosa muere por el calor ¿Qué investigaciones adicionales se emprendería para comprobar el origen del virus?

Rpta. Precisar si el paciente enfermo manejó productos de panadería que tenían sustancias crudas. ¿Consumieron las víctimas materiales de la panadería cruda?

Al respecto, se supo que los panes, pastas, rosquillas, galletas y pasteles fueron glaseados y recubiertos con dulce especial, para lo cual, se observó que el recubrimiento se extendía sobre los productos con la mano. Como en la pastelería no se cuece más después del glaseado o de cubrir con dulce, son pues estos puntos probables de contaminación.

56.9 Compare la cifra diferencial de exposición a las fuentes alimentarias entre las poblaciones sanas y enfermas, aclare ulteriormente la verdadera fuente de infección.

En la tabla presentada a continuación se muestra la Comparación de los antecedentes de exposición de 41 víctimas de hepatitis “A” en el grupo de edad de

10 a 19 años, con antecedentes de exposición de un grupo de 56 familias sanas, en el grupo de edad de 10 a 19 años del condado de Like en mayo de 1998

Exposición a las fuentes alimentarias	Víctimas de hepatitis				Familias sanas				Diferencial de los índices de ataque
	Si enfermó	No enfermó	Se desconoce	I.A.	Si enfermó	No enfermó	Se desconoce	I.A.	
Restaurante A	15	25	1	36.6	22	31	3	39.3	-2.7
Restaurante B	17	23	1	41.5	15	39	2	26.8	14.7
Dairy Quen de North Trail	28	12	1	68.3	39	17	0	69.6	-1.3
Dairy Quen de Spruce City	8	32	1	19.5	6	50	0	10.7	8.8
Panadería de North Trail	37	3	1	90.2	26	29	1	46.4	43.8
Agua potable de North Trail	36	5	0	87.8	51	4	1	91.1	-3.3

Al comparar las 6 exposiciones enumeradas ¿Que fuente muestra el diferencial máximo entre sanos y enfermos?

Rpta. El investigador utilizó familias sanas como testigo y encontró gran diferencia entre la exposición de víctimas y la exposición de testigos a la panadería North Trail (43.8).

Explique la cifra alta de exposición al agua en los grupos enfermos y sanos.

Rpta. Los índices de ataques por ingestión de agua fue alta en los dos grupos (87.8 y 91.1), es decir, todas las personas del mismo lugar tienen el mismo suministro de agua, excepto quizá en áreas rurales donde se emplea los pozos.

4.3 Paquetes estadísticos

Hoy en día existen colecciones de programas computarizados para microcomputadoras y redes principales, denominados “paquetes” los cuales realizan cálculos estadísticos incluidas media, mediana y desviación estándar, error estándar, límites de confianza, pruebas de asociación y análisis de series temporales.

Los paquetes preconstruidos presentan una amplia variedad de nombres:

1. IBM SPSS Statistics (2009), comúnmente conocido simplemente como SPSS.
2. MINITAB (1985).
3. SAS (1976) y otros.

Los cálculos complejos y demasiado largos que puede llevar mucho tiempo realizarlos a mano pueden realizarse esta forma en pocos segundos. Además, nos permite almacenar, organizar, categorizar, analizar nuestros datos en forma fácil y rápida, para luego mapear ideas, intercambiar ideas y detectar relaciones entre variables.

Sin embargo, los paquetes computarizados pueden resultar peligrosos. Facilitan el rápido análisis de datos y por tanto tienden a fomentar la recogida de masa de datos sin un objetivo claro. También, es muy fácil probar muchas de las diferentes pruebas que están disponibles sin conocer los principios que las sustenten. Se pueden hacer las mismas observaciones en lo que se refiere a la utilización de calculadoras de bolsillo que tienen programas preformados para las pruebas estadísticas básicas que se utilizan habitualmente en epidemiología.

Más que formar veterinarios estadísticos tienen como fin aumentar la valoración y familiaridad con los métodos estadísticos. Lo primero requiere un conocimiento detallado de muchas técnicas estadísticas y sobre todo, un entendimiento de las suposiciones de las pruebas.

La estadística es una ciencia que constituye una parte importante de la epidemiología, no simplemente un adjunto subordinado. Por este motivo, frecuentemente las investigaciones epidemiológicas cuantitativas requieren una estrecha cooperación entre veterinarios y estadísticos.

Este libro se terminó de publicar en la editorial

**Instituto Universitario
de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú**



ISBN: 978-612-5130-58-7

