



FACULTAD DE AGRONOMÍA
Universidad Nacional de La Pampa

Ing. Agr. Rodolfo Oscar Braun

Dr. En Ciencias Agropecuarias (UNC) – Msc. En Salud y Producción Porcina (UNRC) – Máster en Docencia Universitaria (UB – España)

Profesor Asociado Regular Exclusivo

Categorizado desde el año 1994 a la actualidad COMISIÓN SUR del Ministerio de Educación de la Nación. Categoría actual: II (dos)

Resolución Conjunta SPU N° 3458/14 y SACT N° 71/14- Banco de Evaluadores del Programa de Incentivos. N° de evaluador 2930.

Producción Porcina - Epidemiología y salud

La idea básica de esta ciencia está centrada en el estudio de la distribución y frecuencia de las enfermedades y factores que la determinan en una población. La enfermedad se distribuye en tres espacios: 1) físico: que establece dónde ocurre; 2) tiempo: que condiciona cuándo ocurre y 3) individuo: que establece quién posee la enfermedad (machos, hembras). En tanto la frecuencia responde al cuánto de una determinada enfermedad, muchos o pocos afectados. Es decir que esta ciencia en su estudio mira a enfermos y sanos dentro de la población observada. La epidemiología puede centrarse en tres tipos de estudios a) descriptivos dónde se limita a informar que ocurre dentro de una población con más o menos detalles de la enfermedad, pero no establece por qué ocurre el evento; b) analíticos, donde trata de analizar el por qué ocurre el evento y por qué es diferente en un lugar y en otro y c) predictiva, donde establece qué podría pasar en el futuro a partir de situaciones presentes o pasadas. En cuanto a las medidas de frecuencia pueden ser absolutas que establece el número de casos en un momento dado (n° de casos de aftosa en la Argentina en el año 2009) y frecuencia relativa que relaciona los casos con la población que pudo haber sufrido la enfermedad, en este caso se controla el tamaño de la población. Dentro de las medidas de frecuencia relativa tenemos la prevalencia, que es una medida estática que informa la proporción de individuos enfermos en un momento dado, y la incidencia que determina cómo se difunde la enfermedad dentro de una población. Cuando queremos conocer si existe algún tipo de asociación entre las medidas de frecuencia y algún factor de exposición tenemos tres tipos de medidas a) de fuerza de asociación que establece que tan asociado está un factor de exposición con un evento o enfermedad (por ejemplo si las descargas vaginales están o no asociadas al tipo de piso de las parideras). Dentro de estas medidas tenemos al riesgo relativo individual y poblacional y a los odds ratio individual y poblacional; b) efecto de asociación: determina el impacto que produce esa enfermedad en los individuos expuestos al evento. Entre estas medidas encontramos el riesgo atribuible, fracción atribuible y fracción atribuible estimada; finalmente c) medida de efecto de asociación total: que establece el efecto que produce esa causa en

toda la población. Las medidas de efecto de asociación total son la fracción atribuible poblacional y la fracción atribuible poblacional estimada.

Concepto básico de salud animal

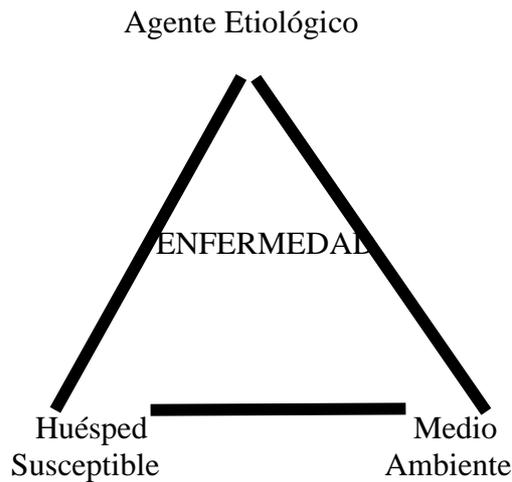
Es un estado de óptima producción y productividad, como una producción óptima de cerdos en engorde, debe de estar asociada a un concepto económico. Por ejemplo para optimizar la producción de carne, el uso de antihelmínticos es recomendado para controlar los parásitos internos que merman la ganancia de peso, pero no a un nivel tal de aplicación de antihelmínticos, que resulte totalmente antieconómico incrementar o mantener esa producción de carne. La salud animal es un concepto muy ligado a la economía. En el caso de los humanos se define salud: como un estado de óptimo bienestar físico y mental, concepto también plenamente aplicable a los animales ya que para lograr un estado de óptima producción y productividad, está plenamente demostrado que el conocimiento de los comportamientos animales (Etología) y el bienestar y el confort, elevan la producción de los animales y también la productividad, muchas veces con inversiones sencillas y duraderas; por ejemplo el uso de la sombra en zonas tropicales, reduce el estrés calórico, como uno de los causantes de contribuir a la pérdidas económicas en la producción de carne y leche y por otras enfermedades a las cuales el estrés (Estado de alerta) contribuye, tales como el estrés fisiológico, el de la lactancia, parto, destete y transporte.

Definición de Enfermedad

La enfermedad se puede definir como el riesgo de pérdida o disminución del potencial productivo. Las enfermedades se miden en términos económicos, de mortalidad o en el caso de las enfermedades clínicas y subclínicas, representadas en disminución de la producción, de carne y leche, mediante análisis costo utilidad o análisis beneficio/costo. En cuanto a los términos más usados para circunscribir el grado de avance de una enfermedad podemos citar: 1) Endémico: hace referencia a que la enfermedad está presente y que su frecuencia es predecible, 2) Epidemia: cuando una enfermedad se presenta por encima de los niveles esperados independientemente del número de casos, 3) Pandemia: es un estallido global de una enfermedad. Una influenza pandémica ocurre cuando una nueva influenza surge para la que hay una pequeña o ninguna inmunidad en la población animal y el virus comienza a causar enfermedad grave y entonces, se esparce fácilmente de animal a animal a través del mundo afectando a todos. 3) Esporádica: cuando la enfermedad se presenta en forma irregular y no predecible; 4) Emergentes: son enfermedades nuevas, que no estaban y de pronto aparecen y 5) Exóticas: las que no están y aparecen como nuevas, tal el caso de la gastroenteritis transmisible del cerdo.

Consideraciones Ecológicas de la Enfermedad

La salud y la enfermedad se han definido a la luz de la Ecología como el equilibrio, de la relación existente entre los agentes etiológicos (Virus, bacterias, parásitos), Hospedante (El animal) y el Medio Ambiente (Clima, Alimentación, Manejo), dichos factores pueden coexistir en un ecosistema dado sin que exista enfermedad, sin embargo cualquier factor que intervenga en el equilibrio de alguno de ellos, desencadena usualmente una serie de eventos, que dan como resultado la enfermedad. Las enfermedades no se determinan con la sola presencia de los agentes; la interdependencia del agente con el hospedante y el ambiente puede ser representada de acuerdo a la siguiente figura, cualquier modificación en uno de los componentes implica una modificación de los otros dos.



Interacción entre el animal, los agentes potenciales de enfermedad y el medio ambiente

Agente Etiológico: Virus, Bacterias, Parásitos.

Huésped: El componente animal interactúa a través de las razas, la edad, el estado fisiológico, el color del pelaje.

Medio Ambiente: Clima, Alimentación y Manejo.

Algunos ejemplos de las interacciones entre el agente etiológico, el huésped y el Medio Ambiente

Los agentes etiológicos no pueden considerarse como las únicas causas de enfermedad, las características y el estado del huésped y las complejas relaciones con el medio ambiente, permiten deducir que la enfermedad obedece a causas multifactoriales, podemos dar varios ejemplos sobre la causa de contribuciones a las enfermedades.

El caso del **Ántrax** o **Carbón Bacteridiano**, es un caso donde el agente es principalmente dominante, este agente es tan poderoso que en una amplia variedad de especies, si prácticamente hay una exposición, la única secuela será una enfermedad clínica, las características anatómicas y fisiológicas del huésped guardan poca o ninguna relación con el curso de la enfermedad y el ambiente tiene poca influencia aparte de determinar si las bacterias o esporas pueden hacer contacto con el animal susceptible, sabemos que los cambios ambientales poco afectan a las esporas, con la excepción, de las inundaciones en zonas tropicales, que han aumentado el riesgo de la enfermedad con grandes concentraciones en la superficie de la tierra; pero tomemos las mastitis, la cual es una enfermedad que depende mucho del huésped y del ambiente, una variedad de bacterias son las responsables de las mastitis subclínicas y clínicas, a pesar de los grandes avances en la generación de antibióticos, ha habido muy poco cambio en la cantidad y tipo clínico de enfermedades de la línea mamaria, aunque la importancia relativa de los gérmenes ha cambiado notablemente, hace algunos años en Gran Bretaña, *Streptococcus agalactiae*, era la bacteria usual causante de mastitis, pero después predominó *Staphylococcus aureus*, lo cual se debió a la aparición de cepas de estafilococo resistentes a los antibióticos y la efectividad de los mismos sobre *Streptococcus agalactiae*. La forma como los trabajadores manipulan las cerdas, las condiciones higiénicas, la nutrición y el diseño de las instalaciones, todos son elementos ambientales, que influyen la prevalencia de la infección y las enfermedades de la línea mamaria.

Se debe de aceptar que la salud y la enfermedad son altamente multifactoriales y dinámicas y que los agentes etiológicos, deben involucrarse como parte de un sistema, altamente influenciado por los huéspedes y la ecología y que durante este siglo, el factor que más puede influir en la presentación y diseminación de enfermedades, son los factores ambientales, como el cambio climático global. Los trastornos de salud ocasionados por agentes infecciosos, son expresiones de interacciones entre individuos, agentes potenciales de enfermedad y sus ambientes, en diversas proporciones de importancia, esto significa, que en muchas afecciones los agentes son sólo causantes incidentales en el proceso, en vista de que pueden ocurrir cambios de factores en cualquier momento, debe de aceptarse la característica dinámica de los procesos y considerarlos, como sistemas más que complejos limitados. Debe tenerse en cuenta además que la propagación de enfermedades de los animales al hombre y viceversa depende de factores ambientales y de manejo, que sólo pueden ser influenciados, si se logra una buena comprensión del proceso de morbilidad en cada especie. Para concluir los pilares de la salud animal se pueden resumir en:

a. Prevenir. b. Diagnosticar. c. Controlar o Erradicar. d. Valoración económica del costo de enfermedades. E. Educación.

Una de las grandes debilidades en la prevención, control y erradicación de las enfermedades, a pesar de muchas investigaciones, es la valoración económica del costo real de las pérdidas económicas ocasionadas por enfermedades, en términos sencillos, los productores saben cuánto invierten, pero desconocen cuando dejan de ganar por causa de las enfermedades y quizás otro factor clave es la Educación de los productores. A pesar de que hoy en América Latina, tenemos sofisticados sistemas de producción animal, existe una gran proporción de productores que aún manejan sus ganados, mediante prácticas ganaderas muchas veces culturales y ancestrales. Los entes gubernamentales que se encargan de campañas sanitarias, de control y erradicación de enfermedades, deben de insistir por ejemplo, que a la par de la ejecución de dichas campañas, éstas deben de ser integrales y multifactoriales, se debe educar en otros aspectos a los productores, no sólo en aspectos de Salud Animal, específicos para dichas campañas, sino en aspectos de Producción Animal, que ayuden al control de muchas enfermedades, como por ejemplo el mejoramiento del estado nutricional de los animales, factor clave en el establecimiento de un adecuado estado inmunológico de los mismos, frente a esquemas de vacunación o el gran significado que tiene mejorar el status nutricional para el control de parásitos externos e internos. Bajo estos esquemas podremos tener un manejo de la salud animal, multifactorial, integral y dinámico, que beneficie a los productores ganaderos, mediante tecnologías sencillas y sostenibles con la ecología y el medio ambiente.

La disciplina epidemiológica está relacionada por definición con el proceso de enfermedad en poblaciones animales. El objetivo básico de los estudios epidemiológicos es ver la forma y medios como reducir la frecuencia de la enfermedad en dichas poblaciones y cómo evitar que se produzcan aumentos imprevistos de esa frecuencia. Por ello, es que la epidemiología tiene como fundamento el enfoque preventivo en medicina veterinaria y su enseñanza debe formar parte integral del currículum de los profesionales (Putt and Wilesmith, 1987). La investigación en epidemiología veterinaria se realiza con metodologías prestadas de otras disciplinas. Como ejemplo a lo anterior, Schwabe (1982) describe la reciente transferencia de metodologías desde la salud pública y otras disciplinas hacia la epidemiología veterinaria, tales como el empleo del riesgo relativo, tablas de vida, riesgo atribuible y otras técnicas relativas a investigaciones de brotes epidémicos y seguimiento intensivo. Otras investigaciones epidemiológicas incorporan los análisis de series de tiempos.

Variadas técnicas de análisis multifactorial, que también han sido tomadas de otras disciplinas científicas (Riemann, 1988), tales como, por ejemplo, el manejo como afecta a la mortalidad en lechones (Waltner-Toews et al. 1986). Por lo anterior, no es de extrañar que los actuales profesores e investigadores de epidemiología veterinaria, hayan tenido su origen en la salud pública, en todos los países del mundo. Por otra parte, tampoco es de extrañar la mirada un poco sorprendida de algunos académicos y profesionales, frente a estos Individuos que se dicen epidemiólogos y se entrometen tomando parte de sus áreas propias de estudio, trabajo e investigación. Al respecto, una interpretación personal del crecimiento exponencial de esta disciplina epidemiológica en los últimos años, sería, porque viene a cumplir una función relacionadora e integradora de diversos enfoques y metodologías científico-tecnológicas, frente a la enfermedad animal. Por ello, así como es fundamental estudiar con precisión y detalle ciertas disciplinas microbiológicas, parasitológicas, etc., también es necesario tener personas con visión holística, es decir epidemiológica, del problema de salud animal, siendo ambas necesarias y orientadas al mismo fin. Ambas formas de enfrentar las situaciones en el campo, deben conjugarse en el médico veterinario que ejerce la profesión, como también en los académicos, que sin perder su identidad temática, deben sentirse formando parte de un intrincado sistema de relaciones. En general, el enfoque de la estrategia epidemiológica y medicina preventiva, se puede visualizar desde dos vertientes distintas, que en muchos casos se interconectan entre sí, ellas son:

a) Epidemiología cualitativa

Estudia la ecología de la enfermedad o también la llamada historia natural de la enfermedad, cuáles son las vías de transmisión, cómo se mantienen los agentes biológicos y las infecciones en los animales. La base de estos trabajos reside en las observaciones que se hagan en el terreno mismo, tanto en animales enfermos y sanos como en el manejo alimentario, reproductivo y sanitario. En este campo, es necesario reconocer el aporte insustituible de la microbiología en la identificación de los agentes de enfermedades infecciosas, en donde aún queda mucho por conocer. En este sentido, todo lo que ayude a explicar cómo se produce la enfermedad es de interés epidemiológico, de ahí que disciplinas como zoología, ecología, anatomía, parasitología, bioquímica, microbiología, entre otras, son de interés epidemiológico, puesto que pueden ser parte de la respuesta al problema sanitario-productivo (Cripps, 1987).

b) Epidemiología cuantitativa

Incorpora los Estudios Observacionales, Modelos y Evaluaciones del Impacto Económico de las enfermedades en los animales (Thrusfield, 1988 a).

