



Método multicriterio neutrosófico evaluar el impacto de la Leucemia Viral Felina en la morfología y funcionalidad de los bigotes en gatos domésticos.

Neutrosophic multicriteria method to evaluate the impact of Feline Viral Leukemia on whisker morphology and functionality in domestic cats.

Pamela Alejandra Paredes Carvajal ¹, Jaine Labrada Ching ², and Hipatia Carolina Valencia Villalba ³

¹ Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato, Ecuador. ua.docentepape@uniandes.edu.ec

² Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato, Ecuador. ua.jainelc87@uniandes.edu.ec

³ Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato, Ecuador. hipatiavv77@uniandes.edu.ec

Resumen. La Leucemia Viral Felina (FeLV) es una de las enfermedades infecciosas más comunes que afectan a los gatos de compañía, causando un impacto significativo en su salud general y bienestar. Su alta prevalencia y diversidad de síntomas clínicos han fomentado un creciente interés en investigar signos externos que faciliten un diagnóstico precoz y mejoren la comprensión de su fisiopatología. En la práctica clínica, se ha observado que los gatos positivos a FeLV presentan bigotes ondulados o con cambios estructurales, lo que podría ser un indicativo característico de la enfermedad. Los hallazgos sugieren que la ondulación o alteración de los bigotes en gatos con FeLV puede estar asociada a disfunciones sistémicas, repercutiendo en la calidad del folículo piloso debido a la afectación del sistema inmunológico. Este descubrimiento resalta la importancia de considerar las variaciones morfológicas en los bigotes como posibles indicadores clínicos, contribuyendo a optimizar el diagnóstico y el manejo veterinario de los gatos infectados. En este contexto, el objetivo de esta investigación es implementar un Método multicriterio neutrosófico para evaluar el impacto de la Leucemia Viral Felina en la morfología y funcionalidad de los bigotes en gatos domésticos, proporcionando así una herramienta innovadora que permita a los veterinarios mejorar la detección y el tratamiento de esta enfermedad a través de cambios evidentes en la apariencia externa de los gatos afectados.

Palabras Claves: método multicriterio neutrosófico, Leucemia Viral Felina (FeLV), bigotes ondulados en gatos, sistema inmune, Morfología del folículo piloso en FeLV

Abstract. Feline viral leukemia (FeLV) is one of the most common infectious diseases affecting companion cats, causing a significant impact on their overall health and well-being. Its high prevalence and diversity of clinical symptoms have fostered growing interest in investigating external signs that facilitate early diagnosis and improve understanding of its pathophysiology. In clinical practice, FeLV-positive cats have been observed to have wavy whiskers or whiskers with structural changes, which could be a characteristic indicator of the disease. The findings suggest that wavy or altered whisker patterns in cats with FeLV may be associated with systemic dysfunction, impacting hair follicle quality due to immune system involvement. This discovery highlights the importance of considering morphological variations in whiskers as possible clinical indicators, contributing to optimizing the diagnosis and veterinary management of infected cats. In this context, the objective of this research is to implement a neutrosophic multicriteria method to assess the impact of Feline Viral Leukemia on whisker morphology and function in domestic cats, thus providing an innovative tool that allows veterinarians to improve the detection and treatment of this disease through evident changes in the external appearance of affected cats.

Keywords: neutrosophic multicriteria method, Feline Viral Leukemia (FeLV), wavy whiskers in cats, immune system, hair follicle morphology in FeLV

1. Introducción

La Leucemia Viral Felina es una enfermedad de alta incidencia y fácil contagio en aquellos gatos de vida exterior. La cual causa graves daños al sistema inmune, aumentando la susceptibilidad de los gatos a enfermedades causadas por microorganismos oportunistas como bacterias, hongos y protozoarios. Además, puede predisponer a la formación de neoplasias como los linfomas [1].

El virus de la leucemia felina es un retrovirus del género gamma retrovirus, el cual se divide en tres subgrupos según las proteínas presentes en su envoltura [2]. La proteína p15E juega un papel crucial en la mediación de la inmunosupresión y la anemia, mientras que la glicoproteína 70 facilita la entrada del virus en las células del hospedador [3]. El subgrupo predominante es FeLV-A, mientras que FeLV-B y FeLV-C se encuentran típicamente asociados con FeLV-A [4].

La principal forma de transmisión ocurre horizontalmente a través de la saliva de gatos infectados. Esto suele suceder con mayor frecuencia durante mordeduras, acicalamiento, arañazos, o cuando gatos sanos y enfermos comparten recipientes [3]. La transmisión vertical se puede dar al momento del parto o vía transplacentaria, si la infección ocurre durante la preñez es usual observar la reabsorción o aborto fetal [1].

