

**ARTÍCULO ORIGINAL**

**Gestión organizacional para el desarrollo local a través de un modelado matemático en Redes Bayesianas aplicado en la Medicina Veterinaria**

Organizational management for the local development through a modeling mathematical in Bayesian networks applied in the Veterinary Medicine

**Neilys González Benítez<sup>1</sup>, Carlos Alberto Miranda Sierra<sup>2</sup>, Gerald Miguel Malagón Menéndez<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Ingeniera en Telecomunicaciones y Electrónica. Especialista del Centro Meteorológico provincial en Pinar del Río. Colón 106 entre Maceo y Virtudes, Pinar del Río, Cuba. Teléfono: 778446. Correo electrónico: neilys@pri.insmet.cu

<sup>2</sup>Master en Ciencias Meteorológicas. Especialista del Centro Meteorológico provincial en Pinar del Río. Profesor Asistente adjunto a la Universidad de Pinar del Río. Correo electrónico: calberto@pri.insmet.cu

<sup>3</sup>Master en agroecología. Especialista del Centro Meteorológico provincial en Pinar del Río. Profesor Asistente adjunto a la Universidad de Pinar del Río. Correo electrónico: gerald@pri.insmet.cu

---

**RESUMEN**

Un modelo matemático es uno de los tipos de modelos científicos, que emplea algún tipo de formulismo matemático para expresar relaciones, proposiciones sustantivas de hechos, variables, parámetros, entidades y relaciones entre variables y/o entidades u operaciones, para estudiar comportamientos de sistemas complejos ante situaciones difíciles de observar en la realidad.

El interés por desarrollar un modelo matemático radica en la posibilidad de reproducir un fenómeno o predecir el funcionamiento de un sistema. Por tal motivo se ha utilizado para pronosticar el comportamiento de la Peste Porcina Clásica en la provincia de Pinar del Río, enfermedad que produce las pérdidas de ganado Porcino.

En Cuba la Peste Porcina Clásica (PPC) tiene un comportamiento endémico y en base a la aceptación por la Organización Mundial de Epizootias (OIE) de los principios de regionalización/zonificación para el control de las enfermedades, con el modelado matemático en Redes Bayesianas, se pretende analizar el comportamiento de la enfermedad, pues el mismo contempla un análisis estadístico completo en un periodo de tiempo, por zonificación y relacionar las zonas con condiciones climáticas más propicias para el desarrollo de la Peste Porcina Clásica. La definición de los territorios a considerar como zonas para estos propósitos, requiere de fundamentación científica en base a un análisis de riesgos, en correspondencia con los lineamientos del Código Zoosanitario Internacional para los animales terrestres.

**Palabras clave:** Modelo Matemático, Redes Bayesianas, Peste Porcina Clásica.

---

## ABSTRACT

Mathematical modeling is an important scientific tool in order to predict, simulate and understand the mechanisms behind complex systems. In this work a mathematical model based on Bayesian networks is developed in order to predict the classical swine fever (CSF) in the province of Pinar del Rio (in Cuba). This illness produces big losses of pigs in this region and a mathematical model may help to lessen these losses. In Cuba the CSF has an endemic behaviour according to the World.

Organization for Animal Health (OIE). With a Bayesian network model we intend to analyze the behaviour of this illness, since this kind of model considers a full statistical analysis in a period of time by different areas and relates the areas with climatic factors more favourable for the development of the disease. The definition of the areas to be considered for these purposes requires scientific grounds based in a risk analysis according to the Zoo-sanitary international code for terrestrial animals.

**Key words:** Mathematical modelling, Bayesian networks, Classical swine fever.

---

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad los en vías de desarrollo en América Latina y el Caribe afrontan un gran reto para los próximos años, en relación con la provisión de alimentos en cantidad y calidad suficientes para satisfacer las demandas de sus crecientes poblaciones urbanas. Las especies animales con un ciclo productivo corto, como es la especie Porcina, juegan un papel destacado en la implantación de los programas de seguridad alimentaria aunque cada vez es más escasa la disponibilidad de tierras para la ganadería extensiva. En este contexto el cerdo representa una alternativa valiosa, por sus características de producir grandes cantidades de proteínas de origen animal en un corto plazo, y a un bajo costo,

características que desde 1999, en Cuba, lo han situado como la especie animal de mayor consumo en el ámbito mundial.