1.- Estudios observacionales

Se diseñan para identificar los factores que pueden estar determinando una enfermedad, investigando su presentación natural, en lugar de experimentación. Algunos de ellos son Prevalenciales (corte transversal), Casos y Controles (en general retrospectivos) y de cohortes (prospectivos o de incidencias). El supuesto básico de estos estudios es que las enfermedades tienen etiologías multifactoriales, involucrando en su presentación a la interacción entre los factores, con diferentes intensidades. Estos estudios se sustentan en la información que se genera en el campo de la sanidad y producción animal; al respecto, los sistemas tradicionales de información en salud animal se han generado en los Servicios de Salud Animal de los gobiernos, quienes manejan las enfermedades de importancia nacional, particularmente aquellas que por ley deben informar. También muchos sistemas gubernamentales manejan diagnósticos de laboratorio y publican sus resultados en forma periódica. Por otra parte, se cuenta

con la información de mataderos, jardines zoológicos, registros prediales, resultados de exámenes de laboratorio en escuelas de medicina veterinaria. A nivel internacional y en el mismo sentido, la Oficina Internacional de Epizootias (OIE) entrega información de la mayoría de los países del mundo (Blajan, 1982), y particularmente en América del Sur, se cuenta con información periódica del Centro Panamericano de Fiebre Aftosa. El campo de la creación de registros de bases de datos epidemiológicos, es el que ha sufrido un mayor crecimiento en los últimos años y queda mucho por desarrollar y poner en práctica. A modo de ejemplo, tal es el caso del National Animal Health Monitoring System (NAHMS) en Estados Unidos de América, que a mediados de 1988 ya estaba incorporando siete estados (Farrar, 1988). Este sistema de información consiste en la generación de un listado aleatorio de productores basado en el tamaño y tipo de la explotación, a quienes se les contacta y se les explica el programa, solicitándoseles su participación; una vez que el productor acepta, el médico veterinario del sistema lo visita personalmente para una explicación más detallada de la necesidades y beneficios. Los antecedentes a recolectar se refieren en forma detallada a datos demográficos, situaciones de salud animal, costo de enfermedades y costos para prevención. A los productores no se les pide diagnóstico de enfermedades, sino que describan signos de ellas y una vez al mes reciben la visita del veterinario del sistema, quien revisa la información, registra los datos en una forma estandarizada y los remite a la oficina federal local. También Australia posee el Sistema de Información Nacional de Enfermedades Animales (ANADIS), que cuenta con una red de computadores interconectados, que empezaron con brucelosis y tuberculosis y al que se le fueron incorporando resultados de laboratorio, bancos de sueros y estudios de salud y productividad (Roe, 1980). Dinamarca por su parte, también posee un muy buen sistema de vigilancia epidemiológica y seguimiento de la procedencia de los animales, a partir de información de mataderos en cerdos (Willeberg, et al, 1984). En esta área de los estudios observacionales, se están depurando una serie de métodos para precisar y profundizar la observación de datos de salud animal. Es así como Hugh-Jones (1985) presentó el uso de los sensores remotos y satélites en epidemiología, técnicas que se pueden ir adaptando a las necesidades de censos animales y conocimiento de ciertas áreas con presencia de trematodos, mosquitos, etc. En Chile, en el Anteproyecto de Programa Nacional de Investigación en Salud Animal (Facultades y Escuelas de Medicina Veterinaria de Chile-SAG-IICA. Documento mimeografiado, 1989), en una de sus líneas de acción se contempla la creación de un sistema de base de datos para diferentes especies animales y condiciones de Salud Animal, integrando información actualmente generada y otra que será necesario producir e incorporar.

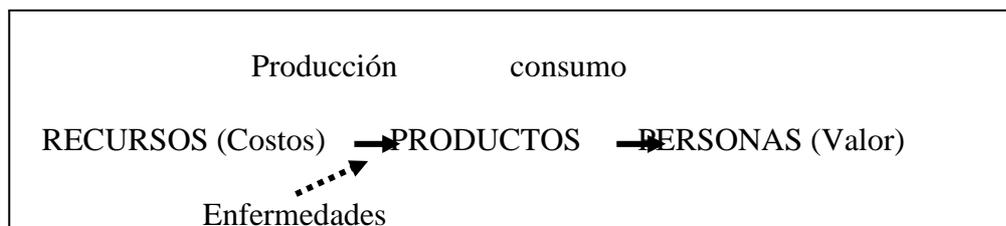
2. Modelos matemáticos

Los modelos matemáticos han servido en epidemiología para simular mecanismos de control en sistemas de producción animal afectados por enfermedades, junto con el impacto sobre la productividad del rebaño y las consecuencias económicas (Marsh, 1987). En general, la mayoría de los modelos se han desarrollado para controlar enfermedades del ganado tales como el ejemplo de Habtemarian *et al.*, (1988) usando *Schistosoma* y *Trypanosoma*, el de Curtis *et al.*, (1988), en que comparan diferentes modelos para analizar los efectos de grupos, en rebaños lecheros o el de Galligan *et al.*, (1988) en el que aplican la programación lineal multiobjetivo, para lograr las metas reproductivas en programas sanitarios de bovinos de leche. En cuanto a la información relativa a modelos en animales de compañía es muy escasa, siendo una excepción el trabajo de Wierup (1983), en el que presenta un modelo predictivo para una epidemia de parvovirus canina en Suecia, en base a datos demográficos. Los llamados sistemas

expertos y el desarrollo de la inteligencia artificial, son modelos que en su formulación incorporan la opinión, de especialistas (Bowen, 1985). Los sistemas expertos se desarrollaron inicialmente como ayuda para el diagnóstico clínico, como fue el caso del diagnóstico diferencial de la tos en el canino (Roudebush, 1984); como también se pueden usar para predecir la dinámica de enfermedades en poblaciones, como es el caso del sistema experto desarrollado por Gettinby (1987), que predice la transmisión y mantención de la Fiebre de la Costa Este, a través de varios parámetros de huéspedes y parásito. El campo de los modelos de enfermedades crónicas y de entidades no infecciosas, esta recién en sus inicios en América Latina, así como también los modelos productivos animales. Tanto estos, como los estudios observacionales, se podrán mejorar mucho, en la medida que se perfeccione la información básica que permita análisis, no solamente con una sofisticada metodología que ya existe, sino que sustentada en registros más precisos de la realidad.

3. La Epidemiología en las evaluaciones del impacto económico de enfermedades sanitario - productivas animales

Según Howe (1988), la epidemiología veterinaria y la economía tienen propósitos comunes, puesto que ambas están interesadas en la búsqueda de la eficiencia. Es en este sentido que a continuación se ofrecen algunos conceptos que grafican en parte la interrelación epidemiología-economía sin incursionar en mayores profundidades en un tema que corresponde a especialistas en la materia. La epidemiología, trata entonces de entender las formas de evitar y controlar lo que se llama "enfermedad", que afecta el proceso de transformación y por lo tanto se pierde algo del valor. Desde la economía, el conocimiento del proceso de transformación es esencial, porque les permite identificar y medir las variables que se ven afectadas en el curso de la toma de decisiones. En términos muy simples, lo que es esencial desde el punto de vista económico es ser precavido con el uso de los recursos y manejar el siguiente modelo básico de relaciones: (tomado de McInerney, 1987 b).



Por lo tanto, desde este punto de vista, las enfermedades interfieren con los recursos disponibles (pasto, trabajo, suelo), con lo cual se impide lograr el producto deseado en cantidad y calidad (carne, leche). Con esta perspectiva se hace más fácil comprender la concepción epidemiológica de causalidad, siendo de esta forma considerado como factor causal a cualquier factor que afecte el proceso de transformación de los recursos en productos. Estos efectos negativos en el proceso de transformación, llevan al primer concepto básico de pérdidas por enfermedad, que son las llamadas pérdidas directas. En dichas pérdidas directas existen unas fáciles de estimar puesto que son atribuibles al propio sistema productivo, tales como abortos, muertes y decomisos y otras más complejas de estimar como son reducciones de producción de leche, infertilidad o ganancia de peso. También existen las llamadas pérdidas indirectas, que afectan otras partes del sistema y también los beneficios de las personas, como por ejemplo: efectos sobre la salud pública (durante los meses de Enero-

Mayo de 1989 en el Reino Unido, los problemas de mayor impacto en la opinión pública han sido de salmonelosis en huevos, listeria en quesos y esteroides en carnes, acarreado sus repercusiones incluso a la salida de un ministro de salud pública), efectos sobre exportaciones (reales o potenciales) o de restricciones al desarrollo ganadero. En síntesis, en esta relación estrecha entre enfermedad animal-economía y concordando en gran medida con lo reseñado por McInerney (1987), son tres los elementos que hay que precisar:

a).- Las enfermedades animales son indeseables porque disminuyen las posibilidades de la personas de un mejor bienestar.

b).- El control de las enfermedades es en sí misma una actividad económica y por lo tanto debe enfocarse también en una dimensión de análisis económico-financiero y con las herramientas y la preparación de especialistas.

c).- Para abordar los costos de las enfermedades animales, se debe tener en consideración que son pérdidas evitables y no trabajar en condiciones de situaciones ideales imposibles de alcanzar.

A continuación se detallará brevemente algunos aspectos sobre estudios de observación, descriptivos y analíticos.

Medidas de frecuencia y asociación en la producción animal

Frente a un problema productivo, sanitario, reproductivo, de medio ambiente en una población animal ¿Qué respuesta tiene la ciencia para resolverlo?

Consideraciones a tener en cuenta

- 1) Naturaleza del problema
- 2) Tipos de problemas
- 3) Cómo se diagnostica un problema
- 4) Conocer la magnitud del problema (Medidas de frecuencia)
- 5) Conocer las medidas de asociación entre evento y factor de exposición (medidas de fuerza y efecto)

Interpretaciones

1) Naturaleza del problema

¿Se conoce el problema?

Si no se conoce la causa del problema: Comenzar con un estudio de tipo descriptivo en condiciones atemporales y no controladas y un experimental, en condiciones controladas. Se limitan a decir que está pasando con más o menos detalles.

Si se conoce la causa: evaluar si un estudio científico puede o no extrapolar resultados a otros contextos geográficos, productivos, sociales, etc. Si no puede extrapolar realizar experimentaciones e informar que los resultados son válidos en las condiciones descriptas en ese experimento.

En condiciones no controladas, con tamaño poblacional elevado, los estudios analíticos pueden ser pertinentes.

Estos estudios en general dicen lo que está pasando y el por qué. Se trata de inferir por qué ocurre en tal circunstancia y en tal no.

En condiciones especiales: falta de sustrato experimental (unidades experimentales), control de variables fijas, etc., los estudios de simulación pueden tomarse en cuenta. Pueden predecir a partir de una situación actual o pasada.

2) Tipos de problemas

Epidemiología: endemias, epidemias, emergentes, exóticas

Etología: naturaleza innata, adquirida, estereotipias, manejos, orden social

Nutrición animal: clínicos, subclínicos, condiciones ambientales.

Sistemas de producción: Confinamiento, aire libre.

3) Cómo se diagnostica un problema

- a) Métodos directos observación
- b) Métodos indirectos Técnicas de diagnóstico
- c) Manejo de indicadores Productividad

Cuando se desconoce el problema se acude a un estudio de tipo descriptivo que fundamentalmente se basa en analizar algunos parámetros productivos o epidemiológicos del área de interés de estudio. Por ejemplo: en La Pampa hay malos índices reproductivos en la población porcina. Ahora, ¿Cuáles son las causas?: ¿ineficiencia en los servicios, mala alimentación, problemas sanitarios? No se sabe, no hay registros. Con estas posibles causas en estudio, se podrían formular hipótesis para saber a qué factor de exposición se debe esta causa y acotar así el problema. La inducción es la vía formadora de hipótesis en los estudios descriptivos. En tanto en otros estudios donde sí hay hipótesis previas, cuya vía de formación es la deducción, se puede apelar a estudios más estructurados tales como: analíticos y modelos matemáticos de simulación.

Es cierto que después de un modelo descriptivo se pueden probar hipótesis insertas en modelos analíticos y de simulación.

Algunas metodologías para resolver estudios descriptivos Estudios en situaciones naturales no controladas

Es una modalidad de investigación sujeta a conocer situaciones preexistentes y actuales de la realidad. El foco de la investigación tiene carácter exploratorio y descriptivo, el diseño es emergente, se elabora sobre la información recogida. La recolección de datos tiene lugar en situaciones naturales, no controladas.

El objetivo principal es reducir de un modo sistemático e intencionado la realidad social, productiva o económica que se pretende estudiar, a un sistema de representación que resulte más fácil de tratar y analizar.

Lo que el investigador ve y oye constituye la mayor parte de la información. Posteriormente los registros que construye en la acción son los disparadores para la formulación de hipótesis de trabajo.

Estos estudios como modalidad de investigación se sirven de múltiples estrategias para obtener información: observación, entrevistas formales e informales, registros, archivos y el análisis de todo tipo de documentación.

Ni más ni menos que interpretar lo observado a partir de los informes descriptivos que se realizan. La perspectiva enfatiza la necesidad de adquirir una visión holística de la realidad a observar.

Las fases del proceso en situaciones no controladas no están tan definidas y delimitadas como las de la investigación tradicional. En ellas se consideran las siguientes áreas de estudio:

- a) El foco y la finalidad del estudio y las cuestiones que aborda
- b) El modelo de investigación utilizado y las razones de su elección
- c) Los parámetros sujetos de estudio, el escenario y contextos investigados

- d) La experiencia del investigador y sus roles en el estudio
- e) Las técnicas empleadas en el análisis de datos
- f) Descubrimientos del estudio: interpretaciones y aplicaciones.

A pesar de las dificultades que conlleva señalar normas y procedimientos, para llevar a cabo estos estudios, algunas orientaciones están establecidas:

- a) Ser descriptivo al tomar notas de campo
- b) Hacer acopio de gran variedad de información procedente de distintas perspectivas
- c) Efectuar validaciones cruzadas recogiendo diferentes tipos de datos, a través de observaciones, entrevistas, documentos, archivos y fotografías
- d) Seleccionar con cuidado informantes claves
- e) Ser consciente de las diferentes etapas del trabajo de campo
- f) Recordar que el observador también está siendo observado
- g) Centrarse en la elaboración de síntesis útil a medida que se acerca al final del trabajo preestablecido
- h) Implicarse cabalmente en cada realidad
- i) Realizar procesos de verificación del trabajo de campo

Estos estudios proporcionan información para desarrollar propuestas de investigación analítica, a configurar políticas de trabajo, defender y apoyar iniciativas, a estar mejor informados frente a la incertidumbre y a proporcionar información para ser sometida al rigor científico tradicional (curvas de distribución, análisis de regresión, correlación estadística, porcentajes de las posiciones que ocupa cada factor de estudio, contrastes de independencia, etc.).

Los análisis de datos más frecuentes en este tipo de estudios se circunscriben a medidas de frecuencia (prevalencia). Por ej.: presencia de aftosa.

Algunas metodologías para resolver estudios analíticos

Clasificación: a) direccionalidad
b) temporalidad

Direccionalidad: Longitudinales= Casos y controles, y cohortes
Verticales= Transversales

Temporalidad: a) Futuros= Cohorte
b) Pasado= Casos y controles
c) Presente= Transversales

Transversales: El juicio de la observación se hace en un momento determinado. Es un estudio estático. Ej.: conocer el status de una enfermedad en un momento determinado. Conocer un diagnóstico de situación (Hembras con mal umbral corporal en una lactancia). *Análisis de datos:* medida de frecuencia (Prevalencia).

Está basado en muestras aleatorias, en mediciones puntuales, y en caso que, se considere algún factor de exposición se pueden recurrir a medidas de fuerza y efecto de asociación (Siguiendo con el ej.: ¿las hembras de bajo umbral corporal se debe a que están expuestas a camadas numerosas? ¿Al tipo genético? ¿Al tipo de paridera? ¿Al sistema de alimentación? ¿Al sistema de lactancia= individual o en grupos?