La replicación viral comienza en el tejido linfóide de la orofaringe y se extiende por todo el cuerpo, alcanzando finalmente la médula ósea, donde integra su ADN proviral en el genoma de las células felinas [5]. Tras la exposición al virus, la infección puede seguir cuatro cursos diferentes, determinados por la respuesta inmunitaria del paciente: forma abortiva, regresiva, progresiva e infección focal o atípica.

La mayoría de los pacientes que acuden a consulta dentro de la fase inicial de la viremia presentan signos clínicos inespecíficos como hiporexia, letargo, fiebre, problemas cutáneos y alteraciones en el pelaje. Además, estudios recientes demuestran que la ondulación de bigotes es un signo externo frecuente, que resulta de la inmunosupresión provocada por el virus [6]. En consecuencia, muchos pacientes presentan enfermedades concomitantes asociadas a virus o bacterias. Entre las más comunes se encuentran la gingivostomatitis, el Calicivirus y la micoplasmosis, siendo esta última la más prevalente [7]. Aunque también existen gatos portadores de leucemia que desarrollan neoplasias linfoides como linfoma y leucemias granulocíticas.

Los métodos principales para detectar el virus en muestras de sangre utilizan pruebas ELISA de antígeno (proteína vírica p27), debido a su accesibilidad y facilidad de uso en la práctica clínica diaria. Además, para abordar posibles resultados falsos positivos o negativos, es esencial confirmar el diagnóstico con pruebas más específicas, como la PCR, que detecta secuencias de ADN viral [8].

Estudios actuales incluso han llegado a hacer análisis de inmunohistoquímica (IHC) a los bigotes de gatos positivos a ViLeF los cuales revelaron que el antígeno p27 de FeLV mostró la tasa de detección más alta en diversas células epiteliales, incluyendo epidermis, glándulas sudoríparas, glándulas sebáceas y epitelio de los folículos pilosos. Se observó que p27 estaba presente en el 92% de los 13 casos serológicos positivos para FeLV. También se detectaron señales de p27 en los músculos esqueléticos [8,27].

Actualmente, no existe un tratamiento curativo definitivo para esta condición, aunque es común el uso de antirretrovirales como la zidovudina [9] o inmunomoduladores con buen efecto antiviral como el Interferon Omega Felino [10]. Por lo tanto, el *goal standard* de atención se centra en controlar infecciones secundarias oportunistas y minimizar la replicación viral para asegurar que el gato mantenga una buena calidad de vida.

La vacunación es una medida preventiva crucial, ya que estudios han demostrado que reduce significativamente el riesgo de leucemia viral felina en animales vacunados. Es esencial intensificar las investigaciones y las estrategias preventivas en América Latina y Ecuador para proteger la salud y el bienestar de los gatos domésticos. Esto incluye campañas informativas sobre la enfermedad, estrategias de vacunación efectivas y la reducción de factores de riesgo.

En este contexto, la presente investigación tiene como objetivo implementar un método multicriterio neutrosófico evaluar el impacto de la Leucemia Viral Felina en la morfología y funcionalidad de los bigotes en gatos domésticos.

2. Materiales y métodos

La sección presenta la estructura del funcionamiento del Método multicriterio neutrosófico para la evaluación del impacto de la Leucemia Viral Felina en la morfología y funcionalidad de los bigotes en gatos domésticos. El funcionamiento está guiado por un flujo de trabajo de tres actividades. El método basa su funcionamiento a partir un entorno neutrosófico para modelar la incertidumbre. Se sustenta sobre un esquema de análisis de decisión lingüística que puede abordar criterios de diferente naturaleza y proporcionar resultados lingüísticos en un entorno neutrosófico.

El método está diseñado para soportar el flujo de trabajo sobre la evaluación del impacto de la FeLV en la morfología y funcionalidad de los bigotes en gatos domésticos. Consta de las siguientes actividades: definición del



enfoque, generación de información, y procesamiento e inferencia [11]. La figura 1 muestra las actividades fundamentales del método propuesto.



Figura 1: Método multicriterio neutrosófico evaluar el impacto de la Leucemia Viral Felina en la morfología y funcionalidad de los bigotes en gatos domésticos.

A continuación se describen las diferentes actividades de la etapa de procesamiento:

1. Definición del enfoque

En esta etapa, el marco de evaluación se define para corregir la estructura sobre la evaluación del impacto de la FeLV en la morfología y funcionalidad de los bigotes en gatos domésticos. El marco se modela a partir de los siguientes elementos:

- Sea $E = \{e_1, \dots, e_n\}$, ($n > 2$) un conjunto de expertos.
- Sea $TI = \{ti_1, \dots, ti_m\}$, ($m > 2$) un conjunto de casos de análisis.
- Sea $C = \{c_1, \dots, c_k\}$, ($k > 2$) un conjunto de criterios que caracterizan las condiciones clínicas de los gatos domésticos con FeLV.

