

## Sistema experto para el diagnóstico de enfermedades infecciosas del ganado vacuno

---

Heber Iván Mejía Cabrera, Daysi Marilyn Vidarte Medina y Luis Vives Garnique<sup>9</sup>

### Introducción

El riesgo de enfermedades infecciosas de animales ha aumentado en los últimos años en Perú. La notificación de enfermedades de los animales es de carácter obligatorio y está establecido en el art. 9 del Decreto Legislativo N° 1059 “Ley General de Sanidad Agraria”. El SENASA ha establecido oficialmente la lista de enfermedades notificables para todas las especies animales, debido a su vital importancia para el sistema de vigilancia epidemiológica nacional y un respaldo para el sistema de notificación de enfermedades a nivel internacional.

En el año 2011, en el establo “La ladrillera”, se presentó en mayor porcentaje las enfermedades infecciosas como cetosis bovina, timpanismo, hipocalcemia y distomatosis bovina. Cuando el ganado llega al establo debe ser evaluado por el veterinario en el menor tiempo posible, para iniciar el tratamiento en caso sea necesario y así lograr controlar cualquier enfermedad infecciosa.

La investigación desarrolló un sistema inteligente que apoyará el trabajo del médico veterinario reduciendo el tiempo de diagnóstico para la atención inmediata del ganado vacuno.

### Las enfermedades infecciosas

Una enfermedad infecciosa es la manifestación clínica consecuyente a una infección provocada por un microorganismo como bacterias, hongos, virus y a veces, protozoos o priones. En el caso de agentes biológicos patógenos de tamaño macroscópico, no se habla de infección, sino de infestación. Para que el médico veterinario tenga elementos de juicio que le permita emitir un diagnóstico necesita de:

- **Síntomas:** observación a simple vista del animal por el médico veterinario
- **Signos:** son aquellos que el médico veterinario obtiene, al examinar al animal
- **Lesiones:** es la información de las complicaciones o anomalías internas o externas presentadas en el cuerpo del animal
- **Antecedentes:** es la información que se extrae del propietario acerca de la características del ganado

---

<sup>9</sup> Universidad Señor de Sipán, Escuela de Ingeniería de Sistemas-Perú.

La escala de valoración de 0 a 1 se estableció de acuerdo al rango de salida de la función de transferencia de las neuronas, que coincide con la salida de la función sigmoidea, esta función nos entrega valores entre 0 y 1, el procesamiento se realiza en la red neuronal, teniendo así correspondencia de escala entre los datos de entrada y los datos de salida.

Existen cuatro funciones de transferencia típicas, pero la que usa para el presente proyecto es la “función sigmoidea” para todas las neuronas de la red.

**Tabla 1**  
Parte de la codificación del conocimiento del dominio del problema

Datos del ganado bovino	Descripción lingüística	Valor de entrada a la red
<b>signos/síntomas</b>		
Temperatura	Ausente, presente	
Mucosas	Normal, ictéricas, congestionado, pálidas	0//0.25//0.7//1
Marcha	Normal, incoordinación, cojera, parálisis, postración	0//0.25//0.5//0.7//1
Conformación	Normal, intermedio, caquexia	0//0.7//1
Apetito	Normal, disminuido, anorexia	0//0.7//1
Disnea (trastornos respiratorios)	Ausente, leve, grave	0//0.7//1
Convulsiones	Ausente, leve, grave	0//0.7//1
Antonia ruminal (parálisis rumen)	Ausente, presente	0//1
Tumefacción subcutánea edematosa	Ausente, leve, grave	0//0.7//1
<b>Datos del ganado bovino</b>		
Muerte súbita	Ausente, presente	0//1
Aborto (después del cuarto mes)	Ausente, presente	0//1
Disminución de producción de leche	Ausente, leve, moderado, grave	0//0.25//0.7//1
Hemorragia (sangre no coagula)	Ausente, leve, moderado, grave	0//0.25//0.7//1
<b>Signos-Síntomas</b>		
Toxemia (intoxicación)	Ausente, presente	0//1
Depresión	Ausente, leve, grave	0//0.7//1
Enfiseema color oscuro con salida de espuma	Ausente, presente	0//1
Sialorrea (babeo de hocicó)	Ausente, presente	0//1
Rechinamiento de dientes	Ausente, presente	0//1