En la región se ha notado un rápido crecimiento de las áreas urbanas, encontrando que en algunas de ellas y en las zonas peri urbanas, existe tradición en la tenencia de cerdos, a la vez que ha evidenciado un incremento en la población porcina.

Circunstancia que resulta favorable para la seguridad alimentaria de los sectores de la población menos favorable. Por otra parte debido a que esta especie puede ser criada con alimentos de múltiples orígenes y de bajo costo, la carne del cerdo es una de las fuentes proteicas más económicas de las que dispone el país.

La Peste Porcina Clásica (PPC) o Cólera Porcino es una enfermedad infecto-contagiosa de origen viral que afecta a los cerdos domésticos y de vida silvestre de todas las edades, que se manifiesta con alteraciones clínicas y anatomopatológicas variables, con predominio de procesos inflamatorios y hemorrágicos de diferente intensidad de los sistemas respiratorio, nervioso, linfático y gastroentérico, aunque también suele presentarse de forma atípica o inaparente (Calles et al., 1990).

Esta enfermedad es la más importante de las enfermedades que afectan al ganado porcino, tanto desde el punto de vista económico como sanitario y de hecho ha estado presente en casi todos los países productores de cerdos, sobre todo a nivel industrial, es altamente contagiosa y se caracteriza por causar morbilidad y mortalidad elevada en los rebaños (Moennig, 1992).

El primer reporte conocido de la Peste Porcina Clásica, (PPC) data del año 1883 en Ohio, Estados Unidos de Norteamérica (EE.UU.) mientras que en Francia una década antes se reportó la epizootia de una enfermedad muy similar, por lo que se sugiere que la misma fue introducida en América a partir de Europa con la importación de cerdos. En EE.UU recibió el nombre de hog cholera y en los países europeos fue descrita usando nombres diferentes como classical swine fever (CSF) en Inglaterra, swinepest en Suecia, pneumo-entérite infectieuse en Francia, schweineseuche en Alemania y peste porcina clásica en España (Moennig, 1992).

Entre las Enfermedades Rojas del Cerdo (ERC), se encuentran además de las causadas por el virus de la Peste Porcina Clásica (PPC) y por pestivirus de rumiantes (VDVB), la peste porcina africana (PPA), la salmonelosis, la erisipela y la streptococosis que pueden ser confundidas entre sí (Terpstra, 1996).

El contacto directo entre animales infectados y susceptibles es la forma más común de transmisión del virus. En condiciones naturales las vías oral e intranasal son las más importantes, también pueden ocurrir infecciones a través de la piel erosionada y por agujas (Terpstra, 1991).

El virus puede excretarse incluso durante el período de incubación (Liess, 1987). En las infecciones agudas aparecen altos niveles de virus en sangre y otros tejidos. Se excretan grandes cantidades de virus en saliva, y cantidades menores en orina y secreciones nasales y oculares (Ressang, 1973). La excreción viral continúa hasta la muerte, o en los animales que se recuperan hasta que los anticuerpos se establecen (Terpstra, 1991).

La transmisión de la enfermedad puede ocurrir además por vías indirectas, a través de productos cárnicos de origen porcino o de vectores mecánicos (dípteros) y verticalmente mediante la placenta (Bram, 1976).

Lograr un diagnóstico de Peste Porcina Clásica (PPC) resulta difícil sin la comprobación del laboratorio, debido a la diversidad de signos clínicos y lesiones que caracterizan esta enfermedad. Para realizar un diagnóstico confiable es imprescindible el uso de las técnicas de laboratorio, sobre todo en las formas crónicas o menos dramáticas de la enfermedad (Depner et al., 1996).