Se utiliza un marco de información heterogéneo [12]. Para cada experto se puede usar un dominio diferente numérico o lingüístico para evaluar cada criterio, atendiendo a su naturaleza en un entorno neutrosófico [13, 14]. A partir de la modelación de los elementos que definen el enfoque se realiza la generación de las informaciones.

2. Generación de información

Mediante la definición del marco de trabajo se obtiene el conocimiento del conjunto de expertos. Por cada experto se suministra sus preferencias mediante el uso de vectores de utilidad. El vector de utilidad se expresa mediante la ecuación 1:

$$P_j^i = \{p_{j1}^i, \dots, p_{jh}^i\} \quad (1)$$

Donde:

P_j^i representa la preferencia otorgada al criterio c_k sobre los casos de análisis r_j expresado por el experto e_i .

La etapa obtiene las informaciones que son de necesidad para el procesamiento de las inferencias, a partir del conjunto de datos obtenidos mediante la consulta a los expertos, se realiza el procesamiento y la inferencia de las informaciones en función de obtener las recomendaciones sobre el impacto de la FeLV en la morfología y funcionalidad de los bigotes en gatos domésticos.

3. Procesamiento e inferencia

La etapa de procesamiento e inferencia es la encargada de realizar la evaluación lingüística colectiva que sea interpretable para evaluar el impacto de la FeLV en la morfología y funcionalidad de los bigotes en gatos domésticos, a partir del marco de trabajo establecido con el conjunto de datos obtenidos. Para ello, la información es unificada y agregada. A partir del procesamiento se realiza un ordenamiento de alternativas que son priorizados para tratar con información heterogénea y dar resultados lingüísticos.

Definición 1: A 2TLNNS se define como [15]:

A partir de $S = \{s_0, \dots, s_t\}$ que representa una 2TLNs con cardinalidad impar $t + 1$.

Se define para (S_t, a) , (S_i, b) , $(S_f, c) \in L$ y $a, b, c \in [0, t]$, donde (S_t, a) , (S_i, b) , $(S_f, c) \in L$ expresan

independientemente del grado de verdad, grado de indeterminación y el grado de falsedad por 2TLSS [16].

Por lo tanto: 2TLNNSs se define:

$$l_j = \{(S_t, a), (S_i, b), (S_f, c)\} \quad (2)$$

Donde:

$$0 \leq \Delta^{-1}(S_{t_j}, a) \leq t, 0 \leq \Delta^{-1}(S_{i_j}, b) \leq t, 0 \leq \Delta^{-1}(S_{f_j}, c) \leq t$$

$$0 \leq \Delta^{-1}(S_{t_j}, a) + 0 \leq \Delta^{-1}(S_{i_j}, b) + 0 \leq \Delta^{-1}(S_{f_j}, c) \leq 3t$$

Mediante la función de puntuación y precisión se clasifica 2TLNN [17].

Sea

$$l_1 = \{(S_{t_1}, a), (S_{i_1}, b), (S_{f_1}, c)\} \text{ a}$$

2TLNN en L la función de puntuación y precisión en l^{-1} se define como:

$$S(l_1) = \Delta \left\{ \frac{2t + \Delta^{-1}(S_{t_1}, a) - \Delta^{-1}(S_{i_1}, a) - \Delta^{-1}(S_{f_1}, a)}{3} \right\}, \Delta^{-1}(s(l_1)) \in [0, t] \quad (3)$$

$$H(l_1) = \Delta \left\{ \frac{t + \Delta^{-1}(S_{t_1}, a) - \Delta^{-1}(S_{f_1}, a)}{2} \right\}, \Delta^{-1}(h(l_1)) \in [0, t] \quad (4)$$

La información se unifica en un dominio lingüístico específico (S_T). La información numérica se transforma al dominio lingüístico (S_T) siguiendo estos pasos [16, 18]:

- Seleccionar un dominio lingüístico específico, denominado conjunto de términos lingüísticos básicos (S_T).
- Transformación de valores numéricos en $[0, 1]$ al $F(S_T)$.
- Transformación de conjuntos difusos S_T sobre el en 2-tupla lingüística.

La agregación permite la unificación de las informaciones para lo cual se desarrolla mediante dos pasos con el objetivo de calcular una evaluación global de los casos de análisis. El operador de agregación unifica las diferentes ponderaciones expresadas por cada experto teniendo en cuenta su conocimiento y su importancia en la evaluación del impacto de la FeLV en la morfología y funcionalidad de los bigotes en gatos domésticos.

