

Tipo de artículo: Artículo original  
Temática: Inteligencia Computacional  
Recibido: 20/03/2020 | Aceptado: 23/04/2020 | Publicado: 02/06/2020

## **Análisis multicriterio para seleccionar técnicas de Inteligencia Artificial para el diagnóstico de enfermedades ganaderas**

### *Multicriteria analysis to select Artificial Intelligence techniques for the diagnosis of livestock diseases*

Miguel Angel Quiroz Martinez<sup>1</sup>, Joseline Alfonsina Valdivieso Duarte<sup>2\*</sup>, Monica Daniela Gomez Rios<sup>3</sup>, Maikel Yelandi Leyva Vazquez<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias de la Computación. Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, Ecuador. Correo electrónico: [mquiroz@ups.edu.ec](mailto:mquiroz@ups.edu.ec)

<sup>2</sup>Departamento de Ciencias de la Computación. Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, Ecuador. Correo electrónico: [jvaldiviezod@est.ups.edu.ec](mailto:jvaldiviezod@est.ups.edu.ec)

<sup>3</sup>Departamento de Ciencias de la Computación. Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, Ecuador. Correo electrónico: [mgomezr@ups.edu.ec](mailto:mgomezr@ups.edu.ec)

<sup>4</sup>Departamento de Ciencias de la Computación. Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, Ecuador. Correo electrónico: [mleyvaz@gmail.com](mailto:mleyvaz@gmail.com)

\* Autor para correspondencia: [mquiroz@ups.edu.ec](mailto:mquiroz@ups.edu.ec)

#### **Resumen**

El proceso de diagnóstico a través del uso de criterios semiológicos y métodos complementarios es un arte complejo como la terapéutica aplicado a la identificación de la enfermedad responsable del padecimiento o la estimación del riesgo de que ocurran complicaciones. El diagnóstico médico, tanto humano como animal, es una tarea que requiere de precisión, dada la trascendentalidad que puede llevar consigo una decisión mal tomada. Con el desarrollo de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones y el avances continuo de la informática, el diagnóstico médico, en la actualidad se apoya en aplicaciones de Inteligencia Artificial, el que se ve referenciado desde varias de sus principales técnicas, tales como los sistemas expertos (diagnóstico basado en reglas, probabilidades), lógica difusa (diagnóstico basado en clasificación), redes neuronales (diagnóstico basado en entrenamiento y reconocimiento), minería de datos aplicada (diagnóstico mediante el reconocimiento de patrones). Por tal motivo en el presente trabajo se realiza un estudio comparado de las técnicas de Inteligencia Artificial, que con frecuencia se utilizan para el diagnóstico de enfermedades, en aras de seleccionar la técnica que mejor se ajusta para realizar diagnósticos de enfermedades ganaderas desde los datos almacenados en Bases de Datos.

**Palabras clave:** Diagnóstico de enfermedades; Inteligencia Artificial; toma de decisiones; estudio comparado; enfoque ontológico y operativo.

### **Abstract**

*The process of diagnosis through the use of semiologists criteria and complementary methods are a complex art as the therapeutics applied to the identification of the responsible illness of the suffering or the esteem of the risk that occurs complications. The medical diagnosis, so much it humanizes as animal, it is a task it requires of precision, given the transcendentalidad that can take with one a wrong taken decision. With the development of the technologies of the information and the communications and the endless advances of the computer science, the medical diagnosis, at present bases one's opinion on applications of artificial intelligence, the one which sees referenced from several of your main techniques, just as the expert systems (diagnostic based on rule, probabilities), logical diffuse (diagnostic based on classification), cast a net neuronales (diagnostic based on training and reconnaissance), mining of applied data (diagnostic by means of the reconnaissance of owners). For such motive at present work carries out a bought study of the techniques of artificial intelligence, that frequently it is used for the diagnosis of illnesses, for the sake of selecting the technique that better it conforms to carry out diagnoses of cattle illnesses from the data stored in bases of data.*

**Keywords:** *Diagnosis of illnesses; Artificial intelligence; take of decisions; comparative study; focus ontologic and operative.*

### **Introducción**

El diagnóstico médico, tanto humano como animal, es una actividad que se realiza por médicos con una cierta cantidad de experiencia en el área en la que se esté realizando el diagnóstico. La Inteligencia Artificial (IA), como su mismo significado lo expresa, pretende emular la capacidad natural que posee el hombre en la toma de decisiones de cualquier tipo, imitando tanto su modo de aprendizaje como la manera en que basado en dicho conocimiento puede llegar a tomar decisiones. Para este propósito se han venido aplicando diferentes técnicas de la Inteligencia Artificial dentro de las cuales se pueden destacar los Sistemas Expertos (mencionados anteriormente), las Redes Neuronales, la Minería de Datos, los Agentes Inteligentes.

