

# Estudio comparado de las técnicas de Inteligencia Artificial para el diagnóstico de enfermedades en la ganadería

Neilys GONZÁLEZ

Centro Meteorológico Provincial de Pinar del Río  
Pinar del Río, Pinar del Río, 20100, Cuba, [neilvs.gonzalez@pri.insmet.cu](mailto:neilvs.gonzalez@pri.insmet.cu)

Maikel Y. LEYVA

Universidad de Guayaquil,  
Guayaquil, Guayas, 090510, Ecuador, [maikel.levyav@ug.edu.ec](mailto:maikel.levyav@ug.edu.ec)

Katya M. FAGGIONI

Universidad de Guayaquil,  
Guayaquil, Guayas, 090510, Ecuador, [katya.faggionic@ug.edu.ec](mailto:katya.faggionic@ug.edu.ec)

y

Paúl J. ÁLVAREZ

Universidad de Guayaquil,  
Guayaquil, Guayas, 090510, Ecuador, [paul.alvarezs@ug.edu.ec](mailto:paul.alvarezs@ug.edu.ec)

## RESUMEN

El diagnóstico de enfermedades es un proceso cognitivo complejo que implica capacitación, experiencia, reconocimiento de patrones y cálculo de probabilidad condicional, entre otros componentes menos comprendidos. En las últimas décadas se han realizado varios esfuerzos por aplicar el análisis predictivo en los sistemas de salud, así como lanzar sistemas de aprendizaje automático para facilitar el diagnóstico de enfermedades. En la actualidad la medicina (animal y humana) utiliza considerables adelantos que involucran el uso intensivo de alta tecnología como el diagnóstico por imágenes, la robótica, entre otros, especialmente la aplicación de técnicas de Inteligencia Artificial (IA) las cuales son factibles cuando aprovechan los datos disponibles y la experiencia clínica. El presente trabajo tiene como objetivo, comparar las técnicas de IA para seleccionar la que mejor se ajusta al diagnóstico de enfermedades en la ganadería, cuando se tienen datos almacenados sobre el comportamiento de las enfermedades que con frecuencia afectan la masa ganadera.

**Palabras Clave:** Técnicas de Inteligencia Artificial, diagnóstico de enfermedades, clasificación, predicción, toma de decisiones.

## 1. INTRODUCCIÓN

La medicina enfrenta el reto de adquirir, analizar y aplicar conocimiento para resolver problemas clínicos complejos. En la actualidad existen innumerables adelantos que involucran el uso intensivo de la tecnología en el diagnóstico médico. El presente trabajo está relacionado con el empleo de la tecnología en el diagnóstico de enfermedades en la ganadería.

Se realiza un estudio que evidenció que las herramientas y técnicas tradicionales que comúnmente se utilizan para ejecutar diagnóstico de enfermedades en la ganadería en Cuba, presentan características variables y no cumplen con los aspectos requeridos para el diagnóstico de enfermedades. Por tal motivo se propone un estudio comparado de las técnicas de IA para seleccionar la que mejor se ajusta para el diagnóstico de

enfermedades en la ganadería en aras de encontrar nuevas soluciones para el procesamiento de la información, análisis desde los datos, diagnósticos de enfermedades con un mayor grado de certeza. Posibilitando la obtención de resultados favorables para apoyar la toma de decisiones, cuidar la salud animal y conservar la masa ganadera [1].

La citada autora, refiere, además, que las técnicas de IA aplicadas al diagnóstico de enfermedades han sido utilizadas en estudios de problemas complejos, alcanzando un aceptado grado de certeza en los resultados obtenidos con respecto a la identificación de un tipo específico de enfermedad. Estas aplicaciones son ventajosas debido a que facilitan la construcción y estudio de sistemas capaces de aprender a partir de un conjunto de datos y mejorar procesos de clasificación y predicción.

Añade, que el desarrollo de la ganadería en Cuba ha tenido patrones políticos, económicos y sociales similares a lo largo de su diversa geografía. Para los ganaderos la tierra y el ganado representan un prestigio que a menudo triunfa sobre el valor de los retornos económicos directos. Desde mediados de los años 70 se han hecho esfuerzos para organizar las producciones ganaderas, las herramientas desarrolladas han sido utilizadas para obtener asignación extrema de nutrientes en los rebaños, donde la calidad, cantidad y costos de nutrientes varían estacionalmente.