El paso final en el proceso de priorización es establecer una clasificación entre los casos de análisis, esta clasificación permite priorizar los casos analizados con más valor [19]. El caso de análisis más significativo es aquel que tiene la evaluación colectiva máxima $Max \{(r_i, a_j), = 1, 2, \dots, n\}$. Los requisitos se priorizan según este valor en orden decreciente.

3. Resultados y discusión

La presente sección, describe el funcionamiento del método multicriterio neutrosófico para la evaluación del impacto de la FeLV en la morfología y funcionalidad de los bigotes en gatos domésticos. Se realizó un estudio aplicado a 6 casos de análisis. El ejemplo ilustra la aplicabilidad del método.

Desarrollo de la actividad 1: Definición del enfoque

Para el presente estudio de caso, se identificó un marco de trabajo compuesto por:

$E = \{e_1, \dots, e_3\}$, que representan los 3 expertos que intervinieron en el proceso.

El panel está compuesto por tres expertos con una amplia trayectoria en el ámbito de la medicina veterinaria, cada uno aportando una perspectiva única para la implementación del Método multicriterio neutrosófico enfocado en evaluar el impacto de la Leucemia Viral Felina (FeLV) en la morfología y funcionalidad de los bigotes en gatos domésticos. El primer experto es un veterinario clínico con más de 10 años de experiencia en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades felinas, lo que le permite ofrecer información basada en la práctica y en observaciones clínicas directas. La segunda experta es una investigadora veterinaria con un enfoque en enfermedades infecciosas felinas, quien aporta conocimientos profundos sobre la fisiopatología del FeLV y sus manifestaciones clínicas. El tercer experto es un especialista en comportamiento animal, con experiencia en cómo las condiciones de salud afectan la conducta y la calidad de vida de los gatos, ofreciendo así una visión holística sobre cómo la enfermedad puede impactar tanto la morfología como la funcionalidad de los bigotes. Juntos, este panel multidisciplinario asegura un enfoque exhaustivo para evaluar las implicaciones de la FeLV en la salud facial de los felinos. Estos expertos realizaron la evaluación de los 6 casos de análisis:

$Ps = \{Ps_1, \dots, Ps_6\}$, de 6 Casos de análisis

Donde:

Ps_1 : Se presenta un gato doméstico de pelo corto, tricolor, macho de 6 años, esterilizado, con un peso de 4,5



kg y un historial de vacunación incompleto, ya que solo recibió una dosis de la vacuna triple a los cuatro meses. Ha mostrado pérdida de peso, letargo y apatía. Al examen físico, el gato se encuentra moderadamente deshidratado, con una temperatura rectal de 39,2 °C, mucosas pálidas y un pelaje opaco. Se observan bigotes gruesos y ondulados. Las pruebas diagnósticas revelan una prueba ELISA positiva para FeLV y anemia leve en el hemograma, junto con un aumento de leucocitos. Se inicia un tratamiento con fluidoterapia y antivirales, y tras 48 horas, se reporta una mejoría en el estado general y en la morfología de los bigotes, que adquieren una apariencia más normal.

Ps₂: Un gato doméstico de pelo largo, siamés, hembra de 5 años y no esterilizada, presenta un peso de 3,8 kg, con solo una vacuna en su primer año de vida. Llega a la consulta con dificultades respiratorias y letargo. El examen físico muestra una condición corporal de 2/5, temperatura rectal de 38,5 °C, y bigotes con curvas pronunciadas, además de un pelaje muy enmarañado. La prueba de ELISA resulta positiva para FeLV y el hemograma muestra leucocitosis. Se inicia un tratamiento con fluidos y antibióticos, y tras 72 horas, se observa una mejoría en la textura de los bigotes, aunque persistieron algunas curvaturas, y el estado respiratorio de la gata también mejora.

Ps₃: Se presenta un gato doméstico atigrado, macho de 3 años, esterilizado, con un peso de 4 kg y vacunación completa. El paciente tiene ulceraciones orales y pérdida de apetito. Al examen físico, se evidencia deshidratación leve, temperatura de 38,7 °C, y los bigotes son rectos pero descoloridos, además de un pelaje opaco. Las pruebas diagnósticas confirman una prueba de ELISA positiva para FeLV y un hemograma que indica neutropenia. Como tratamiento, se administra fluidoterapia y analgésicos, además de un suplemento vitamínico. En una semana, los bigotes recuperan color y textura, y se observa una mejoría en la salud oral del gato.