La evaluación de métodos diagnósticos por lo general se realiza basado en el criterio de verdad reconocido (*gold standard diagnóstico*) o con el desarrollo de un evento en el seguimiento (*gold standard pronóstico*). El diagnóstico puede tener un enfoque ontológico u operativo. El enfoque ontológico, en el diagnóstico el acierto puede evaluarse respecto de un hallazgo específico, como el estudio anatomopatológico, mientras que el diagnóstico con enfoque operativo, adquiere su validez cuando se compara con una conducta alternativa. Las nuevas definiciones diagnósticas reflejan cambios en la mirada médica acordes a la necesidad de evaluar nuevas conductas, agrupando en forma diferente datos de la realidad clínica, e implica en casi todos los casos una estimación pronóstica que ayuda en la adopción de decisiones que en sí mismas conllevan riesgo.

A pesar de los avances y, en algunas patologías, justamente por la presencia de nuevas técnicas ultrasensibles que reconocen disfunciones en estadios asintomáticos cuya importancia clínica es difícil de evaluar, existe carencia de métodos ideales para adoptar una actitud que contemple la presunción clínica y la contribución relativa de cada paso, en el conocimiento de que todo criterio o estudio tiene cierto margen de error. Cuando se obtiene el resultado de una prueba diagnóstica se interpreta la contribución de la misma de acuerdo con su resultado y el mismo se conjuga con el diagnóstico presuntivo previo, para juzgar una probabilidad diagnóstica nueva, al respecto, cuanto mayor sea la exactitud y confiabilidad de la prueba, mayor será la modificación del concepto previo según su resultado y así se podrá aplicar pruebas sucesivas o escalonadas.

Basado en lo antes referido, (Abu Hanna y Lucas, 2001), refieren que el mayor problema en el campo médico es realizar el diagnóstico de una enfermedad, uno de los inconvenientes más importantes en éste proceso es la subjetividad del especialista que lo realiza; este hecho se hace notar en particular en actividades de reconocimiento de patrones, donde la experiencia del profesional está directamente relacionada con el diagnóstico final, esto es debido al hecho de que el resultado no depende de una solución sistematizada sino de la interpretación de los síntomas. Rüdiger, (2001), destaca el hecho de que la mayoría de médicos confrontan durante su formación la tarea de aprender a diagnosticar.

En términos generales el diagnóstico médico es fundamentalmente el proceso de identificar la enfermedad dado un conjunto de síntomas presentes, para de esta manera poder determinar cuál es la mejor forma para tratarla; siendo éste uno de los temas más explotados en la ciencia de la computación desde hace ya un tiempo, especialmente en el campo de la Inteligencia Artificial. Desde el inicio de la Inteligencia Artificial, ubicado a final de la década de los 50, sus técnicas han sido utilizadas y aplicadas en diversas áreas comunes al desempeño cotidiano de las personas, ayudando, reemplazando, simulando las acciones o decisiones tomadas por individuos con ciertas características en particular. Una de las principales áreas de aplicación se puede destacar particularmente la medicina, dado que la Inteligencia Artificial logró su mayor impacto inicial en ella a través de los sistemas expertos y específicamente por medio de los sistemas de diagnóstico.

La Inteligencia Artificial es una combinación de las ciencias computacionales, fisiología y filosofía, reúne varios campos (robótica, sistemas expertos, sistemas inteligentes entre otros), todos los cuales tienen en común la creación de "máquinas" que pueden "pensar" tal y como lo hacen los humanos. La idea de construir una máquina, que pueda ejecutar tareas que parecen necesitar de la inteligencia humana para llevarse a cabo es un atractivo.