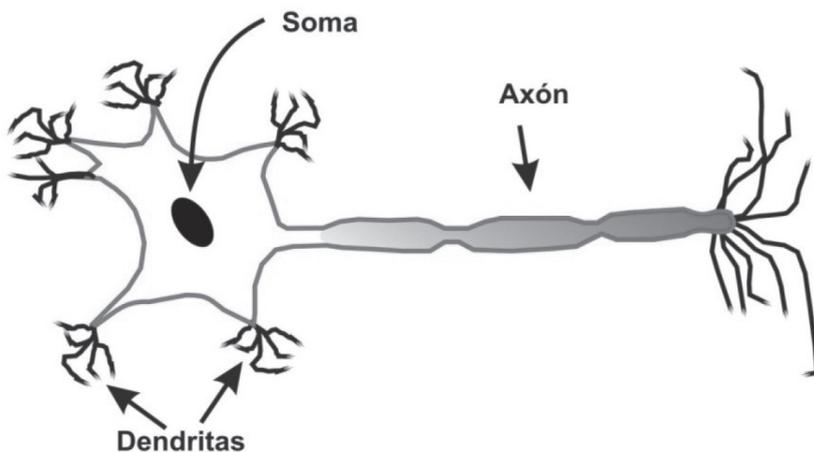
Algunos signos como la temperatura necesitaron un tratamiento especial en la representación del conocimiento. Se realizó un tratamiento matemático que transforme las temperaturas a la misma escala de los síntomas estructurados en la tabla 1:

$$Alza\ térmica = \left( \left( \frac{Alza\ térmica\ del\ paciente}{34.5} \right) - 1 \right) * 10 \quad (1)$$

De esta forma se capturó y estructuró el conocimiento que utilizará el sistema. En el siguiente paso se utilizó la red neuronal artificial para darle características inteligentes al sistema. En este sentido, consideramos que las redes neuronales artificiales son sistemas, hardware o software, de procesamiento, que copian esquemáticamente la estructura neuronal del cerebro para tratar de reproducir sus capacidades.

Las redes neuronales artificiales son capaces de aprender de la experiencia a partir de las señales o datos provenientes del exterior, dentro de un marco de computación paralela y distribuida. La base del funcionamiento del cerebro complejo, no lineal y paralelo son los elementos que conforman la neurona y estas son: sinapsis, axón, dendritas y soma o cuerpo como se aprecia en la figura 1.

Figura 1  
Neurona biológica



Es la unidad de procesamiento de la información, modelado a un dispositivo simple de cálculo que ante un vector de entradas proporciona una única salida.

El comportamiento de la neurona biológica se ha modelado matemáticamente en las siguientes ecuaciones:

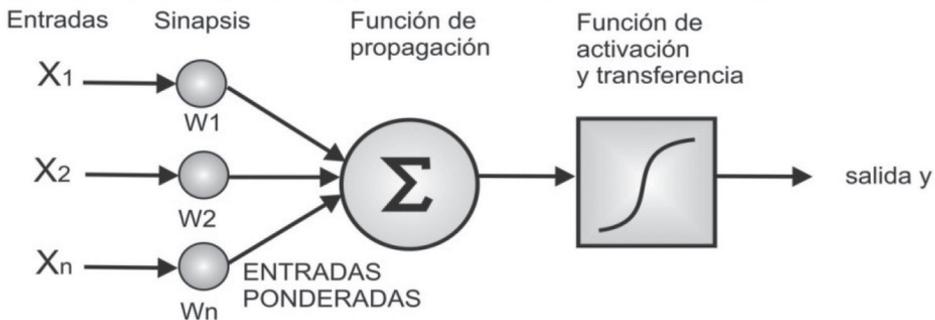
- Conjunto de entrada:  $x_j$
- Pesos sinápticos:  $w_i$
- Función de activación:

$$x_1 * w_1 + x_2 * w_2 \dots x_n * w_n = a(2)$$

- Función de transferencia:

$$y = f(x_1 * w_1 + x_2 * w_2 \dots x_n * w_n)(3)$$

Figura 2  
Neurona artificial



Existen funciones de activación para cada propósito, pero se ha elegido la función Sigmoidea porque genera salidas entre 0 y 1 que coincide con la estructura del conocimiento establecido en esta investigación:

Función Sigmoide:  $y=1/(1+e^{-a})$

La interconexión de las neuronas artificiales da como resultado las redes neuronales artificiales y existen de diversas topologías de acuerdo al tipo de solución que se busque. La investigación construye un sistema inteligente de diagnóstico veterinario que permite clasificar los síntomas, signos, lesiones y antecedentes de cada ganado vacuno dentro de los patrones de cuadros clínicos de la infección y la topología de red que permite realizar clasificación es el Perceptron multicapa, bajo ese modelo se estableció la siguiente topología de red neuronal.