Ps₄: Una gata doméstica de pelo bicolor, hembra de 2 años y no esterilizada, ingresa con un peso de 3 kg y un historial de vacunación incompleto, presentando cambios en su comportamiento y letargo. Durante el examen físico, se toma la temperatura, que es de 39,1 °C, además de observar bigotes ligeramente ondulados y un pelaje seco. Las mucosas orales presentan palidez. Se realiza una prueba rápida de ELISA, que resulta positiva para FeLV, y el hemograma revela anemia leve junto con leucocitosis. Se emprende un tratamiento con fluidoterapia y un inmunomodulador, tras el cual, en dos días, se nota que los bigotes comienzan a normalizarse y la gata retorna a un comportamiento más activo.

Ps₅: Se presenta un gato doméstico persa, macho de 4 años, esterilizado, con un peso de 5 kg y vacunación completa. Consultó por vómitos persistentes y pérdida de peso. Al examen físico se observa deshidratación, con una temperatura de 38,8 °C, y los bigotes son finos y quebradizos, con un pelaje enmarañado. Las pruebas diagnósticas realizan una prueba de ELISA positiva para FeLV y el hemograma muestra alteraciones hematológicas leves. Se inicia un tratamiento con fluidoterapia, antieméticos y antioxidantes, y tras tres días de tratamiento, los bigotes comienzan a mejorar en grosor y consistencia, junto con la recuperación del peso del gato.

Ps₆: Una gata doméstica de color atigrado, hembra de 8 años y no esterilizada, presenta un peso de 2,8 kg y un historial de vacunación incompleto. Llega a la consulta con signos de debilidad, deshidratación leve y antecedentes de contacto con otros gatos en un entorno externo. Al examen físico, se observan letargo, mucosas pálidas y cambios significativos en la morfología de sus bigotes, que presentan ondulaciones y se ven quebradizos. Se realiza una prueba de ELISA que resulta positiva para FeLV, y el análisis de sangre muestra una leve anemia. Con base en estos hallazgos, se inicia un tratamiento con fluidoterapia para corregir la deshidratación y un enfoque adicional que incluye nutrientes esenciales para fortalecer su sistema inmunológico. Después de cuatro días de tratamiento, la gata muestra una ligera mejoría en su estado general, y se observa una estabilización de los bigotes, aunque se requieren más seguimientos para evaluar la evolución del impacto de la infección en su salud a largo plazo.

A partir de la valoración de los criterios

$C = \{c_1, \dots, c_7\}$ los cuales conforman los 7 criterios valorativos. La tabla 1 muestra los criterios utilizados.

Tabla 1: Criterios utilizados para la evaluación.

No	Criterio
1	Cambios morfológicos en los bigotes: Se evaluarán las alteraciones en la forma, tamaño y grosor de los bigotes, buscando ondulaciones, curvaturas o pérdida de pelo, que puedan estar asociados a la infección por FeLV.
2	Condición del folículo piloso: Se analizará la salud de los folículos pilosos que producen los bigotes, considerando factores como la inflamación o degeneración celular que puedan ser el resultado de la inmunosupresión provocada por la FeLV.
3	Funcionalidad táctil: Se medirá el impacto de las alteraciones morfológicas en la capacidad de los bigotes para realizar funciones táctiles, como la percepción del entorno, que es fundamental para el comportamiento normal del gato.



No	Criterio
4	Estado general de salud del gato: Se recogerán datos sobre el estado de salud general del gato, incluyendo signos de anemia, debilidad o cambios en el apetito, que pueden influir en la morfología de los bigotes.
5	Comorbilidades asociadas: Se evaluará la presencia de enfermedades concurrentes que suelen asociarse con la FeLV, como micoplasmosis o enfermedades renales, y su impacto en la morfología y funcionalidad de los bigotes.
6	Historial de vacunación: Se considerará el historial de vacunación del gato, ya que una cobertura vacunal adecuada puede influir en la predisposición a infecciones y en la salud general del animal.
7	Interacción gato-entorno: Se analizarán las interacciones del gato con su entorno, incluyendo su comportamiento social y hábitos de higiene, que pueden afectar la salud de los bigotes y, por ende, su funcionalidad.

Cada experto podría dar la información de forma numérica o lingüística atendiendo a la naturaleza de los criterios. Se elige un dominio lingüístico común para verbalizar los resultados que se expresan en la Figura 2.

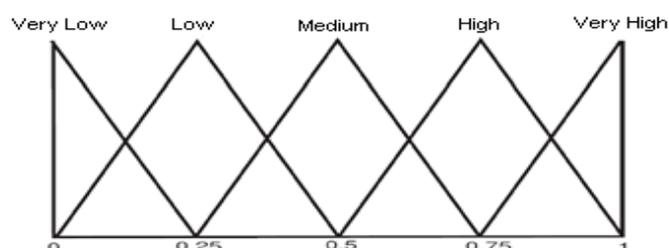


Figura 2. Dominio de Selección S_T .

Para los valores numéricos, se utilizará la escala lingüística siguiente con números neutrosóficos de valor único propuestas en la Tabla 2.

