



# Método neutrosófico para la evaluación del impacto de la Brucelosis Bovina

## Neutrosophic method for the evaluation of the impact of bovine brucellosis

Ángel Raúl Zabala Yubaille<sup>1</sup>, Jhael Mikaela Gómez Ashqui<sup>2</sup>, Hipatia Carolina Valencia Villalba<sup>3</sup>, and Álvaro Francisco Sánchez Cedeño<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato, Ecuador. [angelzy14@uniandes.edu.ec](mailto:angelzy14@uniandes.edu.ec)

<sup>2</sup> Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato, Ecuador. [jhaelga79@uniandes.edu.ec](mailto:jhaelga79@uniandes.edu.ec)

<sup>3</sup> Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato, Ecuador. [hipatiavv77@uniandes.edu.ec](mailto:hipatiavv77@uniandes.edu.ec)

<sup>4</sup> Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato, Ecuador. [ua.alvarosc29@uniandes.edu.ec](mailto:ua.alvarosc29@uniandes.edu.ec)

**Resumen.** La brucelosis bovina es una enfermedad zoonótica provocada por la bacteria *Brucella abortus*. En vacas que se encuentran en el último tercio de la gestación, puede causar abortos o el nacimiento de terneros débiles. En los machos, esta bacteria puede generar infertilidad y orquitis. En los seres humanos, la enfermedad se manifiesta a través de fiebre, malestar y dolores de cabeza, principalmente al consumir leche cruda y productos lácteos no pasteurizados de animales infectados. La transmisión en los animales ocurre por contacto con secreciones, fluidos, tejidos y fetos abortados. El objetivo de esta investigación fue desarrollar un método neutrosófico para evaluar el impacto de la brucelosis bovina. La prevención se centra principalmente en la vacunación de terneras de entre 2 y 6 meses utilizando cepas RB51 o S19. El diagnóstico se confirma mediante pruebas serológicas como Rosa de Bengala y ELISA. Además, se recomienda mejorar el manejo sanitario mediante el registro de la producción, el control del ingreso de animales no vacunados y el mantenimiento adecuado de las instalaciones.

**Palabras Claves:** Método neutrosófico, evaluación, impacto, Brucelosis Bovina.

**Abstract.** Bovine brucellosis is a zoonotic disease caused by the bacterium *Brucella abortus*. In cows in the last third of gestation, it can cause abortions or the birth of weak calves. In males, this bacterium can cause infertility and orchitis. In humans, the disease manifests itself through fever, malaise and headaches, mainly when consuming raw milk and unpasteurized dairy products from infected animals. Transmission in animals occurs through contact with secretions, fluids, tissues and aborted fetuses. The objective of this research was to develop a neutrosophic method to assess the impact of bovine brucellosis. Prevention is mainly focused on the vaccination of calves between 2 and 6 months old using RB51 or S19 strains. Diagnosis is confirmed by serological tests such as Rose Bengal and ELISA. In addition, it is recommended to improve sanitary management by recording production, controlling the entry of unvaccinated animals and proper maintenance of facilities.

**Keywords:** Neutrosophic method, evaluation, impact, Bovine Brucellosis.

### 1 Introducción

La brucelosis bovina es una enfermedad zoonótica significativa causada por bacterias del género *Brucella* spp., identificada por primera vez en 1887 por el Dr. David Bruce durante la guerra de Crimea. Esta patología provoca principalmente lesiones en el tracto reproductivo de las hembras bovinas y se transmite en los animales a través del semen, embriones abortados, secreciones y, en ocasiones, por inhalación o ingestión [1]. En los seres humanos, la infección ocurre por contacto estrecho con animales infectados, consumo de productos lácteos no pasteurizados, como leche y queso fresco, así como a través de la inhalación o contacto con secreciones [2].

La brucelosis bovina provoca en los humanos síntomas similares a los de la gripe, incluidos fiebre, debilidad, malestar general y sudoración, y puede resultar en incapacidad física. Es particularmente preocupante para aquellos que trabajan con ganado, como agricultores, veterinarios y personal de laboratorios, debido a su constante exposición a animales infectados.

La prevención de la brucelosis es crucial para proteger la salud del ganado y limitar su transmisión a los humanos. Una de las principales estrategias es la vacunación temprana de terneras contra *Brucella abortus*, que ayuda a reducir la incidencia de la enfermedad en el ganado y, por ende, a disminuir la carga bacteriana en las explotaciones. Además, se deben implementar medidas de manejo adecuadas de las instalaciones y vigilancia continua para mitigar el impacto económico y de salud pública asociado con esta enfermedad [3].

En Ecuador, la brucelosis representa una preocupación constante, especialmente en las zonas rurales, donde afecta tanto la salud pública como la economía agrícola. A pesar de los programas de vacunación y control implementados por las autoridades, se enfrentan a desafíos significativos, como la falta de recursos y la resistencia a las medidas de eliminación de animales infectados [4].