La Peste Porcina Clásica (PPC) frena el desarrollo en las explotaciones porcinas a gran escala, debido a que aumenta los costos de producción y tiene un impacto económico grande en la comercialización de los animales y sus productores. Hasta el 2001 cada país establecía programas para su control y erradicación consiguiendo progresos significativos.

La enfermedad de la Peste Porcina Clásica (PPC) se ha expandido rápidamente por disímiles regiones y se han registrado numerosos datos significativos de la misma cuyos datos nos ayudaran a realizar una investigación estadística profunda e interesante y con ella podremos ayudar con el control y erradicación progresivo de la enfermedad, así como a que sea una herramienta más a utilizar en el diagnóstico diferencial de la enfermedad, donde la misma le permitirá a los técnicos y profesionales del sector pecuario en las Américas trabajar con un nuevo modelo matemático, más seguro, más confiable y capaz de determinar una toma de decisiones importante y de gran interés para realizar reportes inmediatos a las autoridades de salud animal de sus respectivos países.

Al dar pronóstico de lo que va a suceder se puede realizar tratamiento preventivo, dígase vacunación, aislamiento de animales sanos de las zonas donde se manifieste la enfermedad, protección de la masa porcina expuesta a condiciones climáticas que favorecen el desarrollo de la Peste Porcina Clásica, se ahorrará pérdidas en la economía del país, ya que esta enfermedad no es recuperativa.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Durante la investigación se utilizaron diferentes métodos, técnicas y procedimientos de investigación. Como método teórico general el materialismo dialéctico para valorar la evolución de la investigación en el campo de la medicina veterinaria; el histórico-lógico para determinar las tendencias de la enfermedad en el ganado porcino sustentado en los modelos que anteceden al propuesto en la presente investigación y el sistémico para fundamentar el modelo matemático y su explicación con Redes Bayesianas para la aplicación en las diferentes enfermedades de la medicina veterinaria. Los procedimientos utilizados fueron: análisis y síntesis, para la descomposición del funcionamiento del objeto en sus diversos componentes y el establecimiento de las relaciones entre ellos y la inducción-deducción para determinar generalidades y regularidades del proceso. Como técnica se utilizó el análisis documental.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

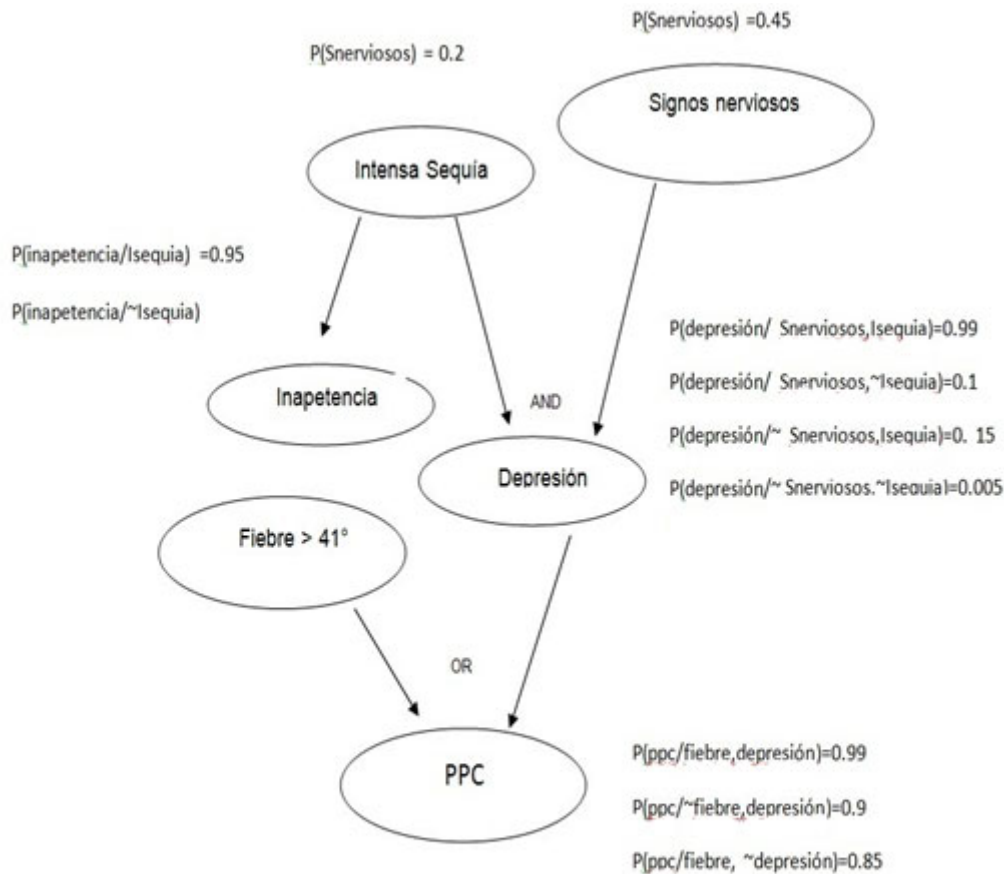
En la provincia el ganado Porcino tiene baja productividad, existen reducidos recursos para mejorar la producción y conservar la salud animal en esta especie, con este análisis podemos analizar las pérdidas económicas por concepto de salud animal, por conceptos agro climáticos y por no tener siempre las vacunas para combatir la enfermedad en todos los sectores, llámese sectores, al estatal, y al de los productores privados, esto tiene mayor incidencia en el último sector (privado).