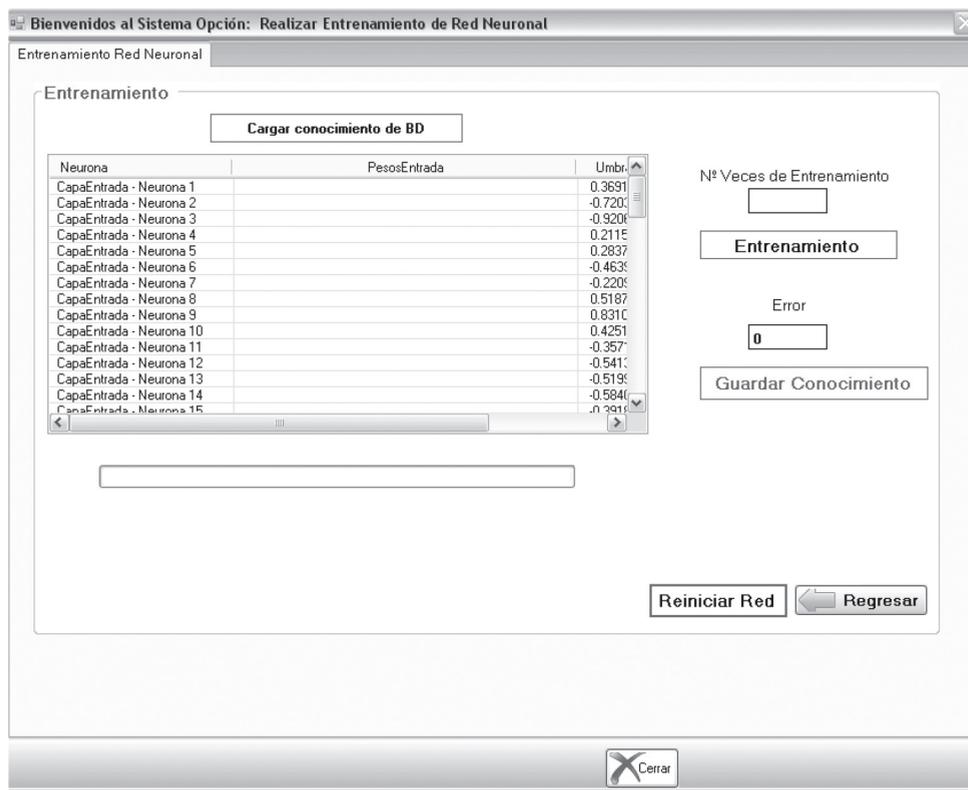
Se estableció tres capas de neuronas, la cantidad de neuronas artificiales en la primera capa está determinada por la cantidad de síntomas (42 neuronas de entrada), signos, lesiones y antecedentes que se establecieron en la etapa de ingeniería de conocimiento, la cantidad de neuronas en la tercera capa (capa de salida) se establecieron de acuerdo a la cantidad de cuadros infecciosos que existen en el diagnóstico (10 neuronas) que se obtuvo durante la etapa de ingeniería de conocimiento.

La cantidad de capas ocultas o intermedias y la cantidad de neuronas en ellas se estableció en las pruebas de prototipo que se realizaron, donde se midió la efectividad del

diagnóstico (porcentaje de aproximación con el diagnóstico del médico) y el menor tiempo de aprendizaje de la red neuronal, quedando establecido una capa oculta con 20 neuronas.

El siguiente paso fue elegir el tipo de aprendizaje supervisado de la red neuronal, que necesitan un conjunto de datos de entrada (síntomas, signos, lesiones y antecedentes) previamente clasificado o cuya respuesta objetivo (diagnóstico) se conoce, para ellos se eligió una muestra de 20 casos válidos del que se conocía su diagnóstico, con dichos datos se entrenó la red neuronal:

Figura 4  
Interfaz de entrenamiento de la red neuronal en la aplicación desarrollada



La red se entrenó en grupos de 1.000 ciclos por vez hasta obtener un error global de 0.00000019 que se puede considerar muy pequeña que no afecta la efectividad del diagnóstico. La aplicación utilizó un Framework de redes neuronales (biblioteca de clases) construida en lenguaje Visual Basic 2005, con las funciones requeridas. A continuación se muestra la interfaz gráfica de usuario para realizar un diagnóstico:

**Figura 5**  
Interfaz gráfica para ingreso de síntomas y signos

The screenshot shows a software window titled "Bienvenidos al Sistema Opción: Realizar Diagnóstico del Ganado Vacuno". It has three tabs: "Síntomas y Signos" (selected), "Lesiones", and "Antecedentes". Below the tabs is a search bar for the animal's name/number, with "Pintado" entered and a "Buscar" button. Below that, the animal's age is "1 Año(s) 1 Mes(es)" and sex is "Macho".