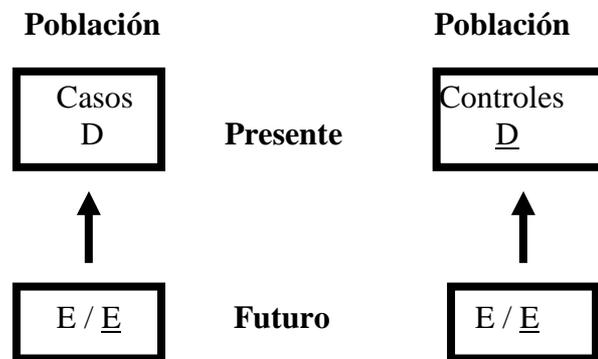
Casos y controles: Se estudia los efectos a partir de las causas, es retrospectivo y requiere de registros de datos previos. Siguiendo con el ejemplo: En la población de reproductoras que salieron de la lactancia se observan hembras con bajo umbral de peso

que comprometen la posterior vida reproductiva. Las hembras estuvieron expuestas a elevados tamaños de camadas al destete y a camadas normales. Se toma una muestra de hembras de bajo umbral que estuvieron expuestas y no expuestas (correspondería a los casos) y otro grupo de hembras de umbral normal que estuvieron expuestas y no expuestas (correspondería a los controles). Posteriormente se estudia la fuerza y el efecto de asociación entre el evento y el factor de exposición, para poder afirmar si se debe o no al tamaño de la camada el bajo umbral de peso a la salida de la lactancia.

Es un estudio que va del presente al pasado, se deben conocer buenas técnicas de muestreo para seleccionar los casos y los controles, criterios adecuados para seleccionar el factor de exposición.

Análisis de datos: medidas de frecuencia (prevalencia e incidencia), fuerza y efecto. La incidencia solamente si se estudian varias lactancias de las mismas cerdas retrospectivamente, o bien dentro de la misma lactancia en qué período se produce la mayor caída de peso (1° semana, 2°, 3°, etc.).

Estudios de casos y controles



E= expuesto – E = no expuesto – D = con el evento- D = sin el evento

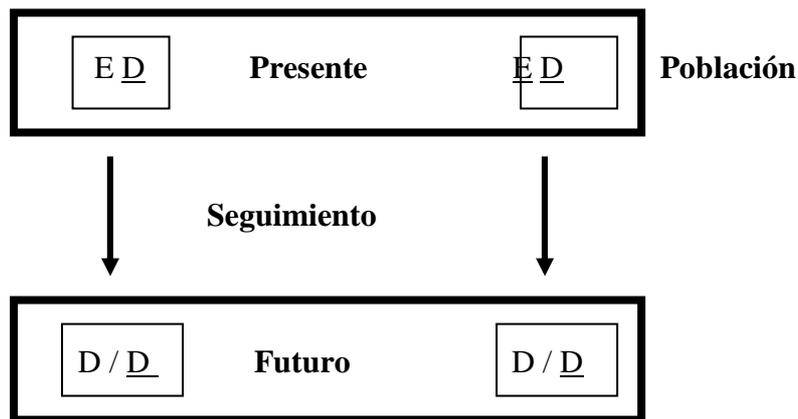
Estudio de cohorte: estudio prospectivo. El evento no está presente al momento de iniciar el estudio.

Ej.: población de hembras multíparas que comienzan su segunda lactancia. Después de 28 días se desea saber si hembras expuestas a un tamaño elevado de camada sale con bajo umbral de peso de la misma. Se hace le seguimiento durante la lactancia en los grupos de hembras expuestas y no expuestas, y al finalizar se registran los casos de bajo umbral y umbral normal dentro del grupo de expuestas y no expuestas.

Igual que el estudio anterior el análisis de datos se circunscribe a medidas de frecuencia (prevalencia e incidencia) de fuerza y efecto de asociación.

Condiciones: Seleccionar bien la muestra (poseer ausencia de resultado), seguir ordenadamente la cohorte, medir el resultado después de la exposición.

Estudio de cohorte



4) Conocer la magnitud del problema (Medidas de frecuencia)

a) **medidas absolutas:** (Nº de casos de aftosa en la Argentina por año) = 15 focos. Se usan en connotaciones de tipo público y no económico.

b) **medidas relativas:** tratan de relacionar con la población que pudo haber sufrido el evento. 15 focos pero en 4 establecimientos de tantos animales por establecimiento.

- Prevalencia= Nº de casos/Nº total de la población en riesgo= Proporción de individuos que tiene la característica en un momento dado. Es una medida estática.
- Incidencia acumulada: Nº de casos nuevos/Nº de individuos en riesgo en la población durante el período considerado. Idea de cómo se difunde el evento. Es una medida dinámica.
- Tasa de incidencia= Nº de casos nuevos/Sumatoria de períodos de tiempo en riesgo para cada individuo. **Toma en cuenta el tiempo**

Ejemplo: Problema=Seudorrabia en una población porcina – Diagnóstico serología. Supuestos: no ingresó ni egresó ningún animal del establecimiento desde 1/06 al 1/10. N= 1500

Períodos	1/06	1/07	1/08	1/09	1/10
N	1500	1500	1500	1500	1500
Serologías +	150	175	250	500	700
Nuevos casos		25	75	250	200
N en riesgo		1350	1325	1250	1000

- 1- Prevalencia en esos períodos
 - 2- Incidencia acumulada del 1/06 al 1/09
 - 3- Tasa de incidencia mensual para todo el período 1/06 al 1/10
 - 1- $1/07 = 175/1500 \times 100 = 12\%$
 $1/10 = 700/1500 \times 100 = 46\%$
 - 2- $500 - 150 / 1500 - 150 = 350 / 1350 \times 100 = 26\%$
 - 3- $(25/1350 + 75/1325 + 250/1250 + 200/1000) \times 100 / 4 = 11,85$ casos/mes
 $(550) / (1350 + 800/2) \times 4 \times 100 = 12,7\%$
- Tasa de incidencia= velocidad promedio en que se difunde el evento.

Interpretaciones: *Incidencia acumulada en términos de probabilidad*= 26% de riesgo que los cerdos de esa población mueran por Seudorrabia en el período de crecimiento y terminación.

Tasa de incidencia: el 11,85% de los cerdos en riesgo pueden morir por Seudorrabia cada mes.

5) Conocer las medidas de asociación

Conceptualización de términos

Factor de exposición: posibles causas que pueden originar un evento

Evento o efecto: condición del individuo o la población frente al factor de exposición.

Ej.: *Efecto:* individuo enfermo o no enfermo, individuo con ganancia diaria esperada o no.

Factor de exposición: individuo enfermo o no enfermo expuesto a vacunación o no expuesto. Individuo con ganancia diaria esperada expuesto a niveles nutricionales adecuados o no.

Hay tres tipos de medidas de asociación: 1) Fuerza, 2) Efecto y 3) Efecto total

Las de **fuerza** expresan qué tan asociado está un factor de exposición con un determinado efecto o evento. Por ejemplo que tan asociado está el piso de cemento de las parideras con las descargas vaginales de las cerdas en la primer semana de gestación. Riesgo relativo, odds ratio, riesgo relativo poblacional y odds ratio poblacional.

Las de **efecto** determinan qué impacto produce esa causa pero en los individuos expuestos. Riesgo atribuible, Fracción atribuible y fracción atribuible estimada.

Las de **efecto total** expresan la importancia que produce esa causa en toda la población. Riesgo atribuible poblacional, fracción atribuible poblacional y Fracción atribuible poblacional estimada.

Supuestos para el análisis estadístico:

- 1) Homogeneidad de proporciones
- 2) Independencia de la población
- 3) Si hay diferencias significativas, no se deben al azar

Seguimos con el ejemplo:

D = cerdas con descargas vaginales

D = cerdas sin descargas vaginales

E = cerdas expuestas a parideras de piso de cemento húmedo

E = cerdas no expuestas en parideras de pisos de cemento húmedo (seco)

↓ Factor de Exposición	<u>D</u>	D	➔ Efecto
<u>E</u>	A	B	A+B
E	C	D	C+D
	A+C	B+D	N= A+B+C+D

↓ Factor de exposición	<u>D</u>	D	➔ Efecto
<u>E</u>	13	2163	2176
E	5	3349	3354
	18	5512	5530

Medidas de frecuencia

Prevalencia: $18/5530 = A+C/n = 0,0032 \times 100 = 0,32\%$ de las cerdas de esta población presenta descarga vaginales el día x.

Incidencia de expuestas: $13/2176 = A/A+B = 0,006 \times 100 = 0,6\%$ de las cerdas de la población expuestas a piso de cemento presentan descargas vaginales.

Incidencia de las no expuestas: $5/3354 = C/C+D = 0,0015 \times 100 = 0,15\%$ de las cerdas de la población no expuesta a piso de cemento presentan problemas de descargas vaginales.

Medidas de fuerza de asociación

$$RR = IE/IE = (a/a+b)/(c/c+d) = (13/2176) / (5/3354) = 4$$

Tienen las expuestas cuatro veces más probabilidad de sufrir el evento que las no expuestas (medida que habla del futuro).

$$Odds\ ratio = axd / bxc = 13 \times 3349 / 2163 \times 5 = 4,02$$

Los animales con descarga vaginal han estado 4,02 veces más expuestos al factor de exposición que los no expuestos (habla del pasado), por eso no implica a las incidencias. Es una medida para utilizar en estudios retrospectivos.

RR Poblacional = I población / **IE** = $((a+c)/n) / (c/(c+d)) = (18/5530) / (5/3354) = 2,18$. El riesgo relativo de la población de poseer descargas vaginales en el primer período de la gestación es 2,18 veces más probable si están expuestas a piso de cemento a si no lo están.

$$Odds\ ratio\ Poblacional = c \times (b+d) / (a+c) \times d = 5 \times 5512 / 18 \times 3349 = 0,457$$

Indica cuantas veces más probable que el evento ocurra entre los individuos de una población si existió el factor de exposición.

La razón de los productos cruzados se debe a que esta medida es un estimador del RR. Se usa cuando la frecuencia del evento es muy baja. Por ej. En cáncer de pulmón:

$$RR = IE/IE = (a/a+b) / (c/c+d), \text{ siempre se usa si hay datos de incidencia}$$

Pero como en estos caso a y c son valores muy pequeños = $axd/bxc = Odds\ ratio$, reemplaza a la medida de RR en un estudio de caso control. Siempre se calcula porque no hace falta tener datos de incidencia.

Para determinar la significancia estadística y la confianza en que la asociación encontrada no se debe al azar, debemos calcular los límites de confianza. Hay que transformar y son asimétricos.

Hasta aquí se puede informar si hay o no efecto de asociación entre el evento y el factor de exposición.

Ahora, ¿Cuánto del evento se debe a ese factor de exposición y cuánto a otras causas?

Medidas de efecto de asociación

Riesgo atribuible (RA): $IE - \underline{IE} = 0,6\% - 0,15\% = 0,45\%$ (es el porcentaje de la incidencia en el grupo de expuestos que puede atribuirse al factor de exposición).

El RA, es el riesgo de sufrir el evento (descarga vaginal) debido a la exposición al factor de interés.

Es interesante saber que en ocasiones las medidas de fuerza de asociación (RR) son fuertes pero con poco efecto. En otras circunstancias las de fuerza pueden ser débiles y de mucho efecto.

Ahora, ¿Qué proporción del problema soluciono al eliminar el factor de exposición?

Fracción atribuible (FA)= $IE - \underline{IE} / IE = 0,6 - 0,15 / 0,6 = 0,75\%$ es la proporción de la incidencia que se debe al factor de exposición.

Es la proporción de la enfermedad entre los individuos expuestos debido a la exposición al factor de interés.

Hasta ahora hemos trabajado sobre expuestos, si vamos a la población hay expuestos y no expuestos por tal calculamos:

RA población y la FA de la población.

RA pobl.= proporción de expuestos en la población x RA

FA pobl.= proporción de expuestos en la población x FA

La salud y adecuados niveles de producción suponen un equilibrio dinámico entre el hospedador y su entorno. Es completamente obvio que este equilibrio se inclina frecuentemente contra el hospedador dando lugar a una enfermedad. El papel principal de los estudios epidemiológicos es la identificación y descripción de las circunstancias y factores que llevan al desequilibrio. El investigador en estos casos está interesado en la relación entre factores (hospedador y medio ambiente) y como varía esta relación (Wayne Martin y *et al.*, 1997). Las causalidades, de una u otra forma, son el interés central de la mayor parte de los estudios epidemiológicos. Sin embargo, puesto que la mayoría de los estudios epidemiológicos se basan en observaciones y se realizan en el campo fuera del control directo o indirecto del investigador, demostrar la causalidad es difícil, pero no imposible. De este modo, la interferencia de la causalidad y el efecto en base a los resultados de los estudios de observación y de las pruebas de campo es, en gran parte una cuestión de criterio (Susser, 1977). Para que un factor este causalmente asociado a un evento productivo o de enfermedad, la tasa del evento de los animales expuestos debe ser diferente de la tasa de los animales no expuestos a ese factor. Esto equivale a exigir que la frecuencia del factor en los animales con el evento o problema deba ser diferente de su frecuencia en los animales sin el evento o problema (Wayne Martin 1997). Estos estudios sobre producciones a campo son de interés teniendo en cuenta el predominio de este tipo de explotaciones en el país, donde sólo, según Marotta *et al.*, (1994) el 10 % de los cerdos faenados son terminados en sistemas intensivos, y su creciente importancia en Europa y el mundo como afirma Edwards y Zanella (1996). En el Reino Unido representaba menos del 6% de los rebaños llegando actualmente a más del 20%. Un aumento semejante se dio en Francia donde este tipo de sistema alberga al 10% del rodeo, y otros países como Dinamarca y Suecia que tradicionalmente fueron considerados impropios para la producción al aire libre están teniendo experiencia en proyectos pilotos. Las razones que hacen a este tipo de explotaciones son variadas, siendo la más importante la reducción de costos de inversión en relación a otros sistemas, por lo que se transforma en una producción de capital mínimo, que facilita su autofinanciamiento y rápida puesta en marcha. La reducción del capital en el sistema al de aire libre oscila entre un 40% y 70 % menos que el intensivo, debido principalmente a la diferencia inicial de inversión. Además los

animales al aire libre tienden a presentar mayor bienestar en comparación a cuando están encerrados en jaulas con mínimas disponibilidades físicas que limitan sus movimientos y su relación de convivencia. También, su relación con el humano se ve beneficiada, dado que los animales pueden anteponer cierta distancia cuando se presentan situaciones conflictivas. La producción al aire libre expone un atractivo panorama en el futuro, no sólo desde el punto de vista de la rentabilidad sino, de la perspectiva de nuevas tendencias que auguran leyes específicas de control de bienestar animal y ambiental (Muñoz Luna, 1997). En el país, este tipo de explotaciones tienen importancia sobre todo en la pequeña empresa, demostrado por Caminotti (1994), donde propone minimizar el riesgo económico financiero por medio de la diversificación, realizar una rotación de cultivos y del sistema productivo porcino para mantener la fertilidad y la estructura del suelo, y un uso más eficiente de los factores de la producción en especial, mano de obra. El tiempo que tardan los cerdos en alcanzar su peso de faena, aproximadamente 105 Kg., está condicionado por la tasa de crecimiento, y es la resultante de múltiples factores. Un mayor tiempo en alcanzar dicho peso afecta la eficiencia de conversión debido al alimento adicional de mantenimiento por los días extras (Vieites *et al.*, 1997) y afecta también la eficiencia en la utilización de instalaciones y circulación financiera. Basso (2000), enumera a la edad de faena como uno de los factores que pueden afectar la composición del tejido graso. Esta edad, se ve afectada por el peso al destete, tamaño de camada al nacimiento y el tipo de instalaciones de destete. Sostiene English *et al.*, (1992), que el cerdo produce más cuando se conserva la temperatura dentro de los límites de la zona de termo neutralidad, esto es entre la temperatura crítica inferior y la temperatura crítica superior (TCI y TCS). Para un cerdo con un peso vivo y condición fisiológica determinada, las condiciones de termo neutralidad pueden variar, principalmente, según el consumo de energía en forma individual, de acuerdo al tamaño del grupo, el tipo de superficie de piso y la ventilación. En la siguiente descripción de la investigación realizada por Braun *et al.*, (2005) se aporta conocimiento sobre la influencia que tiene el peso al destete, el provenir de camada numerosa y el tipo de instalaciones al destete, sobre la edad para alcanzar el peso de faena, en cerdos criados y terminados al aire libre. La experiencia se llevó a cabo en la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de la Pampa L.S 36° 46'; L.O 64° 16'; Altitud 210 m SNM). Los cerdos experimentales (N=283) estaban constituidos por machos castrados y hembras F2, provenientes de hembras híbridas (Yorkshire x Duroc Yersey) por macho Landrace (tamaño del rodeo reproductor: 55 hembras). Hasta el destete (28 días) se alimentaron con raciones comerciales constituidas por 3200 Kcal EM por Kg. de alimento (Kilocalorías de Energía Metabolizable por Kilo de alimento) y de 22 % de PB (Proteína Bruta). Hasta los 60 Kg., de peso vivo, raciones de crecimiento (recrea) compuestas por 3171.6 Kcal de EM/kg de alimento, 17,4 % de Proteína Bruta, 1,2 % de Ca (calcio) y 0,50 % P disponible (fósforo). Hasta los 105 Kg. de peso vivo, se les suministró dietas de terminación: 3174,5 Kcal EM por Kg., 15,5 % de Proteína Bruta, 0,884% de Ca. y 0,363 % de P disponible. Los ingredientes mayoritarios de estas dietas fueron maíz y expeller de soja. A partir de los 42 días se alojaron en piquetes de campo en grupos de 20 cerdos con refugio, comederos tolva y bebederos tipo niple. Se alimentaron *ad-libitum* y la forma de presentación de las dietas fue peleteada. El estudio realizado se circunscribió a la disciplina Epidemiología descriptiva. Las características de este tipo de estudio son que el foco de la investigación tiene carácter exploratorio y descriptivo, el diseño es emergente, y se elabora sobre la información recogida. El muestreo es intencional, se apoya en criterios internos y no siempre pretende generalizar los resultados. La recolección de datos tiene lugar en situaciones naturales, no controladas.