Los parámetros más frecuentes de esta enfermedad son:

- Fiebre > 41°
- Depresión
- Inapetencia

- Signos Nerviosos
- Intensa Sequía

Estos parámetros fueron los que permitieron realizar la construcción de la Red Bayesiana de forma manual, como se muestra en el gráfico 1.



**Gráfico 1.** Red Bayesiana construida Manualmente.

### Estructura de la Red

Una vez definidas las variables para la construcción de la Red de la enfermedad caso de estudio, se construye el modelo, que no es más que definir la estructura. Esto se hace conectando variables con arcos (también llamados enlaces).

Los arcos en las redes bayesianas son dirigidos. Si se cambia la dirección de un enlace entonces cambia el significado, la ausencia de un arco entre dos variables indica que no existen relaciones de dependencia directa entre ellas, sino a través de otras variables. Para construir la red identificamos que existe la enfermedad de la PPC, por eso el 1er nodo que se introduce es PPC, la primeras causas posibles de la existencia de la (PPC) es Fiebre > 41° y depresión, estas dos causas se añaden al modelo como nodos, entonces se observa inapetencia en los cerdos, se comienza a analizar que existen condiciones climáticas que causan inapetencia se decide pensar en la Intensa Sequía, por estar esta causa la mayor parte del año presente en las condiciones climáticas de la provincia de Pinar del Río, Cuba y puede causar inapetencia al estresarse tanto los animales con este fenómeno. Se puede

definir ya que la causa de la existencia de (PPC) podría ser debido a la depresión, causada por signos nerviosos y la presencia de la Intensa Sequía.

De esta forma se ha construido incrementalmente el modelo de Red Bayesiana para la enfermedad Peste porcina Clásica.

### *Parámetros*

Especificar los parámetros es el último proceso de modelado. Para esto basta con proporcionar las probabilidades a priori de los nodos raíz y las probabilidades condicionales del resto de los nodos.

El proceso de especificación de parámetros se ha definido de la siguiente forma:

- El nombre de la variable indica la presencia de la causa.
- El nombre precedido de ~ indica ausencia de la causa.

En los nodos Raíz, se proporcionan las probabilidades anteriores, que son probabilidades a priori o en ausencia de información.

Se necesitó proporcionar la probabilidad de Intensa sequía (Isequia). Se analiza la proporción de la existencia de sequía, haciendo uso de la estimación, consideramos que la sequía influye directamente en la salud animal en un 20 %, entonces la probabilidad anterior para este parámetro es de 0.2.