A nivel global, la brucelosis es una de las zoonosis más extendidas, presente en muchos países, y su persistencia se agrava por la expansión de la industria animal y la urbanización sin prácticas higiénicas adecuadas. Investigaciones previas han evidenciado la complejidad de la brucelosis y su amplia distribución geográfica. Por ejemplo, estudios realizados en Pakistán y Brasil han identificado factores de riesgo comunes entre diversas enfermedades del ganado, mientras que en África se ha mapeado la diversidad genética de *B. abortus*, revelando patrones de origen y propagación asociados al comercio de ganado. Estos hallazgos han mejorado la comprensión de la epidemiología de la brucelosis y enfatizan la necesidad de implementar estrategias de control específicas para cada región [5].

## 1.1 Preliminares

### Etiología

La brucelosis es una enfermedad infecciosa provocada por bacterias del género *Brucella*, que son gramnegativas. En el ganado bovino, bisontes y búfalos, la especie principal responsable es *Brucella abortus*, un coccobacilo o bacilo corto. Este microorganismo es considerado un patógeno intracelular facultativo, con una estructura lisa y alta virulencia, clasificada en nueve biotipos. El biotipo 1 es el más común en ganado y prevalente en América. Su capacidad para vivir tanto dentro como fuera de las células contribuye a su persistencia en el medio ambiente. En humanos, las causas de la brucelosis son, principalmente, *B. abortus* (de ganado), *B. melitensis* (de ovejas y cabras) y *B. suis* (de cerdos). También se han reportado infecciones esporádicas por *B. canis*, que proviene de los perros. En términos de patogenicidad, *B. melitensis* y *B. suis* son más virulentas que otras especies de *Brucella* [6].

### Patogenia

La brucelosis bovina es una enfermedad crónica y contagiosa que afecta la reproducción del ganado. Se caracteriza por una infección difusa e inflamación, especialmente en los órganos genitales y las membranas fetales y maternas, llevando a afecciones como endometritis, cotiledonitis necrótica, adenitis en ganglios linfáticos, mastitis y formación de lesiones en varios órganos.

La entrada de las bacterias en el organismo puede ocurrir a través de las mucosas del tracto digestivo, genital o nasal, así como por la conjuntiva ocular o heridas en la piel. La vía más frecuente de infección es mediante el aparato digestivo, específicamente a través de la mucosa orofaríngea, de donde las bacterias se trasladan a los ganglios linfáticos regionales y luego se diseminan a otros tejidos a través del torrente sanguíneo [7].

El período de incubación oscila entre 10 y 280 días. Durante las 3 a 12 semanas posteriores a la infección, se generan anticuerpos específicos como IgM, IgG1, IgG2 e IgA, siendo las IgG y las IgA las predominantes en la leche.

Las bacterias se multiplican en células dendríticas y macrófagos, lo que permite que algunos animales sean portadores asintomáticos. Hacia el final del tercer trimestre de gestación, las bacterias muestran afinidad por la glándula mamaria, los úteros en gestación y los tejidos placentarios, posiblemente debido a la elevada concentración de eritrol y hormonas esteroides, que favorecen su supervivencia y crecimiento [8].

La progresión de la enfermedad se divide en tres etapas: la fase de incubación, la fase aguda de invasión y diseminación en los tejidos, y la fase crónica, que puede resultar en daños severos. En machos, puede provocar varios problemas reproductivos como orquitis, vesiculitis y epididimitis, que pueden llevar a la infertilidad permanente. En hembras, causa abortos durante el último trimestre de gestación, junto con endometritis y complicaciones placentarias. Posteriormente al aborto, la bacteria puede persistir en la glándula mamaria y en los ganglios linfáticos, albergándose en entornos intracelulares.

### Transmisión

La transmisión de *Brucella abortus* ocurre principalmente a través del contacto directo con la placenta, las secreciones vaginales, los líquidos fetales y los fetos muertos de animales infectados. Esta bacteria muestra una notable resistencia a condiciones de frío y humedad, lo que le permite sobrevivir durante varios meses en el ambiente, facilitando la infección en otras especies. Además, *B. abortus* puede colonizar el tejido mamario, transmitiendo la enfermedad a través de la leche, pudiendo persistir de forma intermitente o continua por este medio. También se ha encontrado en orina, heces, semen y secreciones vaginales. En humanos, la brucelosis bovina puede contagiarse a través del contacto con heridas en la piel o mucosas, o, en algunos casos, por el consumo de leche contaminada [9].

### Signos y Síntomas

La brucelosis bovina se presenta en los bovinos con síntomas que incluyen fiebre intermitente, pérdida de peso, letargo, falta de apetito y debilidad general, los cuales varían en función de la inmunidad del rebaño. En hembras gestantes no vacunadas, el signo más destacado es el aborto que ocurre en el quinto mes de gestación. En machos, es posible el desarrollo de orquitis y epididimitis; en casos de orquitis aguda, pueden quedar estériles. Sin embargo, si solo uno de los testículos está afectado, pueden recuperar la fertilidad, aunque seguirán siendo portadores de la enfermedad.