Enfatiza el papel del investigador como instrumento principal de la investigación. Los métodos de recolección de información pueden ser de naturaleza interactiva (entrevistas, encuestas, registros y documentos). El análisis de datos es inductivo ya que las variables y patrones emergentes se construyen sobre la información obtenida y el informe de investigación sigue el modelo de estudios de casos. Obtenida la información a partir de los instrumentos citados, se procede a su categorización (definiciones de variables), posteriormente, se contrastan con otras variables ya definidas que guardan relación con el objeto de estudio para interpretar determinados aspectos productivos. Con el fin de posibilitar la comprensión de la forma en que se procede a interpretar la información, las categorías de análisis definidas *a priori* y las que surgieron de la información (recursos humanos disponibles, acceso a tecnologías, modalidad de integración etc.) se codificaron por áreas temáticas donde estaban las transcripciones más representativas que ayudaron a definir cada unidad de análisis. Las condiciones para realizar esta categorización fueron la exclusión mutua, de modo que un mismo caso no pudo entrar simultáneamente en dos o más categorías, otra la pertinencia, es decir, que la categoría debió estar sujeta a los objetivos planteados en el análisis de la información, y finalmente, la objetividad y la fiabilidad para permitir que cualquier otro investigador la ubique en la información analizada. Estos análisis se pueden circunscribir a estudios de casos, y estudios de cohortes. Con ellos, se delimitan sobre las variables de estudios medidas de frecuencia: Incidencia de Expuestos (IE), Incidencia de no Expuestos (InE): Que indica el n° de casos que contraen el evento sobre el total de la población en riesgo o expuesta al evento durante un período de estudio, dando una idea de cómo se difunde el evento. Medidas de fuerza y efecto de asociación, como el Riesgo Relativo (RR) (fuerza): Que indica cuantas veces más poseen la posibilidad los individuos expuestos de sufrir el evento frente a los no expuestos. Riesgo Atribuible (RA) (efecto): Este es el riesgo de sufrir el evento en el grupo de individuos expuestos, debido a la exposición al factor de interés, es decir, cuánto de la incidencia en el grupo de los expuestos se debe al factor de exposición. Fracción Atribuible (FA) (efecto): Es la proporción del problema en los individuos expuestos que se solucionaría si se elimina el factor de exposición, o bien, que proporción de la incidencia se debe al factor de exposición. Se determinaron además, en este análisis, los correspondientes Intervalos de Confianza (IC 95%), que se calcularon, estimando el error estándar de la muestra usando el teorema central del límite para describir la variabilidad de la media, siendo el valor del área ($\alpha/2$) de 1,96. Para los cálculos estadísticos, se construyeron cuadros de doble entrada donde se ingresó los datos de la muestra. A continuación se detalla la información correspondiente a cada celda

	Evento		
factor de exposición	a	b	a+b
	c	d	c+d
	a+c	a+b	N

- N° de expuestos al factor de exposición que presentan el evento: (a).
- N° de expuestos al factor de exposición que no presentan el evento: (b).
- Total de expuestos: (a + b).
- N° de no expuestos al factor de exposición que presentan el evento: (c).
- N° de no expuestos al factor de exposición que no presentan el evento: (d).
- Total de no expuestos: (c + d).
- Total de individuos que presentan el evento: (a + c).

Total de individuos que no presentan el evento: (b + d).

Total de individuos de la población en estudio: (N).

Las fórmulas para el cálculo de las medidas de frecuencia y asociación, se describen a continuación.

Cálculos

Medidas de Frecuencia

$$\text{Incidencia de Expuestos (IE)} = (a/a+b) \times 100 =$$

$$\text{IC (95 \%)} = \ln IE \pm Z\alpha/2 \cdot \sqrt{1/a} = x$$

Los resultados obtenidos de los logaritmos naturales se transforman por antilogaritmo y resultan para su interpretación con resultados asimétricos.

$$e^x =$$

$$\text{Incidencia de no Expuestos (InE)} = (c/c+d) \times 100 =$$

$$\text{IC (95 \%)} = \ln InE \pm Z\alpha/2 \cdot \sqrt{1/c} = x$$

$$e^x =$$

Medidas de Fuerza y Efecto de asociación

$$\text{Riesgo Relativo (RR)} = \frac{a/(a+b)}{c/(c+d)}$$

Intervalo de confianza del Riesgo Relativo:

$$\text{IC(95 \%)} = \ln RR \pm Z\alpha/2 \cdot \left(\frac{1}{b+a} + \frac{1}{d+c} \right)$$

Los resultados obtenidos de los logaritmos naturales se transforman por antilogaritmo y resultan para su interpretación con resultados asimétricos.

$$e^x =$$

$$\text{Riesgo Atribuible (RA)} = (IE - InE) \times 100 =$$

Se expresa en %

$$\text{Fracción Atribuible (FA)} = \frac{IE - InE}{IE} \times 100 =$$

Se expresa en %

Factores de riesgo seleccionados *a priori* en esta experiencia: 1. Tamaño de camada al nacimiento: se consideraron los animales nacidos en camadas mayores de 10 versus igual o menores de 10 lechones. 2. Peso vivo al destete, a los 28 días de vida: se confrontaron los lechones que fueron destetados con un peso menor de 8 Kg., con los que alcanzaron un peso igual o mayor de 8 Kg. 3. Instalaciones de Destete: Alojados desde el destete a los 42 días sobre piso de tierra y sobre cajón elevado. Posteriormente, se instalaron en pistas de recría y terminación a campo y se observaron los cerdos que alcanzaron el peso de faena (105 Kg.) antes o después de los 160 días. Sobre la información obtenida se calcularon medidas de frecuencia y de fuerza y efecto de asociación.

Los resultados analizados fueron los siguientes:

Cuadro 1: Tamaño de camada al nacimiento: (N° de animales)

Evento ↓ Factor de Exposición	Alcanzar los 105 Kg. Después de 160 días	Alcanzar los 105 kg. Antes de 160 días	Total
Mayor de 10	79	28	107
Menor de 10	122	54	176
Totales	201	82	283

Cuadro 2: Peso vivo al destete a los 28 días de vida: (N° de animales)

Evento ↓ Factor de Exposición	Alcanzar los 105 Kg. después de 160 días	Alcanzar los 105 kg. Antes de 160 días	Total
Menos de 8 kg.	121	66	187
Más de 8 Kg.	23	73	96
Totales	144	139	283

Cuadro 3: Instalaciones al destete: (N° de animales)

Evento ↓ Factor de Exposición	Alcanzar los 105Kg. después de 160 días	Alcanzar los 105 kg. Antes de 160 días	Total
Piso de tierra con refugio	75	69	144
Cajón elevado	31	108	139
Totales	106	177	283

Cuadro 4: Valores de las medidas de frecuencia, fuerza y asociación, ± ES (IC 95%).

Factor Medida	Tamaño de Camada al nacimiento	Peso vivo al destete a los 28 días de vida	Instalaciones al Destete
IE (%) IC (95%)	73,83 0,5922<0,7383<0,9204	64,7 0,5414<0,6470<0,7732	52,08 0,4153<0,5208<0,6531
InE (%) IC (95%)	69,31 0,5804<0,6931<0,8277	23,95 0,1592<0,2395<0,3605	22,3 0,1568<0,2230<0,3171
RR IC (95%)	1,0651 0,7225<1,0651<1,5701	2,7007 2,1583<2,7007<3,3795	2,3353 1,9270<2,3353<2,8301
RA (%)	4,5135	40,7475	29,7811
FA(%)	6,1133	62,9734	57,1798

De las 283 observaciones se obtuvieron los siguientes resultados: en el caso de Incidencia de Expuestos (IE) para lechones que nacieron de camada numerosa, (+de 10) alcanzaron el peso de faena el 73,83 % después de los 160 días, mientras que la Incidencia de no Expuestos (InE), es decir los que nacieron en camada de menos de 10 lechones el 69,31 % alcanza el peso después de los 160 días. El Riesgo Relativo (RR): fue de 1,06. Expresa cuántas veces más es probable que alcancen los 105 Kg. de peso vivo, después de los 160 días los lechones nacidos de camada numerosa con respecto a los lechones que nacieron en camadas poco numerosa; el intervalo de confianza varió entre 0,7225-1,5701. Cuanto más cerca de 1 es este valor demuestra la no asociación del factor con el evento. El Riesgo Atribuible (RA), es el riesgo de alcanzar el peso de faena después de los 160 días, habiendo nacido de camada numerosa. Su valor fue de 4,51% e indica cuánto de la incidencia en el grupo nacido de camada numerosa se debe a este factor. De acuerdo al resultado, podemos inferir que el provenir de camada numerosa, o no, tiene poca importancia en definir a qué edad se logra el peso de faena. El resultado de Fracción Atribuible (FA) fue de 6,11%; estima la proporción de cerdos que alcanzaron el peso de faena antes de los 160 días, en el grupo de lechones provenientes de camadas poco numerosas. Teniendo en cuenta la dos últimas medidas (RA y FA) se observa que el factor en cuestión es poco determinante en la duración, del periodo crecimiento-terminación y se solucionaría poco de este problema en caso de que los cerdos provengan de camadas poco numerosas.

Para el factor: peso vivo al destete a los 28 días de vida, la IE, explica que terminaron después de los 160 días el 64,7 % de los lechones que pesaron menos de 8 Kg., mientras que la InE, muestra un valor de 23,95 %, que son los cerdos que pesaron más de 8 Kg., de peso vivo y alcanzaron el peso de faena pasado los 160 días. En este caso el RR, estaría indicando que tienen una probabilidad de 2,7 veces más de alcanzar el peso después de los 160 días los lechones que fueron más livianos al destete, con una variación, IC (95%), que va desde 2,1583 hasta 3,3795. El resultado obtenido en el caso del RA, es de 40,74%; expresa el porcentaje de los cerdos que pesaron menos de 8 Kg., de peso vivo al momento del destete y que alcanzaron después de los 160 días de vida la edad a faena, y que, efectivamente, se debió al factor en cuestión.

La FA fue de 62,97%. Representa el porcentaje de los individuos que alcanzaron el peso después de los 160 días. Lo harían antes en el caso de superar la diferencia de peso al momento de destete. Por su resultado, se infiere que es un factor de importancia para definir el tiempo necesario para alcanzar el peso de faena. Trabajar en

ese aspecto lograría mejoras sustanciales en cuanto a la duración del periodo crecimiento y terminación.

Teniendo en cuenta el factor de exposición que contempla los tipos de instalaciones al destete, la IE, arrojó un resultado de 52,08%. Expresa el porcentaje de los cerdos alojados en piso de tierra con refugio, que alcanzaron su peso de faena en más de 160 días, en contraposición a lo que indica el resultado de la InE, donde sólo el 22,3% de los cerdos destetados en cajón elevado, superó los 160 días para llegar a los 105 Kg. de peso vivo. Para este factor de exposición el RR fue de 2.33. El resultado establece las veces con mayor probabilidad de que alcancen el peso de faena después de 160 días cuando los cerdos han sido destetados sobre tierra con refugio, respecto a ser destetado en cajón elevado. El valor de Riesgo Atribuible, fue de 29,78%. Expresa el riesgo de alcanzar el peso de faena pasado los 160 días, cuando los lechones son sometidos a instalaciones de destete en piso de tierra con refugio. El resultado de Fracción Atribuible refleja que un 57,17% de los cerdos que no alcanzaron el peso antes del tiempo objetivo, lo podrían hacer en el caso de utilizar la otra alternativa de instalación: el cajón elevado. Resultado que indica que se soluciona más de la mitad del problema con una pequeña inversión que sería la compra o fabricación de refugios más adecuados.

De los resultados se desprende, que de los factores analizados, el que reviste más importancia es el peso al destete, y en segundo lugar, las instalaciones donde son alojados después del destete, teniendo muy escasa importancia el que los cerdos provengan o no de camada numerosa. Es de esperar una buena respuesta productiva, si se destetan lechones a los 28 días con 8 kg o más, de peso vivo y en alojarlos en cajones elevados hasta los 42 días de vida.

También la mortinatalidad constituye la causa primordial de muerte en lechones, pero no se conoce bien su relación con el comportamiento de la cerda durante el parto, en este aspecto Braun *et al.*, (2007) realizó una experiencia con fundamento epidemiológico para determinar la causalidad de este evento. Durante el nacimiento, los distintos sacos amnióticos se abren por ambos lados, convirtiendo cada cuerno uterino en un tubo deslizante. Los lechones emprenden el peligroso viaje a lo largo del útero y del canal de parto (Randall, 1972). La mayoría de los lechones expulsados tempranamente son nacidos vivos, pero a medida que avanza el parto, una proporción creciente de ellos son mortinatos. Tales animales muestran típicamente falta de oxígeno en sus vías respiratorias, a menudo asociado con lesión del cordón umbilical. Ello está relacionado probablemente con el estiramiento del cordón durante la expulsión del lechón, especialmente para aquellos lechones situados junto al extremo ovárico del útero. La mayoría de mortinatos ocurren cuando se suspende el suministro fetal de oxígeno y el animal muere antes de alcanzar el mundo exterior (Randall, 1978). La tasa de mortinatalidad tiende a ser alta en partos prolongados, especialmente en los que duran más de 6 horas, y en casos en que el lechón es expulsado tras un intervalo inusualmente largo. Estos hallazgos sugieren que los factores de manejo que aumentan el tiempo necesario para expulsar los lechones, probablemente incrementarán la proporción de mortinatos, pero poco se sabe acerca de las causas reales de partos prolongados. La expulsión de los lechones se puede retrasar por molestias importantes a la cerda (malas instalaciones, sobreabundante atención durante el parto, ruidos), pero no se sabe si el nivel de estrés habitual en granjas comerciales es suficiente para retrasar el proceso del parto, y si dicho retraso aumenta el número de mortinatos. Es cierto que la falta de suministro de oxígeno o el suministro interrumpido durante el nacimiento da lugar a la mortinatalidad (Lawrence *et al.*, 1992). De acuerdo a Curtis, 1974, por la observación y determinación de atelectasia, expresión médica que consiste en una

aireación incompleta o nula de los pulmones se puede establecer si la mortalidad ocurre antes o después del alumbramiento. En los mortinatos con atelectasia primaria - testeado a través de la prueba pulmonar hidrostática para verificar si existió respiración pulmonar, los pulmones son rojo oscuro y están completamente desprovistos de aire. Se palpan difusamente compactos y la prueba de la flotación o docimasia es negativa. Histológicamente el epitelio alveolar es prominente, se ve como una capa continua de células cúbicas. Las causas son obstrucción de las vías respiratorias por aspiración de líquidos antes del alumbramiento del lechón, estímulos respiratorios inadecuados y falta de sustancia tenso activa pulmonar por inmadurez de las membranas hialinas idiopáticas en ocasiones.