Las tareas que han sido estudiadas desde este punto de vista incluyen juegos, traducción de idiomas, diagnóstico (médico, de fallas), robótica, suministro de asesoría experta en diversos temas. Es así como los sistemas de administración de base de datos cada vez más sofisticados, la estructura de datos y el desarrollo de algoritmos de inserción, borrado y locación de datos, así como el intento de crear máquinas capaces de realizar tareas que son pensadas como típicas del ámbito de la inteligencia humana, acuñaron el término Inteligencia Artificial en 1956, (Matjaz, 2003 y Rüdiger, 2001).

Para el diagnóstico de enfermedades ganaderas, la integración rápida y fácil de conocimiento que pueda reemplazar al diagnóstico antiguo es un factor fundamental, dado que el diagnóstico médico es un proceso complejo, que no del todo es preciso y no puede ser realizado sin antes considerar muchas alternativas, debido a la incertidumbre presente en el proceso. Como resultado de esta incertidumbre las decisiones tomadas por diferentes médicos en diferentes estados del proceso de diagnóstico no siempre son las mismas, porque cada caso particular tiene un proceso de decisión diferente para cada médico, así se trate del diagnóstico de el mismo tipo de enfermedad.

De acuerdo con lo antes referido, se destaca el papel de la Inteligencia Artificial en el diagnóstico de enfermedades, la cual ha sido un área que con sus técnicas ha contribuido a disminuir la incertidumbre. Las tendencias que han marcado la historia de la Inteligencia Artificial en el campo médico, especialmente en el diagnóstico de enfermedades, son un buen referente para comprender el porqué de los desarrollos presentes en la actualidad.

Dentro de las técnicas de Inteligencia Artificial, que con frecuencia se han utilizado para el diagnóstico de enfermedades se destacan; los sistemas expertos (diagnóstico basado en reglas, probabilidades), lógica difusa (diagnóstico basado en clasificación), redes neuronales (diagnóstico basado en entrenamiento y reconocimiento), minería de datos aplicada (diagnóstico mediante el reconocimiento de patrones). Estas técnicas poseen un potencial significativo desde Inteligencia Artificial en la medicina, Werner (1988), resumió el potencial de las técnicas de Inteligencia Artificial como:

- Producción de nuevas herramientas para apoyar la toma de decisiones médicas, entrenamiento e investigación.
- Integración de las actividades médicas, computacionales, científico-cognoscitivas.

La exploración realizada a través de las diferentes aplicaciones de la Inteligencia Artificial en el diagnóstico médico ha sido creciente. La técnica de la Inteligencia Artificial en el campo del diagnóstico médico, ha abordado problemas complejos y con una fiabilidad alta en la obtención de los resultados, bien sea utilizando los métodos clásicos de diagnóstico por probabilidades o los métodos más recientes como los usados en la minería de datos.

El abordaje realizado, favorece realizar un estudio comparado de las técnicas que con frecuencia se han utilizado en el diagnóstico de enfermedades y en particular para el diagnóstico de enfermedades ganaderas. El estudio comparado constituye el elemento que facilitará decidir cuál es la técnica de Inteligencia Artificial que mejor se ajusta al diagnóstico de enfermedades ganaderas, el análisis para la selección de la técnica de Inteligencia Artificial que mejor se ajusta para el diagnóstico de enfermedades ganaderas, se realiza a través del uso de métodos multicriterios.

El análisis multicriterio es una metodología de toma de decisiones que se ha impuesto como la idónea en multitud de campos de aplicación. El importante sub caso en el que hay que decidir entre varias alternativas, desde unas pocas a algunos centenares, teniendo en cuenta diversos criterios o puntos de vista, surge frecuentemente. A este tipo de problemas se dedica la llamada Decisión Multicriterio Discreta (Martínez y Escudey, 1997).

Para evaluar las técnicas de Inteligencia Artificial que mejor se ajusta al diagnóstico de enfermedades ganaderas se propone el uso del método de Análisis Multicriterio, conocido como; Proceso *de Análisis Jerárquico (AHP)*. Método que parte de la base del criterio de los decisores (médicos), que deben establecer para obtener la importancia relativa de cada objetivos o característica de la técnica de Inteligencia Artificial para luego definir la estructura de preferencias entre las alternativas identificadas, el resultado final arroja en una clasificación de alternativas, he indica la preferencia general asociada a cada una de ellas, que permite identificar la mejor alternativa a recomendar (Anderson, 1998 y Saaty, 1998).