Entre las lesiones que causa *Brucella abortus* se encuentran:

**Placentitis:** Inflamación de la placenta en bovinos, resultante de infecciones o factores ambientales y nutricionales.

**Retención placentaria:** Invasión bacteriana que causa daño en varios tejidos, impidiendo la expulsión adecuada de la placenta, lo que puede llevar a infecciones crónicas y, eventualmente, al aborto.

**Metritis puerperal:** Afección postparto frecuente en vacas lecheras, asociada con la retención de membranas fetales. Se manifiesta con secreción uterina fétida y síntomas como toxemia, septicemia, depresión y disminución en la producción de leche.

La metritis genera un desequilibrio hormonal que puede resultar en infertilidad y aumentar el tiempo de parto. Las complicaciones bacterianas debidas a la retención prematura de tejido placentario pueden desencadenar infecciones, las cuales podrían evolucionar hacia una metritis crónica.

### Métodos de Diagnóstico

Para detectar la brucelosis en el ganado bovino, se utilizan diversas pruebas, algunas con mayor fiabilidad que otras. Es fundamental seleccionar una prueba confiable para evitar falsos positivos, que pueden generar importantes pérdidas económicas. Las pruebas más comunes incluyen la Rosa de Bengala y ELISA, aunque existen otras igualmente efectivas.

**Rosa de Bengala:** Esta prueba permite detectar anticuerpos anti-*Brucella* en el suero del animal. Se usa un antígeno teñido con rosa de Bengala en un pH de aproximadamente 3.65. Aunque es rápida, puede arrojar falsos positivos debido a reacciones cruzadas con otras bacterias y es sensible a variaciones de temperatura. Por ello, se recomienda confirmar los resultados positivos con pruebas más específicas.

**ELISA:** Este método es más sensible y efectivo, y puede aplicarse en suero sanguíneo o leche. Utiliza un antígeno inmovilizado que se detecta mediante un anticuerpo unido a una enzima, produciendo un producto detectable. Las muestras de suero se exponen a un antígeno lipopolisacárido de *Brucella abortus* lisa (S-LPS) en microplacas de poliestireno, junto con un anticuerpo monoclonal específico para un epítipo del S-LPS.

**Cultivo Bacteriano:** Se obtienen muestras de sangre, leche, tejidos abortados o semen, que se cultivan en medios selectivos para *Brucella*, incubando durante varias semanas a temperaturas adecuadas para el crecimiento de la bacteria [10,44].

**PCR (Reacción en Cadena de la Polimerasa):** Se extrae ADN de la muestra y se amplifica mediante PCR utilizando cebadores específicos para *Brucella*, después se analiza la presencia de productos amplificados mediante electroforesis en gel o técnicas de detección en tiempo real.

### Factores de Riesgo

Los factores de riesgo son eventos que aumentan la probabilidad de que un animal sufra una enfermedad o lesión. En la brucelosis bovina, los factores de riesgo incluyen el contacto entre animales sanos e infectados y sus productos. La edad y el sexo son determinantes, siendo la edad el factor más relevante.

Las hembras mayores de 5 años presentan una alta prevalencia de brucelosis bovina. Sin embargo, algunos datos sugieren que la enfermedad es más frecuente en animales jóvenes en rebaños sin controles de bioseguridad. La incidencia de abortos en bovinos puede atribuirse también a otras enfermedades infecciosas, aunque la brucelosis se distingue por provocar abortos entre el sexto y noveno mes de gestación, especialmente cuando no se ha vacunado a los animales.

En la provincia de Manabí, Ecuador, los factores de riesgo para la brucelosis bovina incluyen la edad y el sexo de los animales, la producción lechera, el control sanitario deficiente, la introducción de animales infectados, los abortos, el contacto con animales infectados, el consumo de productos lácteos no pasteurizados, prácticas de manejo inadecuadas y la adquisición de animales infectados. La presencia de fauna silvestre infectada y la falta de programas de control también incrementan el riesgo. Es esencial implementar medidas de control y bioseguridad para prevenir la brucelosis y proteger tanto al ganado como a las personas.

### Trastornos Alimentarios

La brucelosis bovina puede provocar trastornos alimentarios en el ganado, impactando negativamente su salud y rendimiento. Los bovinos afectados pueden presentar anorexia, pérdida de peso, trastornos digestivos como diarrea o estreñimiento, y una disminución en la producción de leche en vacas. Además, la enfermedad puede causar debilidad general, reduciendo la actividad y la capacidad de los animales para alimentarse. Estos problemas alimentarios evidencian la gravedad del impacto de la brucelosis en el bienestar y la productividad del ganado.