Tabla 2: Términos lingüísticos empleados.

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente buena (EB)	(1,0,0)
Muy muy buena (MMB)	(0.9, 0.1, 0.1)
Muy buena (MB)	(0.8,0,15,0.20)
Buena (B)	(0.70,0.25,0.30)
Medianamente buena (MDB)	(0.60,0.35,0.40)
Media (M)	(0.50,0.50,0.50)
Medianamente mala (MDM)	(0.40,0.65,0.60)
Mala (MA)	(0.30,0.75,0.70)
Muy mala (MM)	(0.20,0.85,0.80)
Muy muy mala (MMM)	(0.10,0.90,0.90)
Extremadamente mala (EM)	(0,1,1)

Desarrollo de la actividad 2: Generación de información

A partir de la información obtenida sobre los casos de análisis, son almacenadas para su posterior procesamiento. El marco de evaluación es presentado en la Tabla 3. Los criterios de evaluación se realizan en la escala S_T .

Tabla 3: Presentación de los resultados.

	e_1			e_2			e_3		
c_1	[0.3, 0.3, 0.2]	[0.5, 0.3, 0.3]	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.5, 0.4, 0.1]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.6, 0.3, 0.2]	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.9, 0.2, 0.1]
c_2	[0.9, 0.1, 0.2]	[0.9, 0.2, 0.1]	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.5, 0.3, 0.3]	[0.9, 0.1, 0.2]	[0.9, 0.1, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.2]	[0.6, 0.3, 0.2]



	e_1			e_2			e_3		
c_3	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.5, 0.1, 0.4]	[0.6, 0.3, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.3, 0.3, 0.2]	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.8, 0.1, 0.3]	[0.5, 0.4, 0.1]	[0.9, 0.1, 0.2]
c_4	[0.5, 0.3, 0.3]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.9, 0.2, 0.1]	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.5, 0.2, 0.4]	[0.9, 0.1, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.8, 0.1, 0.3]	[0.6, 0.3, 0.2]
c_5	[0.3, 0.3, 0.2]	[0.5, 0.3, 0.3]	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.5, 0.4, 0.1]	[0.8, 0.1, 0.2]	[0.6, 0.3, 0.2]	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.7, 0.3, 0.1]	[0.9, 0.2, 0.1]
c_6	[0.5, 0.1, 0.4]	[0.3, 0.3, 0.2]	[0.9, 0.1, 0.2]	[0.8, 0.1, 0.3]	[0.5, 0.3, 0.3]	[0.9, 0.2, 0.1]	[0.5, 0.4, 0.1]	[0.6, 0.2, 0.2]	[0.6, 0.2, 0.2]
c_7	[0.5, 0.3, 0.3]	[0.3, 0.3, 0.2]	[0.9, 0.2, 0.1]	[0.8, 0.1, 0.3]	[0.5, 0.3, 0.3]	[0.9, 0.2, 0.1]	[0.5, 0.4, 0.1]	[0.8, 0.1, 0.3]	[0.6, 0.3, 0.2]

La información se transforma para unificar la información heterogénea. Los juegos difusos posteriores sobre S_T se transforman en 2-tuplas lingüísticas. A partir del proceso de agregación se calculó una evaluación de los casos de análisis. Para el proceso de agregación se utilizó el promedio de ponderación de los números neutrosóficos lingüísticos de 2-TLNNWA, a partir de los datos referidos por para cada experto [19]. En este caso los vectores de ponderación $W=(0.6, 0.4, 0.6, 0.9, 0.9, 0.3, 0.9)$.

Tabla 4: Procesamiento del resultado de los datos.

Casos de análisis	Preferencias
Ps_1	[0.9, 0.6, 0.9, 0.8, 0.9, 0.8, 0.9]
Ps_2	[0.9, 0.9, 0.6, 0.8, 0.8, 0.8, 0.9]
Ps_3	[0.8, 0.4, 0.6, 0.9, 0.9, 0.8, 0.8]
Ps_4	[0.9, 0.9, 0.6, 0.8, 0.8, 0.9, 0.9]
Ps_5	[0.9, 0.4, 0.6, 0.9, 0.9, 0.8, 0.9]
Ps_6	[0.8, 0.6, 0.9, 0.6, 0.6, 0.9, 0.9]

Para calcular la evaluación colectiva, el operador 2-TLNNWA se utiliza el vector de ponderación $V=[0.9, 0.4, 0.6, 0.9, 0.9, 0.8, 0.9]$ de la tabla 5.

Tabla 5: Evaluación colectiva para los casos de análisis.