Por otra parte, refiere, que, conforme a las transformaciones que ocurren en la actividad ganadera, la aplicación de tecnologías de la información y de principios empresariales se vuelve cada vez más importante. Al mismo tiempo, a causa de la globalización y los avances tecnológicos, se ha comenzado a utilizar mejores técnicas de procesamiento de datos, a través del desarrollo de diferentes herramientas basadas en técnicas de IA para ayudar a la predicción y rentabilidad de las operaciones que en la ganadería se realizan continuamente.

Aplicaciones basadas en técnicas de IA han resultado ventajosas para el diagnóstico de enfermedades y el apoyo a la toma de

decisiones dada la facilidad que tienen para aprender a partir de diferentes conjuntos de datos y mejorar procesos de clasificación y predicción de enfermedades en la ganadería [2] [3]. Ejemplos de aplicaciones desarrolladas para distintos fines en la ganadería basadas en técnicas inteligentes son:

- Modelo matemático para el diagnóstico y pronóstico de Fasciola Hepática en el ganado bovino, permite la interpretación de los datos, se apoya en las pérdidas en cuanto al decomiso de hígados, dando lugar a conocer el diagnóstico a priori de la enfermedad y su pronóstico a posteriori y con ellos poder realizar una intervención de forma temprana con el fin de evitar la propagación del parásito [4].
- Gestión organizacional para el desarrollo local a través de un modelado matemático aplicado a la Medicina Veterinaria, permite analizar el comportamiento de la Peste Porcina Clásica (PPC), brinda un análisis estadístico completo en un período de tiempo, por zonificación y relaciona las zonas con condiciones climáticas más propicias para el desarrollo de la enfermedad [5].
- Modelo estadístico de evaluación genética del ganado Holstein de Antioquia, permite predecir el valor genético del animal, tomar decisiones acertadas en el manejo, la nutrición, la sanidad, el mejoramiento genético y la reproducción de un hato [6].
- Modelo de macrófagos infectados por Leishmania (V.) braziliensis, desarrollada para identificar fenotipos de infección inducidos por silenciamiento genético con shRNAs, en macrófagos infectados por L. Viannia braziliensis [7].
- Modelo informático que predice brotes de enfermedades zoonóticas en base a los cambios en el clima, el crecimiento demográfico y el uso del suelo, desarrollado para la mejora y comprensión de la propagación de enfermedades de los animales a las personas [8].

Otras aplicaciones analizadas, como parte del estudio realizado en la presente investigación, para ejecutar diagnóstico de enfermedades en la ganadería, presentan características variables, ellas en su totalidad no cumplen con los aspectos requeridos para el diagnóstico de enfermedades en la ganadería, hecho que muestra la necesidad de un estudio comparado para la selección de la técnica de IA que mejor se ajusta para el desarrollo de una herramienta de apoyo para realizar diagnósticos de enfermedades con el fin de obtener un mejor grado de acierto en los diagnósticos que se ejecutan y que contribuya apoyar la toma de decisiones, para disminuir las afectaciones en la ganadería, cuidar la salud animal y conservar la masa ganadera.

Basado en lo antes referido se estudian las técnicas de IA que con frecuencia se han utilizado en el área de salud animal para el diagnóstico de enfermedades, debido a que en la ganadería y en particular en la medicina veterinaria, existe la necesidad de encontrar nuevas soluciones para el procesamiento de la información, análisis desde los datos, diagnósticos de enfermedades con un mayor grado de certeza [1].

Entre las técnicas de IA a estudiar en la presente investigación se encuentran:

- a) Las redes neuronales artificiales
- b) El razonamiento basado en casos
- c) Las redes bayesianas