La salud y el sistema inmunológico del ganado dependen de una nutrición adecuada. Una dieta equilibrada rica en vitaminas y minerales es fundamental para mantener un sistema inmunológico fuerte. Las deficiencias

nutricionales pueden debilitar la capacidad del ganado para manejar infecciones, incluida la brucelosis. Aunque la deficiencia de vitamina C no está directamente relacionada con la brucelosis, es clave para la salud general del ganado, ya que actúa como antioxidante y ayuda a sostener el sistema inmunológico. La falta de otros nutrientes, como las vitaminas A, D, E, minerales como zinc y selenio, así como proteínas, puede comprometer la respuesta inmunológica y aumentar [11,45].

## 2 Tomas de decisiones

La toma de decisiones es un proceso de selección entre cursos de alternativas, basado en un conjunto de criterios, para alcanzar uno o más objetivos [12]. Con respecto al concepto “toma de decisiones”, Schein, plantea [13]: es el proceso de identificación de un problema u oportunidad y la selección de una alternativa de acción entre varias existentes, es una actividad diligente clave en todo tipo de organización [14,46].

Un proceso de toma de decisiones donde varían los objetos o decisiones, es considerado como un problema de toma de decisiones multicriterio [15]. La evaluación multicriterio constituye una optimización con varias funciones objetivo simultáneas y un agente decisor. La ecuación 1 formaliza el problema planteado.

$$\text{Max} = F(x), x \in X \quad (1)$$

Donde:

$x$ : es un vector  $[x_1, \dots, x_n]$  de las variables de decisión.

$X$ : es la denominada región factible. Representa el dominio de valores posible que puede tomar la variable.

$F(x)$ : es un vector  $[F_1x, \dots, F_nx]$  de las  $P$  funciones objetivos que recogen los criterios.

Max: representa la función a maximizar, esta no es restrictiva.

Específicamente los problemas multicriterio discretos constan básicamente de dos tipos de datos que constituyen el punto de partida para diferentes problemas de toma de decisiones multicriterio discreto (DMD).

Cada problema de toma de decisiones puede ser diferente, sin embargo a partir de la versatilidad de su naturaleza se puede definir un procedimiento para la resolución de problemas. La Figura 1 muestra un esquema para la resolución de problemas de toma de decisiones.



Figura 1: Procedimiento para la resolución de problema de toma de decisiones.

Para la resolución de problemas de toma de decisiones, diversos han sido los métodos multicriterios propuestos [16-18]. Cuando se desea emitir una ponderación para una determinada alternativa, los métodos de ordenamiento y agregación representan una forma viable para su aplicación [19], [20], [21], [22]. Dentro de los métodos multicriterio clásicos se encuentra la ponderación lineal. El método consiste en calcular una puntuación global  $r_i$  para cada alternativa  $A_i$  tal como expresa la ecuación 2 [23-26].

$$R_i = \sum_j W_j r_{ij} \quad (2)$$

La ponderación lineal representa un método compensatorio, se aplica posterior a una normalización previa. El método es aplicado en casos donde se posee un conjunto  $m$  de alternativas y  $n$  criterios [27-29]. Para cada criterio  $j$  el decisor estima cada alternativa  $i$ . Se obtiene la evaluación  $a_{ij}$  de la matriz de decisión que posee una ponderación cardinal ratio. Se asigna un peso  $W_j$  ( $j = 1, n$ ) también del tipo cardinal ratio para cada uno de los criterios  $C_j$  [30-32].

En el contexto de los métodos multicriterio, se introducen los números neutrosóficos con el objetivo de representar la neutralidad [33], [34],[35]. Constituye las bases de teorías matemáticas que generalizan las teorías clásicas y difusas tales como los conjuntos neutrosóficos y la lógica neutrosófica [36], [37], [38,47]. Un número neutrosófico ( $N$ ) se representa de la siguiente forma [39], [40]:

Sean  $N = \{(T, I, F): T, I, F \subseteq [0, 1]\}n$ , una valuación neutrosófica es un mapeo de un grupo de fórmulas proporcionales a  $N$ , esto es que por cada sentencia  $p$  se tiene [41-43]:

$$v(p) = (T, I, F) \quad (3)$$

Donde:

T: representa la dimensión del espacio que representa la verdad,

I: representa la falsedad,

F: representa la indeterminación.

Matemáticamente se puede definir un método de Ponderación Lineal Neutrosófico como una 3-tupla (R,W,r) tal como representa la ecuación 4.

$$R_{i(T,I,F)} = \sum_j W_{j(T,I,F)} r_{ij(T,I,F)} \quad (4)$$

Donde:

$R_{i(T,I,F)}$ : representa la función resultante que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación  $(T, I, F)$ .

$W_{j(T,I,F)}$ : representa el peso del criterio  $j$ , asociados a los criterios que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación  $(T, I, F)$ .

$r_{ij}$ : representa la evaluación de la alternativa  $i$  respecto al criterio  $j$  que refiere una dimensión del espacio verdad, falsedad e indeterminación  $(T, I, F)$ .