The main area is titled "REGISTRO DE SÍNTOMAS Y SIGNOS" and contains various medical categories with radio button options:

- Alza Térmica:**  Presente, Temperatura: 39.5 Grados
- Mucosas:**  Normal,  Ictéricas,  Congestionado,  Pálidas
- Marcha:**  Incoordinación,  Cojera,  Parálisis,  Postración
- Conformación:**  Normal,  Intermedio,  Caquexia
- Apetito:**  Normal,  Disminuido,  Anorexia
- Disnea (dificultad para respirar):**  Ausente,  Leve,  Grave
- Convulsiones:**  Ausente,  Leve,  Grave
- Antonía Ruminal (parálisis rumen):**  Presente
- Tumefacción subcutánea Edematosa:**  Ausente,  Leve,  Grave
- Muerte Súbita:**  Presente
- Aborto (después del cuarto mes):**  Presente
- Disminución de producción de leche:**  Ausente,  Leve,  Moderado,  Grave
- Hemorragia (Sangre no coagula):**  Ausente,  Leve,  Moderado,  Grave
- Toxemia (Intoxicación):**  Presente
- Depresión:**  Ausente,  Leve,  Grave
- Enfisema color oscuro con salida de espuma:**  Presente

At the bottom, there are buttons for "Nuevo", "Diagnosticar", and "Cerrar".

**Figura 6**  
Interfaz gráfica para ingreso de lesiones

The screenshot shows the same software window, but with the "Lesiones" tab selected. The title is "REGISTRO DE LESIONES".

The interface contains various medical categories with radio button options:

- Sialorrea (babeo de hocicó):**  Presente
- Rechinamiento de dientes:**  Presente
- Secreciones vulvares blanquecinas (con / sin sangre):**  Presente
- Artritis (solo en macho):**  Presente
- Orina de color marrón:**  Presente
- Anemia progresiva:**  Presente
- Olor a acetona (mucosas y fluidos):**  Presente
- Distensión abdominal:**  Presente
- Tumefacción de la ubre:**  Presente
- Edema Submandibular:**  Presente
- Hemorragia tipo negruzca saliendo de orificios naturales:**  Presente
- Tumefacción subcutánea Edematosa con mayor frecuencia en la parte ventral del cuello, el tórax y los hombros:**  Presente
- Sangre en órganos:**  Presente
- Hepatomegalia (hígado agrandado):**  Ausente,  Leve,  Grave
- Esplenomegalia (vaso agrandado):**  Ausente,  Leve,  Grave
- Inflamaciones blandas:**  Presente
- Gangrena localizada:**  Presente
- Vesículas en las fosas nasales, cabida bucal, mamas, entre patas y pezuñas:**  Presente
- Metritis (Infección al útero interno):**  Presente
- Sangre clara y acuosa:**  Presente
- Fibrosis Hepática:**  Presente

At the bottom, there are buttons for "Nuevo", "Diagnosticar", and "Cerrar".

**Figura 7**  
Interfaz gráfica para ingreso de historia clínica

**Bienvenidos al Sistema Opción: Realizar Diagnóstico del Ganado Vacuno**

Sintomas y Signos | Lesiones | **Antecedentes**

### REGISTRO DE ANTECEDENTES

Curso clínico:  
 Subagudo    Agudo    Crónico

Período de incubación:  
 Período: 0 días      Días

Postparto:  
 Presente

Características:  
 Septicemia Generalizada    Toxemia Aguda    Infección Vídica    Infección Local  
 Metabólico    Parasitaria

Origen:  
 Local    Sierra    Selva

Una vez ingresados los datos, el sistema emite un diagnóstico con porcentajes de aproximación del cuadro clínico:

**Figura 8**  
Interfaz gráfica que muestra el resultado del diagnóstico

**Resultado de Diagnóstico**

**Diagnóstico: Anaplasmosis**

**Nombre: Pintado   Edad: 1 Año 1Mes**

Enfermedad	% Aproximación
▶ Anaplasmosis	85.38 %
Hipocalcemia	7.74 %
Timpanismo	0.56 %
Edema Maligno	0.44 %
Distomatosis Hepática	0.34 %
Cetosis	0.08 %
Mastitis	0.08 %
Ántrax	0.04 %
Fiebre Aftosa	0.01 %
Brucelosis	0.00 %

Se realizó una prueba piloto al sistema inteligente de diagnóstico veterinario con 33 casos y se obtuvo un acierto en el 100% de casos con el mismo diagnóstico emitido por el médico veterinario.

## **Conclusión**

El uso de redes neuronales como técnica de solución al diagnóstico resultó muy favorable, se obtuvieron resultados alentadores, de 33 casos de prueba mostrados el sistema inteligente generó un resultado igual al emitido por el médico en un 100%.

## **Referencias**

Bach Aliaga, G. *et al.*

2007 "Sistema experto en redes neuronales para el apoyo de diagnóstico de nutrición". Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Escuela de Sistemas e Informática. Perú.

Giarratano, J.

s.f. *Sistemas expertos. Principios y programación*. International Thomson Editores.

Hilera, R. y Martínez, J.

1995 *Redes neuronales artificiales: fundamentos, modelos y aplicaciones*. España.

Viñuela, P. y Galván, I.

1995 *Redes de neuronas artificiales: un enfoque práctico*. Madrid: Pearson Educación.