[0.9, 0.6, 0.9, 0.8, 0.9, 0.8, 0.9]	Ps_1
[0.9, 0.9, 0.6, 0.8, 0.8, 0.8, 0.9]	Ps_2
[0.8, 0.4, 0.6, 0.9, 0.9, 0.8, 0.8]	Ps_3
[0.9, 0.4, 0.6, 0.9, 0.9, 0.8, 0.9]	Ps_5

A partir de la información de la tabla 5, se ordenan todas las evaluaciones colectivas y se establece una clasificación entre los casos de análisis con el propósito de identificar las mejores alternativas de puntuación calculadas.

Tabla 6: Resultados de la función de puntuación.

[0.9, 0.4, 0.6, 0.9, 0.9, 0.8, 0.9]	Ps_5
[0.8, 0.4, 0.6, 0.9, 0.9, 0.8, 0.8]	Ps_3
[0.9, 0.6, 0.9, 0.8, 0.9, 0.8, 0.9]	Ps_1

Tras la implementación del Método multicriterio neutrosófico para evaluar el impacto de la Leucemia Viral Felina (FeLV) en la morfología y funcionalidad de los bigotes en gatos domésticos, se determinó el siguiente orden de impacto y criticidad en relación a los seis casos analizados: $Ps_5 < Ps_3 < Ps_1$, siendo este el orden de casos con más probabilidades de desarrollar cambios en la morfología y funcionalidad de los bigotes en gatos domésticos. Los resultados obtenidos destacan que el caso con mayor impacto de la FeLV en la morfología de los bigotes fue el de la gata siamesa de 5 años, quien presentó cambios significativos en sus bigotes en conjunto con dificultades respiratorias, lo que sugiere una afectación más amplia y crítica de su salud general. Este hallazgo resalta la correlación entre la severidad clínica de la enfermedad y las manifestaciones físicas que pueden ser observadas, como los cambios en los bigotes. La identificación del caso tricolor de 6 años como el segundo más crítico subraya la efectividad del método en resaltar no solo la alteración morfológica sino también el estado de salud, lo que permite



un enfoque más integral en la atención veterinaria. Igualmente, el caso del gato atigrado de 3 años, a pesar de no ser tan severo, también mostró cambios notables en la morfología de los bigotes, evidenciando la importancia de monitorear estos signos como indicadores de la enfermedad. El método implementado ha demostrado ser útil para priorizar casos en función del impacto observado, facilitando la intervención temprana y el manejo adecuado de los gatos afectados, así como la sensibilización sobre la FeLV en las prácticas veterinarias. Esto no solo optimiza la atención veterinaria, sino que también valida la importancia de los signos físicos como herramientas diagnósticas en la lucha contra esta enfermedad.

4. Discusión

En la actualidad, la leucemia viral felina (FeLV) se posiciona como una de las enfermedades infecciosas más críticas que afectan a los gatos domésticos a nivel mundial, incluyendo América Latina y, en particular, Ecuador. Este retrovirus, clasificado dentro de la familia Retroviridae, puede desencadenar una serie de graves consecuencias en la salud de los felinos, tales como inmunosupresión, desarrollo de neoplasias (como leucemias y linfomas), y anemias crónicas [20]. Además, se ha observado que los gatos con mayor probabilidad de contagio son aquellos de entre 1,5 a 4 años, es decir, gatos jóvenes adultos. Dentro de este grupo, los machos presentan una mayor predisposición debido a sus hábitos callejeros y comportamientos más expuestos a riesgos de infección [21].

La alta capacidad de transmisión del virus hace que la prevención y el control de la enfermedad sean fundamentales para proteger a las poblaciones felinas. La infección por FeLV no solo reduce la calidad de vida de los gatos afectados, sino que también presenta desafíos significativos para la práctica veterinaria debido a su impacto en la salud pública animal.

La importancia de la leucemia viral felina en la medicina veterinaria también se refleja en la necesidad de estrategias efectivas de diagnóstico y manejo. Para eso, el uso de pruebas rápidas de ELISA ayuda a detectar casos, aunque el uso de PCR permite la detección del virus en etapas tempranas [22].

Dado que es una enfermedad que no tiene cura, el enfoque terapéutico se centra en el control de signos y síntomas; así como, la mejora de calidad de vida del gato. El tratamiento consiste en un enfoque de sostén que incluye un monitoreo regular de la salud del animal y la implementación de medidas para reducir el estrés en su entorno. El objetivo principal es asegurar el bienestar del animal y minimizar las complicaciones asociadas a la enfermedad. Para lograr esto, la vigilancia constante es crucial para detectar de manera temprana cualquier signo de deterioro en la salud del animal.