- a) Las redes neuronales artificiales han demostrado que producen buenos resultados en bases de datos con muchas instancias, no consideran la incertidumbre, actúan como una caja negra, en el sentido de que no es posible saber cómo se ha llegado a los resultados obtenidos y los nodos intermedios no pueden ser interpretados. Comienza a utilizarse en la práctica médica con el fin de ayudar a los médicos en la toma de decisiones. Tienen utilidad para pronosticar la evolución de distintas patologías o intervenciones terapéuticas, clasificar o reconocer muestras anatomopatológicas, pruebas de imagen o establecer probabilidades diagnósticas a partir de síntomas o pruebas complementarias [9].
- b) El razonamiento basado en casos se ha utilizado con éxito en el diagnóstico médico asistido, esta técnica se basa en el paradigma de resolución de problemas en el que un problema nuevo se soluciona atendiendo casos similares del pasado. Ha demostrado ser apropiado para trabajar con datos de dominios poco estructurados o situaciones donde es difícil la adquisición de conocimiento, como es el caso del diagnóstico médico, donde es posible identificar diferentes enfermedades. Algunas de las tendencias que se pueden desarrollar para el Razonamiento Basado en Casos en la ciencia de la salud están orientadas a reducir el número de características en datos de gran dimensión. Una contribución importante puede ser la estimación de probabilidades de pertenencia a cada clase para los nuevos casos. Con el fin de representar adecuadamente la base de datos y evitar los inconvenientes causados por la alta dimensión, ruido y redundancia de los mimos [10], [11].
- c) Las redes bayesianas calculan la probabilidad de que un caso con cierto atributo pertenezca a una categoría. En medicina se han usado para predecir recaída de enfermedad o riesgo de cáncer [12], [13]. El filtro no sabe esto por adelantado y tiene que aprender de la mano del usuario. El programa calcula en lo sucesivo la probabilidad de que cada atributo corresponda a una categoría o a otra. Desde los años 2011, se utilizaron los clasificadores bayesianos ingenuos (*naïve bayesian classifiers*) para el diagnóstico de enfermedades en la ganadería, en particular para el diagnóstico clínico de la fiebre porcina clásica, obteniéndose resultados favorables con una exactitud del 60 al 70%, lo cual fue favorable para distinguir poblaciones de animales infectadas de las no infectadas, comparables a un constructo conocido como regla diagnóstica.

Fundamentadas las características que se describen sobre las técnicas de IA que con frecuencia se utilizan para el diagnóstico de enfermedades, el marcado interés y utilidad que ellas presentan para involucrarse en situaciones donde se requiere de un gran acervo de conocimientos, el veloz procesamiento de datos y la toma efectiva de decisiones, se realiza el estudio comparado para la selección de la técnica que mejor se ajusta a los diagnósticos de enfermedades en la ganadería.

## 2. DESARROLLO

Para el estudio comparado de las técnicas de IA que se utilizan con frecuencia en el diagnóstico de enfermedades, se utilizó la Teoría de Decisión Multicriterio Discreta (DMD), definida por [14] como teoría que contribuye a seleccionar la técnica que mejor cumple con los criterios previstos para ejecutar el diagnóstico de enfermedades. La teoría de la DMD, es considerada como una metodología para el apoyo a la toma de decisiones, ha resultado

idónea en varios campos de aplicación, específicamente donde hay que decidir entre varias alternativas, teniendo en cuenta diversos criterios o puntos de vista.

Los métodos de evaluación y decisión multicriterio favorecen el proceso de encontrar soluciones posibles, pero no necesariamente óptimos, por lo que juega un importante papel en este proceso las preferencias del decisor sobre los objetivos predefinidos [15].

Los referidos autores, añaden que para un adecuado trabajo con los métodos multicriterio se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

1. Seleccionar la(s) mejor(es) alternativa(s).
2. Aceptar alternativas buenas y rechazar aquellas malas.
3. Generar una ordenación (*ranking*) de las alternativas consideradas (de la “mejor a la peor”).

Destacan que, para cumplir con los aspectos antes mencionados, existen diferentes enfoques, métodos y soluciones, a tener en cuenta, como son:

1. Ponderación Lineal (*Scoring*).
2. Utilidad Multiatributo (MUAT).
3. Relaciones de superación y procesos de Análisis Jerárquico (AHP – *The Analytic Process* – Proceso Analítico Jerárquico).

Para el estudio comparado de las técnicas de IA que mejor se ajusta para el diagnóstico de enfermedades en la ganadería, se selecciona el método de ponderación lineal (*Scoring*), donde el decisor juega un importante papel para cada uno de los objetivos definidos en cada técnica de IA.

El método que se utilizó en la presente investigación, tiene como finalidad la de definir una estructura de preferencia entre las alternativas identificadas, tal como ocurre en la práctica y en particular en el diagnóstico de enfermedades. La ponderación lineal (*Scoring*), es un método con una fundamentación teórica ortodoxa y directa, es decir, según la teoría de la utilidad y la teoría del valor, contribuye a la elección entre un conjunto de alternativas disponibles de forma que se maximice la satisfacción de lo que se desea.