En términos generales, la mortalidad neonatal es la que ocurre en los primeros siete días post-parto, siendo el 1º día el más complejo para la sobre vida neonatal. La naturaleza de las causas de las muertes neonatales varía y se ve involucrada la apreciación subjetiva del productor. Puede haber uno o más factores predisponentes que den lugar a la muerte del lechón en ese período. Actualmente hay tasas de mortalidad neonatal muy altas e inaceptables al aire libre y raramente son debidas a un agente causal simple, se asocian a aspectos de cuidados en esa etapa, factores inmunológicos, termorregulación, factores de comportamiento, tamaño de camada, nutrición, manejo del recién nacido y experiencia de la cerda en el parto (Vestergaard *et al.*, 1984). Una de las principales causas de mortalidad neonatal en el 1º día post - parto es el aplastamiento de los lechones por parte de la cerda (30-45% de las bajas), estando su origen en la mayoría de las ocasiones en un mal diseño de las instalaciones, más concretamente de la jaula de partos. Junto al mal diseño de las jaulas de parto existen otros factores que contribuyen a aumentar el aplastamiento como son: el peso elevado de la cerda, las situaciones de estrés, y cualquier causa que ocasione intranquilidad en la cerda (falta de agua, excesivo tamaño de la camada), o presencia de alguna enfermedad: fiebre puerperal -mastitis, metritis y agalaxia, MMA (Varley, 1998).

La mayor incidencia por aplastamiento se ha observado en las primeras 12-24 horas post-parto, debido a que el lechón en las primeras horas de vida prefiere descansar cerca de la madre, buscando el alimento o el calor. La falta de succión a causa de la hipotermia e hipoglucemia, apremia al neonato al reconocimiento instintivo de los beneficios térmicos del entorno inmediato de la madre, aumentando su posibilidad de morir por aplastamiento (Lammers *et al.*, 1986). De ahí que una mayor vigilancia y atención en los momentos posteriores al parto hasta que se establezca el ciclo de amamantamiento y, se observe un comportamiento normal de los lechones, reducirá las bajas por aplastamiento. La habilidad del cuidador resulta crucial para conseguir el máximo potencial de los animales en términos de producción. Las personas que trabajan en sistemas de producción animal y particularmente con cerdos, son un componente vital, y su participación se relaciona con el bienestar de los animales, la cantidad y calidad de la producción del sistema, la productividad, eficiencia y competitividad, y también con la adaptabilidad y flexibilidad del sistema. (English *et al.*, 1992).

Según Rohde Parfet *et al.*, 1989, la frecuencia con que la cerda se mantiene de pie alrededor del parto no se ve afectada por el diseño de jaula de parto, pero sí se relacionó negativamente con el tamaño de camada y con la duración del intervalo entre nacimientos dentro de la camada.

Los lechones que nacen tarde están en desventaja porque encuentran una mama ocupada por los hermanos de camada y ampliamente agotada del primer calostro obtenible con facilidad de tetas no mamadas. También la toma de calostro se reduce por un peso al nacimiento bajo y por una temperatura ambiental inadecuada, aspectos que

pueden aumentar la mortalidad en las primeras horas de vida (Le Dividich y Noblet, 1981).

No cabe duda que de la buena profesionalización y preparación de los operarios de la granja en materia de cuidados maternos, dependerá el mayor o menor porcentaje de mortalidad neonatal. Cuanta más atención y cuidados se le preste al lechón en las primeras horas de vida mayor será la tasa de supervivencia. La vigilancia de los partos aumenta la supervivencia en un 2-3% (Quiles, 2004).

Otra de las causas probables por la que se produce aplastamiento es la ocurrencia de partos en madres primerizas o no experimentadas. Durante el parto, cuando los lechones están siendo expulsados, hay cerdas que son tranquilas y que se echan sobre un flanco durante el tiempo que dura el mismo. Otras cerdas pueden estar muy inquietas, lo que particularmente se aplica a las primerizas. Esta inquietud expone a los cerditos recién nacidos al riesgo de ser aplastados, especialmente porque los lechones se encuentran en el proceso de exploración inconstante de su nuevo ambiente, con una tendencia a mantenerse en contacto estrecho con la cerda. Si esta se halla de pie, es probable que los cerditos recién nacidos anden desorientados debajo de ella, encontrándose en riesgo evidente de ser aplastados en caso que la cerda se echara sin cuidado por su inexperiencia. En forma alternativa, pueden estar mamando o dormidos junto al vientre de la cerda, en cuyo caso el riesgo es que la cerda gire su cuerpo para descansar sobre su otro costado y se produzcan aplastamiento de lechones (English *et al.*, 1985). El mayor porcentaje de bajas se produce en el primer parto, y disminuye hasta el cuarto, a partir del cual comienza a aumentar, debido al incremento de peso vivo de la hembra y a una disminución de la capacidad láctea de la cerda. Además, debemos añadir el hecho que una elevada prolificidad conlleva lechones con menor peso al nacimiento y una mayor competencia intra-camada. Por encima del séptimo parto la mortalidad es mucho mayor debido a que las camadas son más heterogéneas y menos vigorosas. Por otra parte, se ha observado que el aplastamiento es más elevado en cerdas multíparas que en primíparas, seguramente porque éstas últimas tienen un menor peso corporal. (Quiles, 2004).

Las cerdas son habitualmente bastante inactivas mientras el parto está en curso. A menudo se levantan, giran y olfatean los primeros lechones nacidos (Jensen, 1986), pero este comportamiento desaparece cuando nacen más lechones, permaneciendo inactivas y tumbadas durante el primero o los dos primeros días de lactación (Fraser y Phillips, 1989). No obstante, la competencia neonatal en camadas numerosas es de máxima importancia para la supervivencia del lechón. Uno o más de los animales pequeños o menos competitivos pueden no tener éxito en establecer la propiedad de una mama, especialmente en camadas numerosas. Serán excluidos de conseguir el calostro y la leche, lo que provocaría que queden postergados en cuanto a su desarrollo en comparación a sus hermanos, pudiendo morir por inanición directamente. La mayoría de los aplastamientos recaen sobre lechones débiles, con pocos reflejos y con movimientos lentos, lo que les provoca una reacción tardía ante los movimientos de la cerda cuando se tumba.

La salud y adecuados niveles de producción suponen un equilibrio dinámico entre el hospedador y su entorno. Es completamente obvio que este equilibrio se inclina frecuentemente contra el hospedador dando lugar a una enfermedad o caída de algún indicador de producción. El papel principal de los estudios epidemiológicos es la identificación y descripción de las circunstancias y factores que llevan al desequilibrio. El investigador en estos casos está interesado en la relación entre factores (hospedador y medio ambiente) y como varía esta relación (Wayne Martin *et.al.*, 1997). Es

trascendente entonces conocer cuáles son los factores al que están expuestas las cerdas, para que aumenten la incidencia de mortinatos a causa de partos prolongados.

Las causalidades, de una u otra forma, son el interés central de la mayor parte de los estudios epidemiológicos. Sin embargo, puesto que la mayoría de los estudios epidemiológicos se basan en observaciones y se realizan en el campo fuera del control directo o indirecto del investigador, demostrar la causalidad es difícil, pero no imposible. De este modo, la interferencia de la causalidad y el efecto en base a los resultados de los estudios de observación y de las pruebas de campo es, en gran parte una cuestión de criterio (Susser, 1977).

Para que un factor este causalmente asociado a un evento productivo o de enfermedad, la tasa del evento de los animales expuestos debe ser diferente de la tasa de los animales no expuestos a ese factor. Esto equivale a exigir que la frecuencia del factor en los animales con el evento o problema deba ser diferente de su frecuencia en los animales sin el evento o problema (Wayne Martin *et al.*, 1997).

En la siguiente experiencia se evaluó si los partos prolongados son la principal causa de muerte perinatal en cerdas de 1° parto y de 3° parto alojadas al aire libre, si la muerte perinatal es más importante en cerdas jóvenes, y si el total de muertes tiene relación con el número ordinal de parto, sobre registros de parto obtenidos de un rodeo reproductor.

Para llevar adelante la experiencia, el estudio se realizó en el departamento Conhelo de la provincia de La Pampa, Argentina durante el año 2009, con los datos de parto registrados sobre un rodeo de 60 cerdas híbridas F2 (Hembras F1= Landrace x Yorkshire x macho Duroc Yersey), alojadas al aire libre. El número de partos del rodeo por hembra/año fue de 1,7 (60 x 1,7= 102 partos), durante pariciones de otoño y primavera.

Se registraron 85 partos, 40 en primíparas (P) y 45 en múltiparas (M). En ambos grupos se establecieron 7 espacios de tiempo de duración de los partos (Cuadro 1), y se consignaron tres motivos de muerte: momificados (muertes fetales, MF), mortinatos (muerte perinatal, MP) y otras causas de muerte (traumatismos, aplastamientos, ocurridas en 1° día de vida, OM). El registro de MP y OM se determinó con informe clínico y diagnóstico por necropsia e histopatología.

Para determinar si la duración del parto tenía relación con el n° total de muertos, se construyeron tablas de contingencia 7x2, y para establecer evidencias estadísticas entre P y M de 2x2. Los datos se analizaron mediante la prueba χ^2 . Del total de muertos (MP, MF y OM) se determinaron medidas de frecuencia y fuerza de asociación frente a dos factores de exposición: P y M.

El estudio realizado para establecer asociación estadística entre las causas de muerte (MF; MP y OM) y el n° ordinal de parto (P y M), se circunscribió a la disciplina Epidemiología descriptiva.

Las características de este tipo de estudio son que el foco de la investigación tiene carácter exploratorio y descriptivo, el diseño es emergente, y se elabora sobre la información recogida. El muestreo es intencional, se apoya en criterios internos y no siempre pretende generalizar los resultados. La recolección de datos tiene lugar en situaciones naturales, no controladas. Enfatiza el papel del investigador como instrumento principal de la investigación. Los métodos de recolección de información pueden ser de naturaleza interactiva (entrevistas, encuestas, registros y documentos). El análisis de datos es inductivo ya que las variables y patrones emergentes se construyen sobre la información obtenida y el informe de investigación sigue el modelo de estudios de casos. Obtenida la información a partir de los instrumentos citados, se procede a su categorización (definiciones de variables), posteriormente, se contrastan con otras

variables ya definidas que guardan relación con el objeto de estudio para interpretar determinados aspectos productivos.

Con el fin de posibilitar la comprensión de la forma en que se procede a interpretar la información, las categorías de análisis definidas *a priori* y las que surgieron de la información (recursos humanos disponibles, acceso a tecnologías, modalidad de integración etc.) se codificaron por áreas temáticas donde estaban las transcripciones más representativas que ayudaron a definir cada unidad de análisis. Las condiciones para realizar esta categorización fueron la exclusión mutua, de modo que un mismo caso no pudo entrar simultáneamente en dos o más categorías, otra la pertinencia, es decir, que la categoría debió estar sujeta a los objetivos planteados en el análisis de la información, y finalmente, la objetividad y la fiabilidad para permitir que cualquier otro investigador la ubique en la información analizada.

Las asociaciones estadísticas entre evento y factor de exposición, se pueden circunscribir a estudios de casos, y estudios de cohortes. Con ellos, se delimitan sobre las variables de estudios medidas de frecuencia: Incidencia de Expuestos (IE), Incidencia de no Expuestos (InE): Que indica el n° de casos que contraen el evento sobre el total de la población en riesgo o expuesta al evento durante un período de estudio, dando una idea de cómo se difunde el evento. Medidas de fuerza y efecto de asociación, como el Riesgo Relativo (RR) (fuerza): Que indica cuantas veces más poseen la posibilidad los individuos expuestos de sufrir el evento frente a los no expuestos. Riesgo Atribuible (RA) (efecto): Este es el riesgo de sufrir el evento en el grupo de individuos expuestos, debido a la exposición al factor de interés, es decir, cuánto de la incidencia en el grupo de los expuestos se debe al factor de exposición. Fracción Atribuible (FA) (efecto): Es la proporción del problema en los individuos expuestos que se solucionaría si se elimina el factor de exposición, o bien, que proporción de la incidencia se debe al factor de exposición. Se determinaron además, en este análisis, los correspondientes Intervalos de Confianza (IC 95%), que se calcularon, estimando el error estándar de la muestra usando el teorema central del límite para describir la variabilidad de la media, siendo el valor del área ($\alpha/2$) de 1,96.

En esta experiencia se determinaron dos factores de riesgo *a priori* para establecer la asociación estadística con las muertes alrededor del parto (MF; MP y OM): 1) cerdas de 1° parto y 2) cerdas de 3° parto; y se establecieron medidas de Incidencia y Riesgo relativo.

En el Cuadro 1 se detallan los resultados de la experiencia del total de nacidos vivos y total de muertes ocurridas en cada intervalo de parto en cerdas de 1° y 3° parto. En el mismo se observa la ausencia de nacimientos en multíparas más allá de la quinta hora de iniciado el parto. Es mayor el n° de momias expulsadas en cerdas de 3° parto, y también por otras causas de muerte. La mortinatalidad está más acentuada en cerdas de 1° parto.

Cuadro 1: N° de partos, total de camada, nacidos vivos y distribución de muertes (MF, MP y OM), en cada intervalo de parto en cerdas primípara (P) y múltiparas (M).

Duración del parto (Hs)	N° de partos		Total camada		Nacidos vivos		MF		MP		OM	
	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P	M
0 a 1	5	10	52	120	48	106	2	6	0	0	2	8
1 a 2	8	19	88	238	80	213	4	10	2	3	2	12
2 a 3	10	8	112	104	100	86	5	6	3	5	4	7
3 a 4	7	4	84	51	74	43	4	4	5	3	1	2
4 a 5	5	4	53	53	48	42	0	2	4	6	1	3
5 a 6	3	0	35	0	28	0	0	0	5	0	2	0
> a 6	2	0	23	0	17	0	2	0	3	0	1	0
Total	40	45	447	566	395	490	17	28	22	17	13	32

En el Cuadro 2 se resume el total de nacidos vivos y de muertes para cada intervalo de parto en cerdas de primera parición para determinar si el tiempo de parto influye en el porcentaje de muertes (χ^2), con 6 grados de libertad para duración del parto y 1 grado de libertad para la condición de supervivencia.

Cuadro 2: Total de nacidos vivos y total de muertes en cerdas de 1° parto para cada intervalo de tiempo

Duración parto (hs)	Muertos	Vivos
0 a 1 hs	4	48
1 a 2 hs	8	80
2 a 3 hs	12	100
3 a 4 hs	10	74
4 a 5 hs	5	48
5 a 6 hs	7	28
> a 6 hs	5	17

($\chi^2 = 0,34$; $\chi^2_{(0,05;6)} = 6,79$)

En el Cuadro 3 se resume el total de nacidos vivos y de muertes para cada intervalo de parto en cerdas de tercera parición para determinar si el tiempo de parto influye en el porcentaje de muertes (χ^2), con 4 grados de libertad para duración del parto y 1 grado de libertad para la condición de supervivencia.