## **Materiales y métodos o Metodología computacional**

La investigación siguió un enfoque cuantitativo. Se utilizó la Teoría la Decisión, iniciando con la identificación y definición del problema y terminando con la elección de una o varias alternativas, lo que constituye un acto de toma de decisiones, proceso basado en cinco fases, fundamentales. La toma de decisiones, en el presente trabajo, se centra en buscar la mejor técnica de Inteligencia Artificial, utilizada con frecuencia para el diagnóstico de enfermedades ganaderas. El proceso se inicia al identificar y definir el problema y termina con la elección de una o varias alternativas, que es el acto de tomar una decisión.

Se identifican cinco fases para tomar decisión de la mejor técnica de Inteligencia Artificial, utilizada con frecuencia en el diagnóstico de enfermedades ganaderas, desde datos almacenados en Bases de Datos. Las tres primeras fases del proceso decisorio constituyen la estructuración del problema y las dos últimas fases son el análisis del problema, en la Figura 1, se muestran las fases para la resolución de un problema a través de la toma de decisiones, definido por Roche y Vejo (2016).

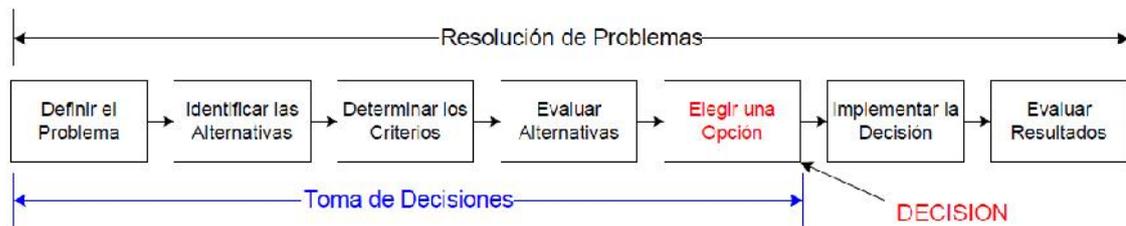


Figura 1. Fases para la resolución de un problema a través de la toma de decisiones. Fuente: Roche y Vejo (2016).

La fase de análisis del proceso de toma de decisiones puede asumir dos formas básicas: cualitativa y cuantitativa. El análisis cualitativo es el que se basa en el razonamiento y la experiencia del decisor; incluye la impresión intuitiva que tiene del problema. Cuando se utiliza el enfoque cuantitativo, el analista se concentra en los hechos o datos asociados al problema y desarrolla expresiones matemáticas que describen los objetivos, las restricciones y las relaciones existentes en el problema. Después, al utilizar los métodos cuantitativos, es posible ofrecer una recomendación con base en los aspectos cuantitativos del problema.

En este contexto se desea conocer cuál es la mejor forma de evaluación, para seleccionar la técnica de Inteligencia Artificial que mejor se ajusta al diagnóstico de enfermedades ganaderas, teniendo en cuenta las características de cada técnica que se muestra en la Figura 2. La evaluación se realiza sobre la base de las etapas definidas, las que se muestran de forma sintetizadas, a continuación:

- 1) Primera etapa (A): Se realiza de forma continua sobre las ventajas de las técnicas de IA utilizadas en los diagnósticos médicos, en la cual los médicos inciden como expertos para la obtención de conocimiento.
- 2) Segunda etapa (B): Se realiza la evaluación de las técnicas de IA, presentándose estudios de casos para realizar comparativas, prevalece el criterio de expertos, y la comparación con datos almacenados en Bases de Datos.
- 3) Tercera etapa (C): Los médicos (expertos), tienen la oportunidad de formular y solucionar problemas relacionados con su entorno y que involucran el conocimiento construido durante determinado tiempo de presencia de síntomas de enfermedades.