El trabajo con este método implica el conocimiento de cada una de las alternativas y la capacidad de evaluación, lo cual se logra al definir una función de valor (determinística) o una función de utilidad (probabilística) que represente las preferencias. Además, supone la transitividad de preferencias o la comparabilidad. Es completamente compensatorio, y puede resultar dependiente de la asignación de pesos a los factores o de la escala de medida de las evaluaciones (15).

El esquema básico que sigue el método de ponderación lineal consiste en construir una función de valor  $S_j$  para cada alternativa, de acuerdo a como se plantea en la expresión 1. Resultados que se muestran en la tabla 1.

$$S_j = \sum_i w_i r_{ij} \quad (1)$$

Donde:

$w_i$ ; es el peso del criterio  $j$  y  $r_{ij}$  la evaluación (*rating*) de la alternativa  $i$  respecto al criterio  $j$ .

Los datos utilizados para la selección de las técnicas de IA para el diagnóstico de enfermedades en la ganadería se corresponden con la información extraída del análisis documental, los cuales se cuantificaron asignándole un peso (ponderación) para realizar tal comparación. Para establecer el *Rating* de satisfacción para cada alternativa se utiliza una escala de 0 - 9 puntos, luego se calculó el *Scoring* para cada alternativa, donde los resultados obtenidos al aplicar la teoría de DMD se reflejan en la tabla 1.

**Tabla 1.** Resultados de la Ponderación Lineal de cada criterio para la selección de la técnica de IA para el diagnóstico de enfermedades. **Fuente:** Elaboración propia.

Criterios	Ponderación $w_i$	Razonamiento basado en casos $r_{i_1}$	Redes neuronales artificiales $r_{i_2}$	Redes bayesianas $r_{i_3}$
Utilización de mecanismo de aprendizaje	5	7	9	9
Trabajo con los datos que presentan incertidumbre	1	3	7	9
Posibilidad de la combinación del conocimiento y los datos	3	8	6	9
Obtención de conocimiento verificable	5	8	1	9
Obtención de resultados de forma rápida y precisa	5	9	5	9
Grado de organización de la información	4	8	4	8
Utilización de analogías	3	9	1	2
Información excesiva o redundante	1	2	4	3
Flexibilidad	4	8	5	9
<b>Scoring <math>S_j</math></b>		<b>240</b>	<b>143</b>	<b>248</b>

Basado en el análisis realizado, la técnica de IA que reflejó resultados más apropiados, para el diagnóstico de enfermedades en la ganadería se correspondió con el uso de las redes bayesianas. Resultado que está en correspondencia con el estado del arte relacionado con el uso de las técnicas de Inteligencia Artificial que con frecuencia se utilizan para el diagnóstico de enfermedades.

Las redes bayesianas poseen ventajas frente a las redes neuronales, el razonamiento basado en casos que las distinguen

para ejecutar diagnóstico de enfermedades, entre estas ventajas se encuentran:

- ❑ Tienen una interpretación sencilla, apoyada en métodos probabilísticos.
- ❑ Son robustas, en el sentido que pequeñas alteraciones en el modelo no afecta la estructura de la red.
- ❑ Se pueden incorporar los conocimientos o creencias previas de un experto a través de la distribución a priori.
- ❑ Están especialmente diseñadas para descubrir las relaciones entre variables que son causales y no poder ser observadas de otro modo, permitiendo hacer predicciones más precisas.
- ❑ No se ven afectadas por el sobreajuste de los datos.

Asimismo, poseen como desventaja; la escasa relación que se da en algunas situaciones entre el razonamiento lógico humano y los métodos probabilísticos [11], [12]. Desventaja que en la práctica ha sido disminuida debido a que el trabajo con redes bayesianas para el diagnóstico de enfermedades se realiza comúnmente desde datos almacenados en bases de datos y desde el conocimiento de los expertos, lo que contribuye a obtener relaciones de razonamiento lógico humano útiles para el trabajo con métodos probabilísticos.