Cuadro 3: Total de nacidos vivos y total de muertes en cerdas de 3° parto para cada intervalo de tiempo

Duración parto (hs)	Muertos	Vivos
0 a 1 hs	14	106
1 a 2 hs	25	213
2 a 3 hs	18	86
3 a 4 hs	8	43
4 a 5 hs	11	42
5 a 6 hs	0	0
> a 6 hs	0	0

($\chi^2 = 0,19$; $\chi^2_{(0,05,4)} = 6,09$)

En el Cuadro 4 se resume el total de nacidos vivos y de muertes de acuerdo al número ordinal de parto (χ^2), con 1 grados de libertad para número ordinal de parto y 1 grado de libertad para la condición de supervivencia.

Cuadro 4: Total de nacidos vivos y total de muertes de acuerdo al n° ordinal de parto

N° de parto	Muertos	Vivos
1° parto	51	395
3° parto	76	490

($\chi^2 = 0,34$; $\chi^2_{(0,05;1)} = 0,9$)

Realizado el análisis estadístico se puede establecer que el tiempo de parto no influye sobre el total de muertos, en cerdas P ($\chi^2 = 0,34$; $\chi^2_{(0,05;6)} = 6,79$) y M ($\chi^2 = 0,19$; $\chi^2_{(0,05,4)} = 6,09$). El total de muertos no es afectado por el número ordinal de parto ($\chi^2 = 0,34$; $\chi^2_{(0,05;1)} = 0,9$).

Cuadro 5. Frecuencias y fuerza de asociación, \pm ES (IC 95%)

Evento	MP	MF	OM
Medida			
Incidencia P (%) (IC 95%)	5,27 <i>0,0482 < 0,0527 < 0,0575</i>	2,67 <i>0,0223 < 0,0267 < 0,0319</i>	3,20 <i>0,0276 < 0,0320 < 0,0372</i>
Incidencia M (%) (IC 95%)	3,35 <i>0,030 < 0,0335 < 0,0338</i>	5,40 <i>0,0503 < 0,0540 < 0,0579</i>	6,13 <i>0,058 < 0,0613 < 0,065</i>
Riesgo Relativo (IC 95%)	0,635 <i>0,47 < 0,635 < 0,89</i>	1,11 <i>0,71 < 1,11 < 1,348</i>	2,03 <i>1,90 < 2,03 < 2,17</i>

De acuerdo a los resultados del Cuadro 5, puede inferirse que existe un riesgo de que ocurra mayor MP en primíparas (RR: 0,635) y mayor riesgo de MF y OM en cerdas múltíparas (RR: 1,11 y 2,03 respectivamente). En coincidencia con Rohde Parfet *et.al.*, 1989, la mayor mortinatalidad en cerdas de 1° parto podría estar asociado a la frecuencia con que cerdas inexpertas están de pie durante el parto, aspecto que alarga la duración del intervalo entre nacimientos. La mayor mortalidad durante el 1° día de vida

en cerdas de 3° parto puede estar asociada a la competencia por el calostro entre hermanos de camada, porque los hermanos de camada más ávidos y menos agotados pueden conseguir más ubres, en concordancia a los resultados obtenidos por Le Dividich y Noblet, 1981. En relación a estudios con Lammers y De Lange, 1986, es posible que cerdos nacidos tardíamente se encuentren agotados por el trabajo de parto y prefieran buscar las cercanías de la madre durante las primeras horas de vida, aumentando la posibilidad de morir por aplastamiento.

En conexión a English, 1985, los animales pequeños o menos competitivos pueden no tener éxito en establecer la propiedad de una mama, especialmente en camadas numerosas. Serán excluidos de conseguir el calostro y la leche, lo que provocaría que queden postergados en cuanto a su desarrollo en comparación a sus hermanos, pudiendo morir por inanición directamente. La mayoría de los aplastamientos recaen sobre lechones débiles, con pocos reflejos y con movimientos lentos, lo que les provoca una reacción tardía ante los movimientos de la cerda cuando se tumba.

En esta experiencia, el tiempo de parto no influyó sobre el total de muertos en cerdas primíparas y múltiparas y, tampoco el total de muertos se vio influenciado por el número ordinal de parto.

No obstante, se observó en este estudio, como cada evento de muerte estuvo asociado al número ordinal de parto. La mayor cantidad de muertes al momento del parto ocurrieron en cerdas primíparas, en tanto las muertes fetales y las muertes de lechones durante el primer día de vida ocurrieron con mayor frecuencia en cerdas múltiparas. Este aspecto puede asociarse a que las cerdas de primer parto son inexpertas y además prolongan más la duración del parto, aunque estadísticamente esto no fue significativo. Por otro lado, las cerdas múltiparas tardaron menos tiempo en parir, pero aumentaron el número de lechones muertos durante el primer día, quizás por aplastamiento en razón de poseer estas cerdas un mayor peso corporal, que abarca mayor superficie al momento de acostarse, aumentando el riesgo por aplastamiento. Las muertes fetales que fueron mayores en múltiparas, pueden asociarse a una mayor tasa ovulatoria en estas cerdas, que traería a consecuencia una mayor mortalidad fetal por falta de espacio de anidación y desarrollo de los fetos en el útero. Es imprescindible realizar nuevas investigaciones mediante estudios experimentales controlados, para afirmar científicamente que las observaciones de causas de muerte de este estudio se deban a las razones expuestas.

La medicina veterinaria es una ciencia de probabilidades y un arte de manejar la incertidumbre. Dicha incertidumbre se extiende no sólo a las actividades preventivas, terapéuticas y pronósticas sino también a las diagnósticas. En las fases del proceso diagnóstico intervienen la historia clínica, la exploración física y la realización de pruebas complementarias. Cuando existen varias hipótesis diagnósticas, se realizará el diagnóstico diferencial y las pruebas complementarias tratarán de aclarar las dudas existentes. Si solamente hay una sospecha diagnóstica, las pruebas complementarias tratarán de confirmarla. La realización simultánea de varias pruebas complementarias se denomina pruebas complementarias en paralelo y la realización de pruebas complementarias según los resultados de otras previas, se denomina pruebas complementarias en serie. Al realizar pruebas en paralelo aumenta la probabilidad de diagnosticar a un animal enfermo, pero también aumenta la probabilidad de considerar como enfermo a uno sano. El riesgo de la realización de pruebas en serie es no diagnosticar a algunos enfermos. En cambio, pocos sanos serán considerados como enfermos. La elección de estrategias para el tratamiento de enfermedades en los animales parte del conocimiento que se tenga de la enfermedad en el rodeo. Uno de los

factores que determinan las acciones a desarrollar en materia de control o erradicación de enfermedades es la prevalencia de la misma a nivel de rodeo. Un grupo de animales agrupados en un rodeo puede ser clasificado como sano o enfermo basado en una sola muestra compuesta de todos los animales del grupo o bien sustentado en los resultados obtenidos en varias muestras individuales tomadas de todos o algunos de los individuos que componen el grupo. En este último caso, un rodeo puede ser clasificado como enfermo si por lo menos un animal dio positivo o si la proporción de animales positivos supera un límite preestablecido. La sensibilidad y especificidad a nivel de rodeo dependen de la sensibilidad y especificidad de la prueba diagnóstica a nivel individual, de la prevalencia de la infección, de la distribución de la enfermedad en los rodeos muestreados, del número de animales muestreados y del número de animales positivos a una prueba diagnóstica requeridos para clasificar al rodeo como positivo. Las estimaciones de sensibilidad y especificidad se complican en el caso de la mastitis bovina donde se producen respuestas medibles de distinta magnitud de acuerdo al patógeno actuante. Esto deriva en diferentes sensibilidades y especificidades para cada patógeno que debe ser sumada a la variabilidad proveniente del animal, de la evolución de la enfermedad, de la muestra de leche y de la prueba de referencia. Es evidente que una buena prueba diagnóstica es la que ofrece resultados positivos en enfermos y negativos en sanos. Por lo tanto, las condiciones que deben ser exigidas a un test son:

Validez: Es el grado en que un test mide lo que se supone que debe medir. ¿Con que frecuencia el resultado del test es confirmado por procedimientos diagnósticos más complejos y rigurosos? La sensibilidad y la especificidad de un test son medidas de su validez.

Reproductividad: es la capacidad del test para ofrecer los mismos resultados cuando se repite su aplicación en circunstancias similares. La variabilidad biológica del hecho observado, la introducida por el propio observador y la derivada del propio test, determinan su reproductividad.

Seguridad: La seguridad viene determinada por el valor predictivo de un resultado positivo o negativo. ¿Con que seguridad un test predecirá la presencia o ausencia de enfermedad? Ante un resultado positivo de un test ¿qué probabilidad existe de que este resultado indique presencia de la enfermedad? Veremos posteriormente que esta probabilidad está muy influenciada por la prevalencia de la patología.

A su vez, es conveniente que el test sea sencillo de aplicar, ágil, que tenga los mínimos efectos adversos y, que económicamente sea soportable. En este capítulo se revisarán fundamentalmente los conceptos que determinan la validez de un test (sensibilidad y especificidad) y su seguridad (valores predictivos positivos y negativos).

La validez de una prueba diagnóstica: Sensibilidad y especificidad

El caso más sencillo que se nos puede plantear es el de una prueba dicotómica, que clasifica a cada animal como sano o enfermo en función de que el resultado de la prueba sea positivo o negativo. En casos como éste, generalmente un resultado positivo se asocia con la presencia de enfermedad y un resultado negativo con la ausencia de la misma. Cuando se estudia una muestra de animales, los datos obtenidos permiten clasificar a los sujetos en cuatro grupos según una tabla 2x2 como la que se muestra en la [Tabla 1](#) (asociación entre *Pasteurella* y la presencia de neumonía en un rodeo porcino). En ella, se enfrenta el resultado de la prueba diagnóstica (en filas) con el estado real de los animales (en columnas) o, en su defecto, el resultado de la prueba de referencia o “gold standard” que vayamos a utilizar. El resultado de la prueba puede ser correcto (verdadero positivo y verdadero negativo) o incorrecto (falso positivo y falso

negativo). El análisis de su validez puede obtenerse calculando los valores de sensibilidad y especificidad.

Tabla 1. Relación entre el resultado de una prueba diagnóstica y la presencia o ausencia de una enfermedad (neumonía)		
Resultado de la prueba	Verdadero diagnóstico	
	Enfermo	Sano
Positivo	Verdaderos Positivos (VP)	Falsos Positivos (FP)
Negativo	Falsos Negativos (FN)	Verdaderos Negativos (VN)

Sensibilidad

Es la probabilidad de clasificar correctamente a un individuo enfermo, es decir, la probabilidad de que para un sujeto enfermo se obtenga en la prueba un resultado positivo. La sensibilidad es, por lo tanto, la capacidad del test para detectar la enfermedad.

Cuando los datos obtenidos a partir de una muestra de pacientes se clasifican en una tabla como la que se muestra en la Tabla 1, es fácil estimar a partir de ella la sensibilidad como la proporción de pacientes enfermos que obtuvieron un resultado positivo en la prueba diagnóstica. Es decir:

$$\text{Sensibilidad} = \frac{\text{VP}}{\text{VP} + \text{FN}}$$

De ahí que también la sensibilidad se conozca como “fracción de verdaderos positivos (FVP)”.

Especificidad

Es la probabilidad de clasificar correctamente a un individuo sano, es decir, la probabilidad de que para un sujeto sano se obtenga un resultado negativo. En otras palabras, se puede definir la especificidad como la capacidad para detectar a los sanos. A partir de una tabla como la 1, la especificidad se estimaría como:

$$\text{Especificidad} = \frac{\text{VN}}{\text{VN} + \text{FP}}$$

De ahí que también sea denominada “fracción de verdaderos negativos (FVN)”.

Ejemplo:

Como ejemplo de lo visto hasta ahora, consideremos los datos de un estudio en el que se incluyó a 2.635 animales con sospecha de neumonía que durante un periodo de tiempo determinado. Durante su exploración, se recogió el resultado del informe veterinario del test de neumonía (prueba diagnóstica) realizado a cada uno de estos animales, según fuese éste normal o anormal, y se contrastó con el posterior diagnóstico obtenido de la necropsia pulmonar en frigorífico. Los datos del estudio y los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 2. Se encontraron en total 1.115 casos de neumonía,

lo cual representa un 42,31% del total de sujetos estudiados. La sensibilidad de la prueba diagnóstica para detectar neumonía fue de 56,5% (630/1115) y la especificidad de 82,2% (1250/1520). Así, la prueba diagnóstica fue *Pasteurella* + en un 56,5% de los casos de neumonía y *Pasteurella* - en un 82,2% de los casos que presentaron finalmente otras patologías. Esto significa que un $100-56,5=43,5\%$ de los animales que efectivamente tenían neumonía presentaban pruebas diagnósticas *Pasteurella* -. Claramente ello indica la necesidad de utilizar otras pruebas más sensibles, para poder establecer el diagnóstico de forma más precisa.

Tabla 2. Resultados de la exploración y necropsia pulmonar de una muestra de animales con sospecha de neumonía asociada a Pasteurella.

Resultado de la prueba diagnóstica	Resultado de la necropsia pulmonar		
	Neumonía +	Neumonía Negativo	Total
<i>Pasteurella</i> +	630	270	900
<i>Pasteurella</i> -	485	1250	1735
Total	1115	1520	2635

Sensibilidad = $630/630+485 = 630/1115 = 0,565 \Rightarrow 56,5\%$
Especificidad = $1250/270+1250 = 1250/1520 = 0,822 \Rightarrow 82,20\%$
Valor predictivo + = $630/630 + 270 = 630/900 = 0,700 \Rightarrow 70\%$
Valor predictivo - = $1250/485 + 1250 = 1250/1735 = 0,72 \Rightarrow 72\%$
Razón de verosimilitud positiva = $\text{Sensibilidad}/1 - \text{Especificidad} = 0,565/1 - 0,822 = 3,87$
Razón de verosimilitud negativa = $1 - \text{Sensibilidad}/\text{Especificidad} = 1 - 0,565/0,822 = 0,52$

Resulta obvio que lo ideal sería trabajar con pruebas diagnósticas de alta sensibilidad y especificidad, pero esto no siempre es posible. En general, las pruebas diagnósticas deben ser de alta sensibilidad para poder captar a todos los enfermos. Una prueba muy sensible será especialmente adecuada en aquellos casos en los que él no diagnosticar la enfermedad puede resultar fatal para los enfermos, como ocurre con enfermedades peligrosas pero tratables en humanos, como los linfomas o la tuberculosis, o en enfermedades en las que un falso positivo no produzca serios trastornos psicológicos o económicos para el paciente (por ejemplo, la realización de mamografía en el cáncer de mama).

Por otra parte, la especificidad se refiere, como se señaló previamente, a la probabilidad de que un sujeto sano sea clasificado adecuadamente. En general, las pruebas confirmatorias del diagnóstico deben ser de alta especificidad, para evitar falsos positivos. Los test de alta especificidad son necesarios en enfermedades que perjudiquen gravemente a la situación económica de un país exportador de carne (Fiebre aftosa), cuando exista gran interés por conocer la ausencia de enfermedad (Aujesky en porcinos) o cuando diagnosticar a un paciente humano de un mal que realmente no padece pueda acarrear graves consecuencias, ya sean físicas, psicológicas o económicas (por ejemplo, en el caso del SIDA).

La seguridad de una prueba diagnóstica. Valores predictivos.