Para los nodos que tienen padres, se necesita proporcionar probabilidades condicionadas, por ejemplo la probabilidad de (PPC) dado fiebre > 41° y depresión pero antes se analiza la relación que existe entre las variables, que en este caso es una relación de tipo OR, es decir tanto la fiebre > 41° como la depresión pueden ser causas muy directas de la PPC. Para este caso las probabilidades quedan de la siguiente forma:

$p(\text{ppc}/\text{fiebre}, \text{depresión}) = 0.99$   
 $p(\text{ppc}/\text{fiebre}, \sim\text{depresión}) = 0.85$   
 $p(\text{ppc}/\sim\text{fiebre}, \text{depresión}) = 0.9$   
 $p(\text{ppc}/\sim\text{fiebre}, \sim\text{depresión}) = 0.01$

Las tres primeras probabilidades se aproximan a 1, y las últimas a 0. Esto permite definir que cuando hay más de una causa presente es más probable que exista la enfermedad (0.99 comparado a 0.85 y 0.9), la relación entre algunas causas es más fuerte que entre otras, en este caso la relación entre depresión y ppc es más fuerte que la relación entre fiebre y ppc, pues la fiebre puede aparecer en todas las enfermedades rojas del cerdo como el primer signo de que el animal está enfermo, definir si está enfermo de PPC u otra, aún con esta probabilidad no se recomienda. Cuando las dos causas están presentes, y el animal no ha manifestado síntomas de la enfermedad se le da un valor de 0.99 y no 1 porque aún no se ha confirmado que tienen la enfermedad.

## **CONCLUSIONES**

Este estudio hace contribuciones en la especie porcina para aumentar la salud de la misma y ayuda al técnico o médico veterinario a dar seguimiento de una observación antes de confirmar que existe la enfermedad, además contribuye con el ahorro de medicamentos, vacunas y otros recursos que posibilita aumentar la productividad y determinar los impactos asociados con la misma, se considera un impacto positivo en el aumento de la calidad de la especie porcina y en el avance de su manejo y cuidado.

Específicamente se han presentado detalles técnicos y prácticos involucrados en la identificación de la enfermedad y los parámetros múltiples necesarios para satisfacer las restricciones de consultas.

Este análisis es aplicable a todas las enfermedades en animales y humanos donde existan datos para su estudio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bram, R.A. (1976). The potential role of dipterina in the transmission of hog cholera.
- Calles, J.J; Dardiri, A. H.; Gay. J. (1990). Manual ilustrado para el reconocimiento y diagnóstico de ciertas enfermedades de los animales.
- Depner, K.R., Rodríguez, A.; Pohlenz, J.; Liess, B. (1996). Persistent classical swine fever virus infection in pigs infected after weaning with a virus isolated during the 1995 epidemic in Germany: Clinical, virological, serological and pathological findings. *European Journal of Veterinary Pathology*, 2, 61-66.
- Liess, B. (1987). Pathogenesis and epidemiology of hog cholera. *Ann. Rech. Vet.*, 18: 139-148.
- Moennig, V. (1992). The hog cholera virus. *Comp. Immun. Microbiol. Infect. Dis.*, 15: 189-201.
- Terpstra, C. (1991). Hog cholera an upadte of present knowledge *Br. Vet. J.* 147, 397-406.
- Terpstra, C. (1996). Classical Swine Fever. En *Manual of Standards of diagnostic tests and vaccines*. OIE.
- Ressang A.A. (1973). Studies on the pathogenesis of hog cholera. *Zentralbl. Veterinarmed B*, 20: 256-271.

Aceptado:julio 2013

Aprobado:febrero 2014

**Ing. Neilys González Benítez.** Especialista del Centro Meteorológico provincial en Pinar del Río. Colón 106 entre Maceo y Virtudes, Pinar del Río, Cuba. Teléfono: 778446. Correo electrónico: neilys@pri.insmet.cu