### 3 Diseño del método para la evaluación del impacto de la Brucelosis Bovina

El método propuesto está diseñado soportar el flujo de trabajo para la evaluación del impacto de la Brucelosis Bovina. Basa su funcionamiento a partir de técnicas multicriterio, multiexperto. Utiliza en su inferencia el método multicriterio Ponderación Lineal Neutrosófica.

El método está diseñado mediante una estructura de tres etapas que en su conjunto determina la evaluación de competencias.

#### Etapa 1: Identificación de los criterios evaluativos.

Representa el conjunto de criterios que se valoran para la evaluación del impacto de la Brucelosis Bovina. Constituye un enfoque multicriterio formalizado como:

$$C = \{c_1, \dots, c_n\}, n \geq 2, \text{ criterios para la evaluación del impacto de la Brucelosis Bovina.}$$

#### Etapa 2: Determinación de los pesos.

Para la determinación de los pesos asociados a las competencias se utiliza un enfoque multiexperto de modo que:

$$E = \{e_1, \dots, e_m\}, m \geq 2, \text{ donde E, representa los expertos que intervienen en el proceso.}$$

#### Etapa 3: evaluación neutrosófica del impacto de la Brucelosis Bovina

La etapa de evaluación representa el procesamiento del método para emitir el resultado de la inferencia propuesta. Se procesan los datos empleando el método de la ponderación lineal mediante la ecuación 4. Como resultado se evalúa el impacto de la Brucelosis Bovina.

## 4 Resultados y discusión

Para la implementación del método propuesto se realizó un estudio de caso donde se analizó el comportamiento de los indicadores evaluativos en un caso de estudio.

#### Etapa 1: Identificación de los criterios evaluativos.

Para el análisis y funcionamiento del método propuesto se utilizaron 6 criterios que permiten para la evaluación del impacto de la Brucelosis Bovina, tal como se presentan en la tabla 1.

**Tabla 1:** Criterios para la evaluación del impacto de la Brucelosis Bovina.

No	Criterios
1	Prevalencia de la Enfermedad
2	Impacto Económico
3	Efectos en la Salud Animal
4	Transmisión a Humanos
5	Eficiencia de Programas de Vacunación
6	Conocimiento y Prácticas de Manejo

### Etapa 2: Determinación de los pesos.

Para la etapa de determinación de los pesos atribuidos a las competencias, se realizó la consulta a 5 expertos que expresaron sus valoraciones sobre las competencias. Se obtuvieron las tablas valorativas las cuales fueron agregadas en una tabla resultante. La tabla 2 muestra el resultado de la valoración de los criterios una vez realizado el proceso de agregación.

**Tabla 2:** Peso atribuido a los criterios a partir de la consulta a expertos.

Criterios	Valoración del criterio $W_{(T,I,F)}$
C <sub>1</sub>	[0.90,0.15,0.25]
C <sub>2</sub>	[0.90,0.15,0.25]
C <sub>3</sub>	[1,0.15,0.10]
C <sub>4</sub>	[1,0.15,0.10]
C <sub>5</sub>	[0.80,0.25,0.25]
C <sub>6</sub>	[1,0.15,0.10]

### Etapa 3: evaluación neutrosófica del impacto de la Brucelosis Bovina

A partir del comportamiento de los pesos atribuidos a las alternativas y el desarrollo de los criterios definidos por el personal de enfermería, se determina mediante un proceso de agregación el grado de pertenencia de cada competencia. La Tabla 3 muestra el resultado del cálculo realizado.

**Tabla 3:** Procesamiento del sistema de toma de decisiones.

Competencias	Pesos $W_{(T,I,F)}$	Preferencias	$R_{I(T,I,F)}$
C <sub>1</sub>	[0.90,0.15,0.25]	[1,0.10,0.15]	[0.95,0.025,0.015]
C <sub>2</sub>	[0.90,0.15,0.25]	[1,0.10,0.15]	[0.95,0.025,0.015]
C <sub>3</sub>	[1,0.15,0.10]	[1,0.10,0.15]	[0,1,0.015,0.15]
C <sub>4</sub>	[1,0.15,0.10]	[0.90,0.15,0.25]	[0.85,0.25,0.25]
C <sub>5</sub>	[0.80,0.25,0.25]	[0.90,0.15,0.25]	[0.95,0.025,0.015]
C <sub>6</sub>	[1,0.15,0.10]	[0.90,0.15,0.25]	[1,0.025,0.0375]
Índice			[0.94,0.025,0.015]

Para el caso de análisis se evidencia un índice de 0.94 lo que representa un alto índice de evaluación del impacto de la Brucelosis Bovina.

## 4 Discusión

La brucelosis representa una importante preocupación económica y de salud pública a nivel global, principalmente debido a su capacidad de transmisión directa a los humanos a partir de animales infectados que no han sido diagnosticados [5, 6, 11,]. En Ecuador, se ha observado una seroprevalencia relativamente baja del 0,6%, acción que se puede atribuir a diversos factores de riesgo que contribuyen a la propagación de la enfermedad. La implementación de una estrategia de vacunación con la cepa 19 en terneras ha demostrado ser efectiva, logrando reducir la seroprevalencia de brucelosis bovina del 7% al 2,9%.