### 3. CONCLUSIONES

Se analizan las técnicas de Inteligencia Artificial que con frecuencia se han utilizado para el diagnóstico de enfermedades, a través de los resultados obtenidos al utilizar la teoría de la DMD para determinar la técnica más apropiada para este fin, obteniéndose que las redes bayesianas constituyen la técnica de Inteligencia Artificial que mayores posibilidades tienen para el diagnóstico de enfermedades, debido a la capacidad de modelar los procesos del razonamiento médico combinando el conocimiento de los expertos con los datos médicos que ellos aportan y los datos clínicos existentes.

### 4. BIBLIOGRAFÍA

- [1] González, N. (2017). Modelo basado en Redes Bayesianas para el diagnóstico de la Fasciolosis bovina. Tesis para optar por el grado científico de Doctor en Ciencias. Universidad de las Ciencias Informáticas, La Habana, Cuba.
- [2] Monsalve, A., E. (2017). Sistema de ayuda a la decisión clínica en enfermedades de diagnóstico complejo. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Informáticas. Departamento de Tecnología, Informática y Computación, Escuela politécnica superior de Alicante, España. <http://www.eltallerdigital.com>
- [3] Bernal, E., A. (2014). Sistema prototipo de entrenamiento pediatra para el proceso de adaptación neonatal, (Tesis de maestría en Ingeniería de Sistemas y Computación), Línea de investigación: Ingeniería del Software, Sistemas Inteligentes, ÁREA: Sistemas Inteligentes.
- [4] González, N. (2014). Modelo matemático para el diagnóstico y pronóstico de Fasciola Hepática en el ganado bovino, Volumen 15 N° 11 - <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n111114.html> . REDVET - Revista electrónica de Veterinaria - ISSN 1695-7504.
- [5] González, N., Miranda, C., A., Malagón, G., M. (2014). Gestión organizacional para el desarrollo local a través de un modelado matemático en Redes Bayesianas aplicado en la Medicina Veterinaria, Revista Avances Vol. 16 (1), ene. -marzo., 2014.
- [6] Arias, J. P., Cardona J. F., Herrera A. C., Cerón, M. F. (2014). Rentabilidad de vacas Holstein en Antioquia: Parámetros genéticos y progreso genético. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 26, Article #121. Retrieved June 23, 2017, from <http://www.lrrd.org/lrrd26/7/rami26121.htm>
- [7] Ovalle, C. (2015). Caracterización de un modelo celular diseñado para el tamizaje genético mediante RNA de interferencia en el complejo macrófago – infectado por Leishmania (Viannia) braziliensis. (Tesis de en opción al grado científico de Doctor en Ciencias), Universidad Nacional de Colombia.
- [8] Jones, K. (2016.) Modelo informático que predice brotes de enfermedades zoonóticas. *Informática en la predicción de propagación de enfermedades animales*, departamento de Diversidad Biológica e Investigación del Medio Ambiente. University College London (UCL) en el Reino Unido.
- [9] National Library of Medicine (US). (2016). Neural Networks. MeSH Term.
- [10] Chuang C. L. (2011). Case-based reasoning support for liver disease diagnosis. Recuperado de: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21757326>
- [11] Viveros-Melo, D., Ortega-Adarme, M., Blanco Valencia, X., Castro-Ospina, A. E., Murillo Rendón, S., & Peluffo-Ordóñez, D. H. (2017). Razonamiento basado en casos aplicado al diagnóstico médico utilizando clasificadores multi-clase: Un estudio preliminar. *Enfoque UTE*, 8(1), pp. 232-243. <https://doi.org/https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v8n1.141>
- [12] Calle, F. (2014). Técnica bayesiana de apoyo a la toma de decisiones y sus aplicaciones. (Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Matemáticas). Departamento de Matemática, Universidad de Extremadura, España.
- [13] Viviani, P. (2014). Análisis de sensibilidad a la evidencia en Redes Bayesianas Gaussianas, (Tesis en opción al grado de doctor en ciencias matemáticas). Universidad Complutense de Madrid. Facultad de ciencias matemáticas. Departamento de Estadística e Investigación Operativa I.
- [14] Barba-Romero, S. (1994), Evaluación multicriterio de proyectos, en Martínez, E. (Ed.), *Ciencia, Tecnología y Desarrollo: Interrelaciones Teóricas y Metodológicas*, (Ed. Nueva Sociedad, Caracas, pp. 455-507)
- [15] Martínez E., Escudey M., (1998). *Evaluación y Decisión Multicriterio. Reflexiones y Experiencias*. Editorial Universidad de Santiago/UNESCO, Santiago de Chile.