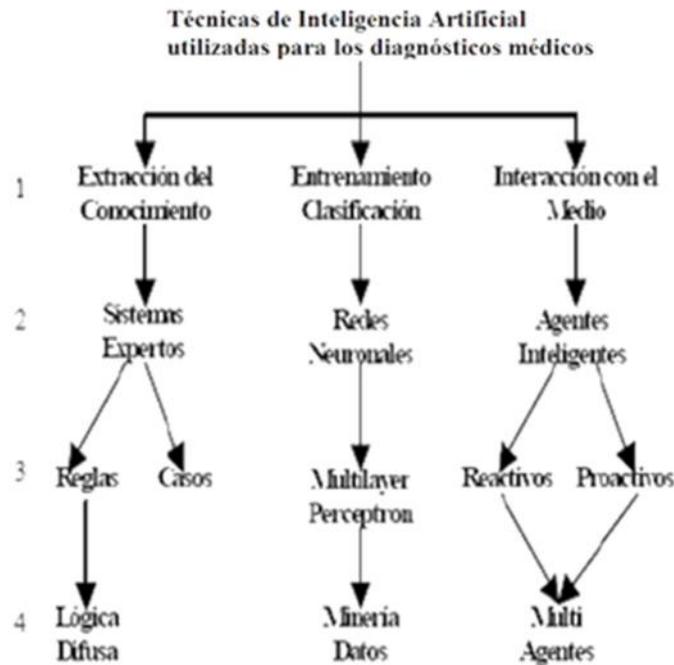


Figura 2. Técnicas de Inteligencia Artificial utilizadas para los diagnósticos médicos

**Leyenda:**

- 1) Principio general (Basadas en)
- 2) Rama específica de la IA
- 3) Clasificación dentro de la rama de IA
- 4) Aplicación

Para la selección de la técnica de IA, que mejor se ajusta al diagnóstico de enfermedades ganaderas, se tiene en cuenta el principio general de cada técnica, tal y como se muestra en la Figura 2.

- 1 Criterio (1-Sistema Expertos), basado en la extracción de conocimiento
- 2 Criterio (2- Redes Neuronales), basadas en entrenamiento y clasificación
- 3 Criterio (3- Agentes inteligentes), basados en la interacción con el medio

Para conocer cuál es la mejor forma de evaluación de los diagnósticos con los casos almacenados en Bases de Datos, en la ganadería y al utilizar el método de Análisis Multicriterio conocido como Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) se desarrollan los 8 pasos que este método requiere, en aras de obtener un resultado certero.

## Pasos a seguir para aplicar el método AHP

- 1) Descomponer el problema de decisión en una jerarquía de elementos interrelacionados, identificando:
  - a. La meta general.
  - b. Los criterios ( $i = 1, 2, \dots, m$ ).
  - c. Las alternativas posibles ( $j = 1, 2, \dots, n$ ).

**Para cada uno de los criterios “m” repetir las etapas 2 a 5**

- 2) Desarrollar la matriz de comparación por pares (MCP) de la alternativa para cada uno de los criterios estableciendo el rating de importancia relativa entre ambas alternativas consideradas.

El *Rating* se establece a partir de la siguiente escala:

- 1 = igualmente preferida
- 3 = moderadamente preferida
- 5 = fuertemente preferida
- 7 = muy fuertemente preferida
- 9 = extremadamente preferida

En la asignación de valores, es posible asignar valores intermedios 2, 4, 6, 8. Un rating recíproco (1/9, 1/7, 1/5, 1/3, ...) esto se aplica cuando la segunda alternativa es preferida a la primera. El valor 1 es siempre asignado a la comparación de la alternativa con sí misma.

- 1) Desarrollar la matriz normalizada (MCN) dividiendo cada número de una columna de la matriz de comparación por pares por la suma total de la columna.
- 2) Desarrollar el valor de prioridad para cada criterio calculando el promedio de cada fila de la matriz normalizada. El promedio por fila, representa el vector de prioridad de la alternativa con respecto al criterio considerado.
- 3) La consistencia de las opiniones utilizadas en la matriz de comparación por pares puede ser determinada a través de consistencia (RC). Un RC inferior a 0.10 es considerado aceptable. Para aquellos casos en que  $CR > 0.10$ , las opiniones y juicios deben ser considerados.

- 4 Luego que la secuencia (2) -(3) -(4) -(5) haya sido ejecutada para todos los criterios, los resultados obtenidos en (4) son resumidos en un matriz de prioridad (MP), listando las alternativas por filas y los criterios por columnas.
- 5 Desarrollar una matriz de comparación de criterios por pares, de manera similar a lo que se realizó para las alternativas (2) – (3) – (4).
- 6 Desarrollar un vector de prioridad global multiplicando el vector de prioridad de los criterios (7) por la matriz de prioridad de las alternativas (6).