Los conceptos de sensibilidad y especificidad permiten, por lo tanto, valorar la validez de una prueba diagnóstica. Sin embargo, carecen de utilidad en la práctica clínica. Tanto la sensibilidad como la especificidad proporcionan información acerca de la probabilidad de obtener un resultado concreto (positivo o negativo) en función de la

verdadera condición del enfermo con respecto a la enfermedad. Sin embargo, cuando a un individuo se le realiza alguna prueba, el médico veterinario carece de información a priori acerca de su verdadero diagnóstico, y más bien la pregunta se plantea en sentido contrario: ante un resultado positivo (negativo) en la prueba, ¿cuál es la probabilidad de que el animal esté realmente enfermo (sano)?. Así pues, resulta obvio que hasta el momento sólo hemos abordado el problema en una dirección. Por medio de los valores predictivos completaremos esta información:

Valor predictivo positivo

Es la probabilidad de padecer la enfermedad si se obtiene un resultado positivo en el test. El valor predictivo positivo puede estimarse, por tanto, a partir de la proporción de individuos con un resultado positivo en la prueba que finalmente resultaron estar enfermos:

$$\text{VPP} = \frac{\text{VP}}{\text{VP} + \text{FP}}$$

Valor predictivo negativo

Es la probabilidad de que un sujeto con un resultado negativo en la prueba esté realmente sano. Se estima dividiendo el número de verdaderos negativos entre el total de individuos con un resultado negativo en la prueba:

$$\text{VPN} = \frac{\text{VN}}{\text{FN} + \text{VN}}$$

Retomando el ejemplo anterior sobre neumonía en porcinos, el valor predictivo positivo es en este caso del 70% (630/900) y el valor predictivo negativo del 72% (1250/1735). Ello significa que en un 70% de los animales con *Pasteurella* + finalmente se confirmó la presencia de Neumonía, mientras que de los que no se detectaron anomalías en la prueba diagnóstica un 72% estaban efectivamente sanos.

La influencia de la prevalencia

Hemos visto cómo los valores de sensibilidad y especificidad, a pesar de definir completamente la validez de la prueba diagnóstica, presentan la desventaja de que no proporcionan información relevante a la hora de tomar una decisión clínica ante un determinado resultado de la prueba. Sin embargo, tienen la ventaja adicional de que son propiedades intrínsecas a la prueba diagnóstica, y definen su validez independientemente de cuál sea la prevalencia de la enfermedad en la población a la cual se aplica.

Por el contrario, el concepto de valores predictivos, a pesar de ser de enorme utilidad a la hora de tomar decisiones clínicas y transmitir información sobre los diagnósticos, presenta la limitación de que dependen en gran medida de lo frecuente que sea la enfermedad a diagnosticar en la población objeto de estudio. Cuando la prevalencia de la enfermedad es baja, un resultado negativo permitirá descartar la enfermedad con mayor seguridad, siendo así el valor predictivo negativo mayor. Por el contrario, un resultado positivo no permitirá confirmar el diagnóstico, resultando en un bajo valor predictivo positivo.

Ilustraremos lo anterior con un sencillo ejemplo. Para el diagnóstico de Aujesky o Seudorrabia en cerdos se emplean test que han confirmado tener una alta validez, con valores aproximados de sensibilidad y especificidad de un 95%. Supongamos que se aplicase esta prueba a la totalidad de la población porcina argentina,

que se cifra en 2.798.958 individuos. Si asumimos que en Córdoba existen 6.008 individuos testeados positivos (lo cual implicaría una prevalencia de $6008/2.798.958 = 0,215\%$), el test resultaría positivo en un total de 19.845 sujetos, obteniéndose un valor predictivo positivo del 30% (Tabla 3). Así pues, sólo un 30% de los sujetos con un resultado positivo en el test resultarían estar realmente afectados, mientras que un 70% de los mismos no presentarían la enfermedad. Resulta obvio que en una población porcina como la de Córdoba (que es alta) la utilización de esta prueba no resultaría útil, debido a la alta proporción de falsos positivos que conllevaría.

Tabla 3. Resultados de la aplicación del test de ELISA para Aujesky en una población de baja prevalencia.			
Resultado del test	Verdadero diagnóstico		
	AUJESKY +	AUJESKY -	Total
Positivo	5.975	13.870	19.845
Negativo	33	2.770.080	2.770.113
Total	6.008	2.783.950	2.789.958

Prevalencia= $6008/2.789.958 = 0,215\%$
Sensibilidad= $VP/6008 \Rightarrow 6008 \times 0,995 = 5978$
Especificidad= $VN/2.783.950 \Rightarrow 2.783.950 \times VN = 2.770.080$
 $VP^+ = 5975/5975 + 13.870 = 0,30 \Rightarrow 30\%$
 $VP^- = 2.770.080/33 + 2.770.080 = 0,999 \Rightarrow 99\%$

Veamos ahora que ocurriría si se aplicase la misma prueba a una población en la que el número de enfermos fuese de 794.000 (resultando en una prevalencia mucho mayor de un $794.000/2.799.000 = 28,36\%$). En este caso, la predictividad de una prueba positiva aumenta de un 30% a un 98%, disminuyendo la proporción de falsos positivos a tan sólo un 1% (Tabla 4). Por lo tanto, si la prevalencia es alta, un resultado positivo tiende a confirmar la presencia de la enfermedad, mientras que si la prevalencia es baja, un resultado positivo no permitirá afirmar su existencia.

Tabla 4. Resultados de la aplicación del test de ELISA para Aujesky en una población de alta prevalencia.			
Resultado del test	Verdadero diagnóstico		
	AUJESKY +	AUJESKY -	Total
Positivo	790.000	10.000	800.000
Negativo	4.000	1.995.000	1.999.000
Total	794.000	2.005.000	2.799.000

Prevalencia= $794.000/2.799.000 = 28,36\%$
Sensibilidad= $VP/794.000 \Rightarrow 794.000 \times 0,995 = 790030$
Especificidad= $VN/2.005.000 \Rightarrow 2.005.000 \times VN = 1.995.000$
 $VP^+ = 790.000/790.000 + 10.000 = 0,98 \Rightarrow 98\%$
 $VP^- = 1.995.000/4000 + 1.995.000 = 0,997 \Rightarrow 99\%$

Razones de probabilidad

Queda claro pues cómo la prevalencia es un factor determinante en los valores predictivos de un test. Por lo tanto, éstos, no pueden ser utilizados como índices a la hora de comparar dos métodos diagnósticos diferentes, ni tampoco a la hora de extrapolar los resultados de otros estudios a datos propios. Por ello, resulta necesario

determinar otros índices de valoración que sean a la vez clínicamente útiles y no dependan de la prevalencia de la enfermedad en la población a estudiar. Así, además de los conceptos de sensibilidad, especificidad y valores predictivos, se suele hablar del concepto de razón de verosimilitudes, razón de probabilidad, o cociente de probabilidades. Estos miden cuánto más probable es un resultado concreto (positivo o negativo) según la presencia o ausencia de enfermedad:

Razón de verosimilitudes positiva o cociente de probabilidades positivo: se calcula dividiendo la probabilidad de un resultado positivo en los animales enfermos entre la probabilidad de un resultado positivo entre los sanos. Es, en definitiva, el cociente entre la fracción de verdaderos positivos (sensibilidad) y la fracción de falsos positivos (1-especificidad):

$$RV + = \frac{\text{Sensibilidad}}{1 - \text{Especificidad}}$$

Razón de verosimilitudes negativa o cociente de probabilidades negativo: se calcula dividiendo la probabilidad de un resultado negativo en presencia de enfermedad entre la probabilidad de un resultado negativo en ausencia de la misma. Se calcula por lo tanto, como el cociente entre la fracción de falsos negativos (1-sensibilidad) y la fracción de verdaderos negativos (especificidad):

$$RV - = \frac{1 - \text{Sensibilidad}}{\text{Especificidad}}$$

Volvamos de nuevo al ejemplo planteado en la Tabla 2 sobre el diagnóstico de Neumonía a partir de la prueba diagnóstica de presencia o ausencia de *Pasteurella*. En este caso, se obtiene un cociente de probabilidades positivo de 3,87. Ello viene a indicarnos que una prueba *Pasteurella* - es, por lo tanto casi 4 veces más probable en un animal con neumonía que en otro sujeto sin neumonía.

La razón de probabilidades ofrece la ventaja de que relaciona la sensibilidad y la especificidad de una prueba en un solo índice. Además, pueden obtenerse razones de probabilidad según varios niveles de una nueva medida y no es necesario expresar la información de forma dicotómica, como resultado de normal o anormal o bien positivo y negativo. Por último, al igual que sucede con la sensibilidad y la especificidad, no varía con la prevalencia. Esto permite utilizarlo como índice de comparación entre diferentes pruebas para un mismo diagnóstico.

Hasta ahora hemos abordado el caso de una prueba con un resultado dicotómico (positivo o negativo), pero en muchas situaciones la confirmación de un diagnóstico debe hacerse a partir de un parámetro numérico, sobre todo cuando éste se realiza a partir de determinaciones analíticas. La generalización a estas situaciones se consigue mediante la elección de distintos valores de corte que permitan una clasificación dicotómica de los valores de la prueba según sean superiores o inferiores al valor elegido. La diferencia esencial con el caso más simple es que ahora contamos no con un único par de valores de sensibilidad y especificidad que definan la exactitud de

la prueba, sino más bien con un conjunto de pares correspondientes cada uno a un distinto nivel de decisión. La estrategia de análisis adecuada consistiría en representar gráficamente los pares (1-especificidad, sensibilidad) obtenidos al considerar todos los posibles valores de corte de la prueba, obteniéndose así una curva llamada curva ROC. El área bajo dicha curva se convierte así en el mejor indicador de la capacidad predictiva del test, independiente de la prevalencia de la enfermedad en la población de referencia y en base al cual se podrán establecer comparaciones entre diferentes pruebas diagnósticas.

En definitiva, es sumamente importante el saber valorar la validez y seguridad de las diferentes pruebas diagnósticas con el fin de seleccionar la más adecuada en cada momento. La sensibilidad, la especificidad y los valores predictivos son los criterios tradicionalmente utilizados para valorar la capacidad predictiva de un test. Los estudios de evaluación de test diagnósticos son el instrumento adecuado para obtener esta información. No obstante, no debemos olvidar que existen determinados aspectos en el diseño de este tipo de investigaciones que pueden afectar a la precisión y a la validez de las estimaciones realizadas. Una vez más, el cálculo de intervalos de confianza puede ayudarnos a conocer la precisión de los índices calculados. La población de estudio, la estrategia de muestreo, la selección del criterio de referencia y la forma de aplicación de las pruebas diagnósticas serán algunos de los elementos a cuidar para evitar la presencia de sesgos.

Erradicación de enfermedades

La erradicación de una enfermedad describe los esfuerzos para eliminar determinados agentes patógenos de un área definida. Dichos esfuerzos se dirigen generalmente a interferir con la historia natural de un organismo infeccioso de manera que su perpetuación se haga improbable.

En los pasos previos, en poblaciones de animales de importancia económica zootécnica se utiliza la vacunación en un intento de disminuir la prevalencia de las enfermedades endémicas hasta niveles tales que permitan utilizar el sacrificio selectivo y/o la despoblación. En el caso de la fiebre aftosa se practica cuando la infección es meso o hiperendémica. Es difícil identificar el momento apropiado para eliminar la vacunación como elemento de un programa de erradicación debido a connotaciones de tipo social y científicas. Es por ello que si se utiliza la inmunización masiva, pueden surgir dificultades con las pruebas de diagnóstico para diferenciar entre la respuesta inmunitaria natural y la inducida por la vacuna. Este punto puede producir dificultades especiales en los programas de control de enfermedades y asimismo para la vigilancia serológica rutinaria; pues si el agente vacunal es capaz de difundirse, tales dificultades se complican aún más. Para el caso de fiebre aftosa, es una enfermedad cuyo poder infectante corresponde a niveles interespecíficos, es decir, no sólo se propaga en sus pares de especie sino también son afectadas otras especies que son susceptibles al virus, que pueden resumirse dentro de la escala zoológica a los ungulados.

Por lo general en Argentina los programas de vacunación contra fiebre aftosa se han aplicado directamente a proteger especies de interés (bovina especialmente) y no lo han hecho con las especies reservorios del virus, en especial la fauna silvestre que de plano contribuye a la transmisión del agente a las especies de interés productivo, e incluso es vital conocer el mecanismo de supervivencia que posee el agente infectante. En este último tópico, se puede decir que el virus de la aftosa puede re infectar a partir de mecanismos de variación genética del mismo; esto ocurre en los casos en que parte de la población en riesgo fue vacunada en forma incompleta, mal vacunada, o en casos de vacunación parcial. Por querer eliminar parcialmente al virus o por malos cálculos de

la prevalencia aparente de la enfermedad en los años de erradicación, hacen que el virus mute en los infectados portadores sanos o enfermos, y este se haga más potente que su versión genética previa, es decir, poseer más poder infectante.

Si bien la vía de transmisión de la enfermedad es a corta distancia y aerógena principalmente, un cerdo salvaje infectado con aftosa elimina virus como más o menos 3000 bovinos infectados. Este aspecto que no es menor, es muy importante, porque nuestros sistemas productivos bovinos son extensivos dentro de una extensa geografía donde es posible pensar en el contacto interespecífico y, entender que es utópico creer que un país como Argentina pueda estar libre de esta enfermedad, inmerso en un continente que la posee. Es por ello, que frente a tanto esfuerzo el seguimiento de la fauna salvaje debería oficiarse como grupos centinelas de posibles focos de aftosa. Si bien se debe asumir que los grupos centinelas son infectados porque un vacuno lo hizo, cabe preguntarse ¿Por qué hubo vacunos infectados en el año 2001 en Argentina después de un plan de erradicación?

Actualmente, para Aujesky, el esquema de planificación de control integrado de la enfermedad para erradicarla de la población porcina, es imprescindible que contemple: adiestramiento de personal, enumerar la población de interés, determinar el aporte de los servicios sanitarios y poner a punto el programa de administración. Obviamente, la naturaleza de estas actividades dependerá de la enfermedad, del método principal de atacarla, de las limitaciones sociales, políticas, geográficas y económicas del área. Estas fases han de proseguir hasta que se reduzca la prevalencia de la enfermedad a un nivel en el que sea improbable que se produzca la transmisión del agente causal. Es por ello, que se necesita evaluar con exactitud los métodos o pruebas diagnósticas ya que la importancia de los falsos positivos y falsos negativos pueden modificarse cuando varía la prevalencia de la enfermedad. En esto es trascendente evaluar la efectividad de las pruebas diagnósticas en cuanto a variabilidad, repetitividad, exactitud, capacidad discriminatoria de una prueba diagnóstica (sensibilidad, especificidad y valor predictivo), todas, situaciones que informan la confianza de la prueba y permiten conocer el estatus sanitario casi preciso de la población animal en cuestión. Finalmente, es de gran utilidad y necesario en un plan de erradicación, en cada año que dure el plan, confirmar estas cuestiones y contar con pruebas confirmatorias.

Cabe preguntarse ¿cuánto años tomará la erradicación de una enfermedad?, dependerá de cuanta prevalencia aparente y real exista en el rodeo infectado, del número de rodeos reactores y del número de rodeos infectados en cada año que dure la erradicación. En síntesis, aspectos limitantes de vacunaciones parciales, mal vacunados, valores predictivos calculados a partir de pruebas diagnósticas poco efectivas, limitantes geográficas, reservorios naturales no controlados, entre otros, contribuye indiscutiblemente a que la erradicación se constituya en un plan utópico. Asimismo, en casos de rebrotes es necesario conocer a qué está asociado el rebrote y la intensidad y efecto de asociación. Un estudio analítico a este efecto requiere de tiempo científico para exponer la causa de la reinfección.

Aunque la erradicación constituye la panacea para beneficios económicos es trascendente que un país continúe exhaustivamente los planes de control en los rodeos libres. El estatus libre de enfermedad es durable si los pasos previos de erradicación se hicieron bien. De ser así, es improbable que el vector o agente causal de una enfermedad aparezca pero no imposible.