Un estudio realizado en Tulcán reveló resultados positivos, ya que ninguna de las muestras de bovinos obtuvo resultados positivos en las pruebas de Rosa de Bengala y ELISA, lo que indica una condición epidemiológica favorable en esa región. Esto subraya la importancia de utilizar pruebas certificadas a nivel internacional para obtener un diagnóstico más preciso de la enfermedad. Sin embargo, es esencial considerar la influencia del manejo de muestras en la obtención de resultados de laboratorio, lo que puede afectar la interpretación de los datos [1, 3, 7].

Estas evidencias reflejan el impacto positivo de las estrategias de prevención y control de la brucelosis, así como la necesidad de seguir implementando y ajustando programas de vacunación y diagnóstico para asegurar una mejora continua en la salud pública y la economía agrícola. [48,49,50]

## 5 Conclusión

A partir del desarrollo del método neutrosófico para la evaluación del impacto de la Brucelosis Bovina. La brucelosis bovina es una enfermedad infecciosa provocada por *Brucella abortus*, que impacta el ganado bovino al causar abortos espontáneos, reducir la fertilidad y generar pérdidas económicas significativas.

La transmisión entre animales ocurre a través de secreciones fetales y descargas vaginales, mientras que los

humanos pueden infectarse mediante el consumo de productos lácteos no pasteurizados. Por lo tanto, es fundamental implementar medidas de bioseguridad y saneamiento para prevenir su propagación.

Esta enfermedad plantea un desafío considerable tanto para la industria ganadera como para la salud pública. Es imperativo aplicar programas de control que incluyan vigilancia, vacunación, cuarentena y eliminación de animales infectados para disminuir su prevalencia y mitigar su impacto.

## Referencias

- [1] F. Araque-Villaquiran, A. A. Peña-Guevara, A. Carvajal-Mazuera, and J. Loaiza Giraldo, "Brucelosis como causa de fiebre persistente en un trabajador de la salud de Cali, Colombia. Reporte de caso," *Revista Cuarzo (REC)*, vol. 27, no. 2, 2021.
- [2] A. Muñoz-Acevedo, M. C. González, O. J. Castillo, C. P. Guzmán, S. Rodríguez-Acosta, M. Cervantes-Díaz, R. D. De Albuquerque, B. M. Ruppelt, N. Flores, and A. Giménez-Turba, "Promising antimicrobial agents from some Latin American medicinal plants against disease-causing pathogens in humans and animals," *Promising Antimicrobials from Natural Products*, pp. 241-279: Springer, 2022.
- [3] A. R. Shahrabi, S. Moradkasani, F. Goodarzi, M. Beig, and M. Sholeh, "Prevalence of *Brucella melitensis* and *Brucella abortus* tetracyclines resistance: A systematic review and meta-analysis," *Microbial Pathogenesis*, vol. 183, pp. 106321, 2023.
- [4] J. M. Blasco, E. Moreno, P. Muñoz, R. Conde-Álvarez, and I. Moriyon, "A review of three decades of use of the cattle brucellosis rough vaccine *Brucella abortus* RB51: myths and facts," *BMC Veterinary Research*, vol. 19, no. 1, pp. 211, 2023.
- [5] G. Wareth, M. El-Diasty, N. H. Abdel-Hamid, K. Holzer, M. E. Hamdy, S. Moustafa, M. A. Shahein, F. Melzer, W. Beyer, and M. W. Pletz, "Molecular characterization and antimicrobial susceptibility testing of clinical and non-clinical *Brucella melitensis* and *Brucella abortus* isolates from Egypt," *One Health*, vol. 13, pp. 100255, 2021.
- [6] F. Zhi, K. Liu, H. Geng, M. Su, J. Xu, L. Fu, K. Ma, P. Gao, L. Yuan, and Y. Chu, "Copper sensing transcription factor ArsR2 regulates VjbR to sustain virulence in *Brucella abortus*," *Emerging Microbes & Infections*, vol. 13, no. 1, pp. 2406274, 2024.
- [7] L. Pasquardini, N. Cennamo, F. Arcadio, C. Perri, A. Chiodi, G. D'agostino, and L. Zeni, "Immuno-SPR biosensor for the detection of *Brucella abortus*," *Scientific Reports*, vol. 13, no. 1, pp. 22832, 2023.
- [8] C. Servais, V. Vassen, A. Verhaeghe, N. Küster, E. Carlier, L. Phégnon, A. Mayard, N. Auberger, S. Vincent, and X. De Bolle, "Lipopolysaccharide biosynthesis and traffic in the envelope of the pathogen *Brucella abortus*," *Nature Communications*, vol. 14, no. 1, pp. 911, 2023.
- [9] C. Yang, J. Gao, R. Xian, X. Liu, W. Kuai, C. Yin, H. Fan, J. Tian, X. Ma, and J. Ma, "Molecular epidemiology of *Brucella abortus* isolated from the environment in Ningxia Hui autonomous region, China," *Infection, Genetics and Evolution*, vol. 123, pp. 105635, 2024.
- [10] H. Tarrahimofrad, J. Zamani, M. R. Hamblin, M. Darvish, and H. Mirzaei, "A designed peptide-based vaccine to combat *Brucella melitensis*, *B. suis* and *B. abortus*: Harnessing an epitope mapping and immunoinformatics approach," *Biomedicine & Pharmacotherapy*, vol. 155, pp. 113557, 2022.
- [11] V. A. Streva, J. Weinstein, C. Jankowski-Romano, N. Osakwe, S. Duong, S. Juretschko, and J. K. Lemon, "The Brief Case: Incidental finding of *Brucella abortus* bacteremia in a patient with urinary tract infection," *Journal of Clinical Microbiology*, vol. 62, no. 4, pp. e01381-23, 2024.
- [12] S. Herbert, "The new science of management decision," *New York*, 1960.
- [13] E. B. F. Fincowsky, "Toma de decisiones empresariales," *Contabilidad y Negocios* vol. Vol 6, No 11, pp. 113-120. ISSN 1992-1896, 2011.
- [14] E. SCHEIN, "Process consultation," 1988.
- [15] O. Mar, I. Santana, YunweiChen, and G. Jorge, "Model for decision-making on access control to remote laboratory practices based on fuzzy cognitive maps," *Revista Investigación Operacional*, vol. 45, no. 3, pp. 369-380, 2024.
- [16] M. Saqlain, M. Saeed, M. R. Ahmad, and F. Smarandache, *Generalization of TOPSIS for Neutrosophic Hypersoft set using Accuracy Function and its Application: Infinite Study*, 2019.
- [17] N. Valcá, and M. Leyva-VÁ, "Validation of the pedagogical strategy for the formation of the competence entrepreneurship in high education through the use of neutrosophic logic and Iadov technique," *Neutrosophic Sets and Systems*, vol. 23, pp. 45-51, 2018.
- [18] C. M. Villamar, J. Suarez, L. D. L. Coloma, C. Vera, and M. Leyva, *Analysis of technological innovation contribution to gross domestic product based on neutrosophic cognitive maps and neutrosophic numbers: Infinite Study*, 2019.
- [19] L. A. P. Florez, and Y. L. Rodríguez-Rojas, "Procedimiento de Evaluación y Selección de Proveedores Basado en el Proceso de Análisis Jerárquico y en un Modelo de Programación Lineal Entera Mixta," *Ingeniería*, vol. 23, no. 3, pp. 230-251, 2018.
- [20] E. M. García Nové, "Nuevos problemas de agregación de rankings: Modelos y algoritmos," 2018.