Para determinar los cocientes de consistencias se siguen los siguiente 5 pasos:

- 1 Para la línea de la matriz de comparación por pares, determinar una suma ponderada en base a la suma del producto de cada celda por la prioridad de cada alternativa correspondiente.
- 2 Para cada línea, dividir su suma ponderada por la prioridad de su alternativa correspondiente.
- 3 Determinar la media del resultado de la etapa 2.
- 4 Calcular el índice de consistencia para cada alternativa
- 5 Determinar el índice RI de acuerdo a la Tabla 1.
- 6 Determinar el cociente de consistencia (CR):  $CR=CI/RI$

Tabla 1. Valores definidos para el cálculo del índice aleatoria de acuerdo a las alternativas preestablecidas. Fuente: Roche y Vejo (2016).

Total de alternativas (n)	Índice Aleatorio (RI)
3	0.58
4	0.90
5	0.12
6	1.24
7	1.32
8	1.41

El centro decisor se realiza sobre las tres formas de selección de la técnica de IA, que mejor se ajusta para el diagnóstico de enfermedades ganaderas. Se identifican las matrices de comparación por parejas entre los expertos según los tres criterios, resultados que se muestran en las tablas 2, 3 y 4.

Tabla 2. CRITERIO: 1-Sistema Expertos, basado en la extracción de conocimiento. Fuente: Elaboración propia.

	A	B	C
A	1	1/3	6

<b>B</b>	3	1	18
<b>C</b>	1/6	1/18	1

Tabla 3. CRITERIO: 2- Redes Neuronales, basadas en entrenamiento y clasificación. Fuente: Elaboración propia.

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
<b>A</b>	1	6	2
<b>B</b>	1/8	1	1/3
<b>C</b>	1/3	3	1

Tabla 4. CRITERIO: 3- Agentes inteligentes, basados en la interacción con el medio. Fuente: Elaboración propia.

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
<b>A</b>	1	8	1
<b>B</b>	1/8	1	1/8
<b>C</b>	1	8	1

Para evaluar los criterios en cada una de las etapas propuestas, se consultaron las ventajas de los diagnósticos de enfermedades ganaderas al utilizar técnicas de IA, los resultados identificados se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. Prioridades de evaluación de los contenidos de matemática. Fuente: Elaboración propia.

	CRITERIO: 1- Sistema Expertos, basado en la extracción de conocimiento	CRITERIO: 2- Redes Neuronales, basadas en entrenamiento y clasificación	CRITERIO: 3- Agentes inteligentes, basados en la interacción con el medio
CRITERIO: 1-Sistema Expertos, basado en la extracción de conocimiento	1	7	9
CRITERIO: 2- Redes Neuronales, basadas en entrenamiento y clasificación	1/7	1	3
CRITERIO: 3- Agentes inteligentes, basados en la interacción con el medio	1/9	1/3	1

Evaluados los criterios en cada una de las etapas propuestas, se evalúan las diferentes alternativas, teniendo en cuenta los siguientes pasos:

- 1 Identificación de las jerarquías de este problema de decisión.
- 2 Calculo de las ponderaciones asociadas a cada criterio manejado.
- 3 Calculo de las ponderaciones de las tres alternativas en función de cada criterio.
- 4 Verificación de consistencia de las preferencias del centro decisor, es decir, se realizan sobre las tres formas de evaluación del aprendizaje de los estudiantes en la asignatura de matemática.
- 5 Determinación de la prioridad global de cada técnica de Inteligencia Artificial, utilizada para los diagnósticos de enfermedades ganaderas.

## Resultados y discusión

Para la obtención de los resultados sobre el problema planteado se hace necesario elaborar los diagramas de jerarquías, los que se apoyan en la normalización de una matriz para cada criterio definido. En la tabla 6, se muestra la matriz normalizada para cada criterio.

Tabla 6. Matriz normalizada para cada criterio. Fuente: Elaboración propia.