Cuando aparece el rebrote de fiebre aftosa en la Argentina en el año 2001, hubo animales cuya sensibilidad a la prueba diagnóstica fue positiva y que no estaban enfermos, es decir eran positivos sanos. En base a lo expuesto no se pudo saber si eran portadores sanos o bien animales infectados por el virus sin la presentación clínica de la

enfermedad. Esos portadores sanos epidemiológicamente son fuentes de infección para otros animales debido a que poseen un cierto grado de inmunidad que permite la no presentación clínica de la enfermedad, pero sí son transportadores del virus y en muchos casos el virus muta en ellos. Es por ello que, si las pruebas diagnósticas no fueron muy sensibles y no se siguieron bien los pasos de un plan de erradicación no se podía afirmar incluso, que fuera verdaderamente aftosa. Existen otras enfermedades que presentan sintomatologías muy parecidas a la fiebre aftosa como la estomatitis vesicular, que para determinar si es una u otra, las pruebas diagnósticas deben contar con pruebas confirmatorias para establecer la certeza de la enfermedad en cuestión.

Si bien, en Argentina de entonces, el plan de erradicación culminó con las últimas vacunaciones en el año 1999, en cierta forma esto indicó que el nivel de anticuerpos vacunales para el año siguiente sea bajo, pero existió infección de animales por parte de los portadores sanos u otros reservorios del virus no detectados por la sensibilidad de las pruebas diagnósticas, que sobrellevaba el propio plan de seguimiento de erradicación de aquel momento. Podría decirse que fue un apuro declarar al país libre de fiebre aftosa en todo el territorio, porque no estaban los mecanismos necesarios de control externo e interno de animales. Si los presupuestos para los planes de erradicación no son suficientes para todos los pasos del plan, es preferible seguir vacunando, sobre todo porque no es lo mismo ser libre en un continente libre, que ser un país libre en un continente muy afectado como lo es América del Sur. Se puede decir que el plan estuvo bien estructurado, pero se obvió en un contexto difícil desde el punto de vista sanitario, político, económico y geográfico, pasar por el período libre bajo vacunación.

Tiene mucha importancia en un plan de erradicación los factores de confusión, y la sensibilidad y especificidad a nivel rodeo de las pruebas diagnósticas.

Un factor de confusión puede explicar total o parcialmente una asociación entre un factor de exposición y el evento, incluso puede simularla. Cuando se hace un estudio, el factor de confusión no sólo es un problema cuando se encuentra la asociación sino también cuando no se la encuentra. Los factores de confusión pueden controlarse antes o después de hacer los estudios (control), lo importante es evitar cometer errores en forma deliberada.

En el caso específico de fiebre aftosa si durante la etapa de vacunación se hubieran utilizado más de una vacuna proveniente incluso, de distintos laboratorios, hubiera sido importante determinar cuál de las vacunas producía más respuesta contra el antígeno VIA (anticuerpo que producen los bovinos frente a la multiplicación del virus), y determinar cuál de las vacunas producía más o menos respuesta contra el antígeno VIA, y si existía asociación, cuál era la fuerza y efecto de la asociación. Si con estas consideraciones se concluye que una de las vacunas induce a una mayor respuesta al VIA, es importante conocer cuál es el factor de confusión que subyace. Quizás (todas hipótesis) con la vacuna de mayor respuesta se vacunaron mayor proporción de animales de edad avanzada. Esto implicaría que los animales más viejos poseen mayor vacunación y por ende mayor VIA. Esto, en ocasiones, hace que se seleccione un elemento, en este caso la vacuna de mayor resolución, que parece tener mayor respuesta inmunitaria, pero sólo a los efectos de incluir el factor de confusión. Este u otro aspecto, si no se ha tenido en cuenta en el plan de lucha, puede conducir a problemas de envergadura, tal los casos de reaparición de la enfermedad por falta de inmunidad y por infección de portadores sanos con nuevas mutaciones del virus. Entonces, si la edad de los animales fue un factor de confusión para el análisis de la distribución de los resultados VIA, hubiera sido necesario estratificar por edad para probar las vacunas en ese momento en el mercado o las de los laboratorios oferentes, o bien, declarar libre de

fiebre aftosa con vacunación a un rango de animales, para este caso a los jóvenes, pues poseían menores anticuerpos VIA por acciones vacunales previas.

En otro orden, respecto a las pruebas diagnósticas que son complementos para hacer el diagnóstico, deben estar acompañadas de excelentes exámenes clínicos. Lo importante es la capacidad discriminatoria que tiene una prueba diagnóstica. Ésta no es perfecta por tres motivos: a) los enfermos positivos no es una población homogénea, existe gran variabilidad, b) lo mismo con los sanos y c) la prueba por sí misma también posee variabilidad. En un plan de lucha habría que estimar la variabilidad de la prueba diagnóstica determinada por la repetitividad y exactitud de la prueba. Existen factores que afectan la repetitividad tales como condiciones del individuo y de la muestra, condiciones del laboratorio, y variabilidad inter e intra observador. En tanto también existen factores que afectan la exactitud de la prueba como lo es la repetitividad y el sesgo. Es por ello que es imprescindible calcular la capacidad discriminatoria de una prueba en un plan de lucha de erradicación de una enfermedad.

La capacidad discriminatoria de una prueba diagnóstica se mide mediante la sensibilidad y la especificidad. Ya se ha mencionado en el presente capítulo que la sensibilidad es la capacidad de una prueba diagnóstica de detectar como positivo a un individuo enfermo y la especificidad la capacidad de detectar como negativo a un individuo sano. Es decir en sensibilidad hay que trabajar sobre individuos enfermos y para especificidad sobre sanos.

Ahora ¿de qué sirve la sensibilidad y la especificidad de la prueba, si para conocer la sensibilidad necesito saber previamente qué animales estaban enfermos y para la especificidad saber cuáles son los sanos, a fin de evaluarlos? Pues bien, desde el punto de vista práctico el epidemiólogo se hace la pregunta contraria: si un individuo está enfermo ¿qué probabilidad hay que esté enfermo?, y si está sano ¿qué probabilidad hay que sea sano? Estas últimas respuestas responden al valor predictivo de la prueba que determina que proporción de todos los resultados positivos corresponden a los animales verdaderamente enfermos. El valor predictivo marca la confianza de saber que animal está enfermo. Exactamente lo mismo con los sanos.

Los factores que influyen el valor predictivo positivo es la prevalencia y la especificidad, en tanto el valor predictivo negativo de la prueba la prevalencia y la sensibilidad. Los factores que influyen la sensibilidad y la especificidad a nivel rodeo de una prueba diagnóstica son la especificidad a nivel individual, tamaño de la muestra, criterio de rodeo, sensibilidad individual y prevalencia en el rodeo. Si una prueba es 100% sensible, detecta a todos los positivos, si la prueba es 100% específica, detecta a todos los negativos. De allí la importancia de las pruebas diagnósticas que se utilizan en los planes de control y erradicación de enfermedades.

Cabe preguntarse ¿cuántos años tomaría un plan para lograr erradicar una enfermedad?

Para ello, es importante conocer: 1) cuánta prevalencia existe en el rodeo infectado al inicio del plan, 2) cuál es la prevalencia aparente y real, el número de rodeos positivos y el número de rodeos infectados para cada año que dura el plan de erradicación, y 3) de las pruebas diagnósticas utilizadas y de las confirmatorias deben utilizarse los valores de sensibilidad y especificidad para poder determinar año a año del número de verdaderos positivos y de sanos dentro del muestreo estadístico. Por ejemplo: si existe una prevalencia de 336 rodeos sobre 6000 estudiados, es decir 336 positivos a la enfermedad desde el punto de vista clínico y de la prueba diagnóstica, pero la sensibilidad de la prueba es del 70%, en realidad el número de verdaderos positivos es 480 y no 336. Lo mismo para especificidad, si sobre los 6000 hay 828 rodeos que al aspecto clínico dan negativo y positivos a la prueba diagnóstica (enfermos

sanos) y la especificidad de la prueba es del 80%, en realidad los rodeos sanos pero positivos son 662 y no 828 como detectó el aspecto clínico. Es por ello, que los años que demandará la erradicación de una enfermedad dependen de adecuados muestreos y con ellos exactos datos de prevalencia, y de la máxima confianza de las pruebas diagnósticas para establecer correctos valores de sensibilidad y especificidad. Es muy importante la seriedad en los planes de erradicación en cuanto a la capacidad discriminatoria de las pruebas diagnósticas basados en la confianza de los laboratorios intervinientes, y en que se involucre gente experta y con formación en manejos epidemiológicos y control de enfermedades. También conocer la asociación del factor de confusión con el evento o enfermedad y la sensibilidad y especificidad de una prueba diagnóstica para decidir con precisión si se erradicó o no una enfermedad de un sitio determinado.

Referencias bibliográficas

- Altman D.G., Bland J.M. Statistics Notes: Diagnostic tests 1: sensitivity and specificity. *BMJ* 1994; 308: 1552.
- Altman D.G., Bland J.M. Statistics Notes: Diagnostic tests 2: predictive values. *BMJ* 1994; 309: 102.
- Argimon Pallás JM, Jiménez Villa J. Métodos de investigación clínica y epidemiológica. 2ª ed. Barcelona: Harcourt; 2000.
- Basso, L.; 2000. Calidad de la canal y de la carne porcina. Memorias 1º curso de aspectos productivos y de comercialización en el sector porcino. UCA. Buenos Aires. Argentina. 1: 155-170.
- Burgueño MJ, García Bastos JL, González Buitrago JM. Las curvas ROC en la evaluación de las pruebas diagnósticas. *Med Clin (Barc)* 1995; 104: 661-670.
- Cabello López JB, Pozo Rodríguez F. Estudios de evaluación de las pruebas diagnósticas en cardiología. *Rev. Esp Cardiol* 1997; 50: 507-519.
- Caminotti, S.; Spinder, N.; Brunori, J. Peretti, M, Urquiza, B.; Salaris, M. 1994. Unidad de Producción Agrícola-Porcina. MAN. 9. INTA Marcos Juárez. (16 Pág.)
- Curtis, S.E. 1974. Responses of the piglet to perinatal stressors. *Journal of Animal Science* 38: 1031-1036.
- Dujardin B, Van der Ende J, Van Gompel A, Unger JP, Van der Stuyft P. Likelihood ratios: a real improvement for clinical decision making? *Eur J Epidemiol* 1994; 10: 29-36.
- Edwards, S.; Zanella, A.; 1996 Produção de Suínos a oar livre na Europa: Produtividade, bem-estar e considerações ambientais A Hora Veterinária. N 93 Set/Oct. 1996. Pág. 86-93.
- Ellis, P.R. 1980 La Economía en Salud Animal Unidad de Investigación de Epidemiología y Economía Veterinaria. Departamento de Agricultura y Horticultura. Universidad de Reading. Inglaterra. Mimeografiado.
- Ellis, P.R; Brander, G.C 1.980 El concepto biológico y modelos de simulación para planificación en Salud Animal. Mimeografiado.
- English, P.R.; Smith W.J.; MacLean, A. (1985). La Cerda: Como mejorar su productividad. Editorial El Manual Moderno, S.A.de C.V. México, D.F.
- English, P.R; Fowler, V.R; Baxter; S. y Smith. W.J. 1992. Crecimiento y finalización del cerdo. Como mejorar su productividad. Ed. El manual Moderno. México. 512pp.
- Fletcher RH, Fletcher SW, Wagner EH. *Clinical epidemiology: the essentials*. 3ª ed. Baltimore: Williams and Wilkins; 1996.

- Fraser, D. and Phillips, P.A. (1989). Lethargy and low water intake by sows during early lactation: A cause of low piglet weight gains and survival.
- Greenhalgh T. How to read a paper: papers that report diagnostic or screening tests. *BMJ* 1997; 315: 540-543.
- Jensen, P. (1986). Observations on the maternal behavior of free-ranging domestic pigs. *Applied Animal Behavior Science* 23: 49-60.
- Lammers, G.J. and De Lange, A. 1986. Pre and post farrowing behavior in primíparous domesticated pig. *Applied Animal Behavior Science* 15: 47-51.
- Lawrence, A.B., Petherick, J.C., Malean, K., Gilbert, C.L., Chapman, C. and Russell, J.A. 1992. Naloxone prevents interruption of parturition and increases plasma oxytocin following environmental disturbance in parturient sows. *Physiology and Behavior* 52: 917-923.
- Le Divich, J. and Gonyou, H.W. 1990. Colostrum intake and thermoregulation in the neonatal pig in relation to environmental temperature. *Biology of the neonate* 40: 167-174.
- Lopez de Ullibarri Galparsoro I, Pita Fernandez S. *Curvas ROC. Cad Aten Primaria* 1998; 5(4): 229-235.
- Marotta, E.; Lagreca, L.; Cyingiser, A.; 1994. Pig Production in Argentina. *Pig News and information*. 1994. Vol 15, N°. 3: 91N-93N.
- Morrison AS. *Screening in Chronic disease*. Second edition. New York: Oxford University Press; 1992.
- Muñoz Luna, A.; Marotta, E.; Lagreca, L.; Williams, S.; Rouco Yañez, A. 1997. Producción de Cerdos al Aire Libre. *Porci. Aula Veterinaria*. (España). N° 38. Marzo 1997. Los capítulos incluidos son: Desarrollo de un caso práctico de inversión. (Pág. 85-106). Base Animal e Instalaciones (Pág. 29-35). Alimentación (Pág. 37-58).
- Quiles, A. Factores que inciden en la mortalidad neonatal en los lechones. Departamento de Producción Animal. Facultad de Veterinaria. Universidad de Murcia. Campus de Espinardo. 30071 -Murcia. Publicado en *Producción Animal*, Enero 2004.
- Randall, G.C.B., 1972. Observations on parturition in the sow. II. Factors influencing stillbirth and perinatal mortality. *Veterinary Record* 90: 183 – 186.
- Randall, G.C.B., 1978. Perinatal mortality: some problems of adaptation at birth. *Advances in Veterinary Science and Comparative Medicine* 22: 53 – 81.
- Rodhe Parfet, K.A.; Gonyou, H.W.; Curtis, S.E.; Hurst, R.J.; Jensen, A.H., and Muchling, A.J. (1989) Effects of sow-crate design on sow and piglet behavior. *Journal of Animal Science* 67: 94-104.
- Sackett DL, Haynes RB, Guyatt GH, Tugwell P. *Epidemiología clínica. Ciencia básica para la medicina clínica*. 2ª ed. Madrid: Editorial médica panamericana; 1994.
- Sandler G. The importance of the history in the medical clinic and the cost of unnecessary test. *Am Heart J*. 1980; 100: 928.
- Susser, M., 1977. Judgment and causal inference: Criteria in epidemiologic studies. *Am. J. Epidemiol.* 105: 1-5.
- Vestergaard, L. and Hansen, L.L. (1984). Ethological observations during the pregnancy and farrowing. *Anales de Recherches Veterinaires* 15: 245-256.
- Vieites, C. M.; De Caro, A.; Basso, C., 1997. *El Sector Porcino Argentino, Calidad, Integración y Comercio*. Primera Edición. Orientación Grafica Editora. S.R.L. Argentina. 104pp.
- Villamil, L.C. 1982. *Elementos de Epidemiología*. Revista ICA.

- Wayne Martin, S; Meek, A.H. y Willberg, P. 1997. *Veterinary Epidemiology. Principles and Methods*. Primera Edición. Acriba S.A. Zaragoza. 382pp.
- Zweig MH, Campbell G. Receiver-operating characteristics (ROC) plots: a fundamental evaluation tool in clinical medicine. *Clin Chem*. 1993; 39: 561-577.
- Altman D.G., Bland J.M. *Statistics Notes: Diagnostic tests 3: receiver operating characteristic plots*. *BMJ* 1994; 309: 188.