- [21] Y. Martínez, A. Nowé, J. Suárez, and R. Bello, "A reinforcement learning approach for the flexible job shop scheduling problem." pp. 253-262.
- [22] D. Molina, A. Puris, R. Bello, and F. Herrera, "Variable mesh optimization for the 2013 CEC special session niching methods for multimodal optimization." pp. 87-94.
- [23] S. Broumi, and F. Smarandache, "Cosine similarity measure of interval valued neutrosophic sets," *Infinite Study*, 2014.
- [24] I. Deli, S. Broumi, and F. Smarandache, "On neutrosophic refined sets and their applications in medical diagnosis," *Journal of new theory*, no. 6, pp. 88-98, 2015.
- [25] M. R. Hashmi, M. Riaz, and F. Smarandache, "m-Polar neutrosophic topology with applications to multi-criteria decision-making in medical diagnosis and clustering analysis," *International Journal of Fuzzy Systems*, vol. 22, pp. 273-292, 2020.
- [26] J. F. Ramírez Pérez, M. Leyva Vázquez, M. Morejón Valdes, and D. Olivera Fajardo, "Modelo computacional para la recomendación de equipos de trabajo quirúrgico combinando técnicas de inteligencia organizacional," *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, vol. 10, no. 4, pp. 28-42, 2016.
- [27] S. D. Álvarez Gómez, A. J. Romero Fernández, J. Estupiñán Ricardo, and D. V. Ponce Ruiz, "Selección del docente tutor basado en la calidad de la docencia en metodología de la investigación," *Conrado*, vol. 17, no. 80, pp. 88-94, 2021.
- [28] J. E. Ricardo, V. M. V. Rosado, J. P. Fernández, and S. M. Martínez, "Importancia de la investigación jurídica para la formación de los profesionales del Derecho en Ecuador," *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2020.
- [29] J. E. Ricardo, J. J. D. Menéndez, and R. L. M. Manzano, "Integración universitaria, reto actual en el siglo XXI," *Revista Conrado*, vol. 16, no. S 1, pp. 51-58, 2020.
- [30] R. Bello, A. Nowe, Y. Caballero, Y. Gómez, and P. Vrancx, "A model based on ant colony system and rough set theory to feature selection." pp. 275-276.
- [31] R. Bello, A. Puris, A. Nowe, Y. Martínez, and M. M. García, "Two step ant colony system to solve the feature selection problem." pp. 588-596.
- [32] C. Donis-Díaz, A. Muro, R. Bello-Pérez, and E. V. Morales, "A hybrid model of genetic algorithm with local search to discover linguistic data summaries from creep data," *Expert systems with applications*, vol. 41, no. 4, pp. 2035-2042, 2014.
- [33] F. Smarandache, "A Unifying Field in Logics: Neutrosophic Logic," *Philosophy*, pp. 1-141, 1999.
- [34] J. E. Ricardo, N. B. Hernández, R. J. T. Vargas, A. V. T. Sntaxi, and F. N. O. Castro, "La perspectiva ambiental en el desarrollo local," *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2017.
- [35] B. B. Fonseca, and O. M. Cornelio, "Método para el análisis lingüístico de estadísticas médica," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, vol. 18, no. 1, pp. 110-127, 2025.
- [36] M. Leyva-Vázquez, and F. Smarandache, *Computación neutrosófica mediante Sympy*: Infinite Study, 2018.
- [37] O. M. Cornelio, J. G. González, and I. S. Ching, "Método multicriterio para la evaluación de habilidades en un Sistema de Laboratorios a Distancia," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, vol. 14, no. 1, pp. 237-251, 2021.
- [38] F. Morey Cortès, "El sistema alimentario global: ponderación cuantitativa de las variables del modelo en el entorno de Cataluña," *Universitat Politècnica de Catalunya*, 2019.
- [39] M. L. Vázquez, and F. Smarandache, *Neutrosofía: Nuevos avances en el tratamiento de la incertidumbre*: Infinite Study, 2018.
- [40] H. Wang, F. Smarandache, R. Sunderraman, and Y. Q. Zhang, *Interval Neutrosophic Sets and Logic: Theory and Applications in Computing: Theory and Applications in Computing*: Hexis, 2005.
- [41] J. E. Ricardo, M. Y. L. Vázquez, A. J. P. Palacios, and Y. E. A. Ojeda, "Inteligencia artificial y propiedad intelectual," *Universidad y Sociedad*, vol. 13, no. S3, pp. 362-368, 2021.
- [42] I. A. González, A. J. R. Fernández, and J. E. Ricardo, "Violación del derecho a la salud: caso Albán Cornejo Vs Ecuador," *Universidad Y Sociedad*, vol. 13, no. S2, pp. 60-65, 2021.
- [43] G. Á. Gómez, J. V. Moya, J. E. Ricardo, and C. V. Sánchez, "La formación continua de los docentes de la educación superior como sustento del modelo pedagógico," *Revista Conrado*, vol. 17, no. S1, pp. 431-439, 2021.
- [44] Vázquez, Á. B. M., Carpio, D. M. R., Faytong, F. A. B., & Lara, A. R. "Evaluación de la satisfacción de los estudiantes en los entornos virtuales de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes". *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2024.
- [45] Romero, A. V., Sánchez, F. M., & Estupiñán, C. P. "Inteligencia artificial en gestión hotelera: aplicaciones en atención al cliente". *El patrimonio y su perspectiva turística*, pp. 409-423, 2024.