	CRITERIO: 1- Sistema Expertos, basado en la extracción de conocimiento	CRITERIO: 2- Redes Neuronales, basadas en entrenamiento y clasificación	CRITERIO: 3- Agentes inteligentes, basados en la interacción con el medio
CRITERIO: 1-Sistema Expertos, basado en la extracción de conocimiento	0.7970	0.8401	0.6924
CRITERIO: 2- Redes Neuronales, basadas en entrenamiento y clasificación	0.1130	0.1201	0.2309
CRITERIO: 3- Agentes inteligentes, basados en la interacción con el medio	0.0880	0.0401	0.0770

Ponderación
0.7767
0.1550
0.0686

Posteriormente se obtiene la matriz de comparación por pares de alternativas para cada criterio, tablas 7, 8 y 9.

Tabla 7. Matriz de comparación por pares de Alternativas para el criterio de aprendizaje. Fuente: Elaboración propia.

<b>CRITERIO: 1-Sistema Experto</b>				<i>Matriz normalizada</i>			<i>Vector de ponderación</i>
	A	B	C				
A	1	1/3	6	0.2401	0.2401	0.2401	0.2401
B	3	1	18	0.7201	0.7201	0.7201	0.7201
C	1/6	1/18	1	0.0401	0.0401	0.0401	0.4001

Tabla 8. Matriz de comparación por pares de Alternativas para el criterio de asimilación de los contenidos. Fuente: Elaboración propia.

<b>CRITERIO: 2- Redes Neuronales</b>				<i>Matriz normalizada</i>			<i>Vector de ponderación</i>
	A	B	C				
A	1	6	2	0.6001	0.6001	0.6001	0.6001
B	1/6	1	1/3	0.1001	0.1001	0.1001	0.1001
C	1/2	3	1	0.3001	0.3001	0.3001	0.3001

Tabla 9. Matriz de comparación por pares de Alternativas para el criterio de plazos de evaluación de los contenidos impartidos. Fuente: Elaboración propia.

<b>CRITERIO: 3- Agentes inteligentes</b>				<i>Matriz normalizada</i>			<i>Vector de ponderación</i>
	A	B	C				
A	1	8	1	0.4707	0.4707	0.4707	0.4707
B	1/8	1	1/8	0.0589	0.0589	0.0589	0.0589
C	1	8	1	0.4707	0.4707	0.4707	0.4707

Para verificar la consistencia de las preferencias del centro decisor, es decir, para las tres técnicas de IA que con frecuencia se utilizan en los diagnósticos médicos ganaderos, la consistencia de todas las matrices de alternativas es igual a 0. Al verificar la consistencia de las preferencias subjetivas relacionadas con las técnicas de IA para los diagnósticos médicos, se obtienen una consistencia asociada a la matriz de criterios, Tabla 10, igual a (CR = 0.07), valor que es menor que 10 %, lo que indica según el criterio de Saaty (1998), que la consistencia es aceptable.

Tabla 10. Matriz de criterios. Fuente: Elaboración propia.

ALTERNATIVAS	CRITERIOS			Ponderadores globales
	CRITERIO (1) Sistema Expertos	CRITERIO (2) Redes Neuronales	CRITERIO (3) Agentes inteligentes	
A (Extracción del conocimiento)	0.2401	0.601	0.472	0.3117
B (entrenamiento y clasificación)	0.7201	0.101	0.059	0.5788
C (interacción con el medio)	0.0401	0.301	0.472	0.1099
<b>Ponderaciones</b>	<b>0.7767</b>	<b>0.1550</b>	<b>0.0686</b>	

Basado en el análisis realizado, la alternativa (B), relacionada con entrenamiento y clasificación, que se corresponde con el uso de Redes Neuronales, es la preferida con respecto a las alternativas 1 y 3. Resultado que se constata al relacionar y poner en práctica los diagnósticos médicos ganaderos basados en técnicas de IA, y en particular utilizando datos almacenados en Bases de Datos. Al respecto se destaca que las Redes Neuronales (RN) es una de las técnicas de Inteligencia Artificial más poderosas, tienen la capacidad para aprender de un grupo de datos y de matrices de peso estructuradas para representar los modelos de aprendizaje.

Las Redes Neuronales, se ajustan para el diagnóstico de enfermedades ganaderas, porque ellas están compuestas de muchas unidades de procesamiento, simulan la función del cerebro humano y la forma de realizar las tareas tal y como el humano lo hace. Las Redes Neuronales se han aplicado con frecuencia en varias aplicaciones médicas, obteniéndose de ellas resultados favorables y con un mayor grado de certeza que otras técnicas de IA, aportan en los diagnósticos médicos.

## Conclusiones

El diagnóstico médico apoyado en Inteligencia Artificial a lo largo de la historia ha presentado resultados certeros. Marcados por el uso de técnicas de Inteligencia Artificial, específicamente en el área ganadera se han desarrollado disímiles diagnósticos de enfermedades apoyados en técnicas de IA, todos con dominios diferentes y enfermedades poco comunes. En el presente trabajo se constató que el diagnóstico médico de enfermedades ganaderas, desde datos

almacenado en Bases de Datos, es conveniente realizarlo basado en Redes Neuronales, resultado que se obtuvo al realizar un estudio comparado de las técnicas de IA que con frecuencia se utilizan en los diagnósticos médicos.

El estudio comparado se realizó a través de la instrumentalización de las preferencias del centro decisor por medio del método AHP que condujo a considerar la segunda alternativa (B), Redes Neuronales al ser esta técnica robusta en cuanto al entrenamiento y clasificación de datos almacenados en Bases de Datos.

El presente trabajo es un avance en el campo de la medicina veterinaria al considerar técnicas de IA para el diagnóstico de enfermedades ganaderas. Trabajos futuros estarán encaminados al estudio de otras técnicas de IA para el diagnóstico certero de enfermedades ganaderas, con el fin de cuidar la salud animal y conservar la masa ganadera.

## **Agradecimiento**

Este trabajo ha sido apoyado por el grupo de investigación GIIAR y la Universidad Politécnica Salesiana de Guayaquil

## **Referencias**

- ABU HANNA, A., LUCAS, P. J. F. AI and Statical Approaches, *Methods of Information in Medicine*, June 2001, Pages 6-11.
- ANDERSON, S. W., *Métodos cuantitativos para los negocios*, (1998), (7° Ed. 1998) pág. 748-760.
- MARTÍNEZ, E. y ESCUDEY, M., *Evaluación y decisión multicriterio: reflexiones y experiencias*, (eds.) (1997), Santiago, USACH, UNESCO © 1997.
- QUIROZ, M., LOZA, G., GOMEZ, M., & LEYVA, M.: Selection of LPWAN Technology for the Adoption and Efficient use of the IoT in the Rural Areas of the Province of Guayas using AHP Method (2020)
- MATJAZ, K., Transductive reliability estimation for medical diagnosis, *Artificial Intelligence in Medicine*, September 2003, Pages 81-106.
- ROCHE, H., VEJO. C., *Métodos cuantitativos aplicados a la administración*, (2005), Material de apoyo Análisis Multicriterio.

- THOMAS, R., PAVITHRAN, D.: A Survey of Intrusion Detection Models based on NSL-KDD Data Set. ITT 2018 - Inf. Technol. Trends Emerg. Technol. Artif. Intell. 286–291 (2019).
- PANDA, M., JAGADEV, A.K.: TOPSIS in Multi-Criteria Decision Making: A Survey. Proc. - 2nd Int. Conf. Data Sci. Bus. Anal. ICDSBA 2018. 51–54 (2018).
- DESHMUKH, D.H., GHORPADE, T., PADIYA, P.: Improving classification using preprocessing and machine learning algorithms on NSL-KDD dataset. Proc. - 2015 Int. Conf. Commun. Inf. Comput. Technol. ICCICT 2015. 1–6 (2015).
- SINGH, R., KUMAR, H., SINGLA, R.K.: TOPSIS based multi-criteria decision making of feature selection techniques for network traffic dataset. Int. J. Eng. Technol. 5, 4598–4604 (2013).
- RÜDIGER, W., BRAUSE:, Medical Analysis and diagnosis by neural networks, Lecture Notes in Computer Science, September 2001.
- SAATY, T., The Analytical Hierarchy Process, (1998), McGraw Hill.
- WERNER, H., AI in medicine on its way from knowledge-intensive to data-intensive systems, Artificial Intelligence in Medicine, Volume 23, Issue 1, August 2001, Pages 5-12.