- [46] Márquez Carriel, D. C., Oña Garcés, L., Vergara Romero, A., & Márquez Sánchez, F. “Assessing the need for a feminist foreign policy in Ecuador through a sentiment analysis based on neutroAlgebra”. *Neutrosophic Sets and Systems*, vol. 71, num. 1, pp. 16, 2024.
- [47] Vergara-Romero, A., Macas-Acosta, G., Márquez-Sánchez, F., & Arencibia-Montero, O. “Child Labor, Informality, and Poverty: Leveraging Logistic Regression, Indeterminate Likert Scales, and Similarity Measures for Insightful Analysis in Ecuador”. *Neutrosophic Sets and Systems*, vol 66, pp 136-145, 2024
- [48] von Feigenblatt, O. F. “Research Ethics in Education. In *Ethics in Social Science Research: Current Insights and Practical Strategies*”, pp. 97-105. Singapore: Springer Nature Singapore, 2025.
- [49] von Feigenblatt, O. F. “Immediacy and Sustainable Development: The Perspective of Youth”. *Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época REMEF*, vol. 19, num 2, 2024
- [50] de León, E. R., Marqués, L. L., Poleo, A., & von Feigenblatt, O. F. “El estilo del liderazgo educativo en el proceso de enseñanza: una revisión de la literatura”. In *Anales de la Real Academia de Doctores*. vol. 9, num. 2, pp. 289-308, 2024

Recibido: febrero 20, 2025. Aceptado: marzo 10, 2025