Un estudio reciente realizado por Morishita en 2023 ha aportado información valiosa en este sentido. La investigación reveló una correlación significativa entre la infección por FeLV y la presencia de cambios ondulantes en los bigotes de los gatos. En el estudio, de los 56 gatos que presentaron estos cambios en los bigotes, 50 resultaron ser positivos para FeLV, lo que representa un 89.3% de coincidencia. Este hallazgo destaca la importancia de monitorear indicadores físicos como los cambios en los bigotes para la detección temprana de la enfermedad y el manejo efectivo del estado de salud del gato [7].

Ahondando un poco más en el estudio, se determinó que un parámetro clave para identificar la infección por ViLeF es la presencia de más de dos bigotes con cambios morfológicos ondulantes, lo cual indica una alta probabilidad de que el gato sea positivo para el virus. Además, se observó que muchos gatos que acudieron a consulta con signología compatible con enfermedades comúnmente asociadas a ViLeF como micoplasmosis, enfermedades renales, cistitis y calicivirus, tiene mayor predisposición a estas afecciones. No obstante, es importante destacar que no se encontró una asociación entre estos signos y los gatos positivos para el virus de inmunodeficiencia felina (VIF), a pesar de que ambas enfermedades afectan el sistema inmunológico.

Estos estudios respaldan el caso descrito, donde el paciente, que inicialmente presentó signos clínicos inespecíficos, fue diagnosticado como seropositivo para FeLV tras realizar los análisis pertinentes. Entre los primeros signos clínicos observados se destacaron cambios morfológicos en los bigotes orofaciales del gato. Además, se identificaron signos característicos de la enfermedad, como un hematocrito bajo que indicaba anemia crónica, y la presencia de cistitis idiopática felina, una comorbilidad vinculada a la inmunosupresión provocada por el virus. FeLV tiende a afectar directamente la médula ósea y las células hematopoyéticas, lo que contribuye a estas condiciones [23].

Aunque la extravasación exacta del virus aún no se comprende completamente, la inmunohistoquímica ha demostrado ser una herramienta diagnóstica fundamental para confirmar que los antígenos virales están presentes en las células epiteliales del tejido de la probóscide de los bigotes, subrayando su papel crucial en la liberación del virus hacia la saliva [24]. Además, se detectaron antígenos virales en las glándulas sebáceas y sudoríparas, sugiriendo que el FeLV puede ser excretado en fluidos exocrinos como el sebo y el sudor.

La correlación entre nuevas investigaciones y los casos descritos es extremadamente valiosa para los veterinarios en la práctica clínica. Dado que este signo externo está asociado con una enfermedad de alta prevalencia,



especialmente en áreas rurales con una cobertura de vacunación deficiente y donde muchos gatos viven en libertad o son ferales [25], poder identificar este signo sin necesidad de capturar a los gatos facilita la detección de focos de infección. Esto permite a los veterinarios intervenir de manera más temprana y aplicar protocolos de prevención más efectivos en áreas con alta incidencia de la enfermedad [26].

5. Conclusión

La investigación realizada sobre el impacto de la Leucemia Viral Felina (FeLV) en la morfología y funcionalidad de los bigotes en gatos domésticos ha proporcionado valiosos hallazgos que resaltan la importancia de este retrovirus en la salud felina. Los resultados obtenidos evidencian una correlación significativa entre la infección por FeLV y los cambios morfológicos observados en los bigotes de los gatos, lo que sugiere que estos signos pueden ser indicadores cruciales para la detección temprana de la enfermedad.

El uso del Método multicriterio neutrosófico ha demostrado ser una herramienta efectiva para evaluar y clasificar el impacto de FeLV en la salud de los felinos, permitiendo priorizar los casos más críticos y guiar las intervenciones veterinarias de forma más eficiente. Los casos analizados revelaron que los cambios en la morfología de los bigotes se asocian estrechamente con el estado general de salud de los gatos, lo que subraya la necesidad de un enfoque holístico en la evaluación clínica.

Adicionalmente, los datos reflejan que la identificación precisa de los signos físicos relacionados con la FeLV, como los cambios en los bigotes, puede contribuir significativamente a un manejo proactivo y preventivo de la enfermedad, mejorando la calidad de vida de los gatos afectados. En este sentido, la investigación no solo resalta la relevancia de la vigilancia constante en la salud felina, sino también la importancia de la sensibilización en la práctica veterinaria sobre las manifestaciones clínicas de la FeLV.

Referencias

- [1] B. J. Willett, and M. J. Hosie, "Feline leukaemia virus: half a century since its discovery," *The Veterinary Journal*, vol. 195, no. 1, pp. 16-23, 2013.
- [2] D. Quintero Aguilera, and J. L. F. Sandoval Elías, "Fisiopatología, diagnóstico y prevención de la leucemia viral felina," 2020.
- [3] J. F. C. Restrepo, L. F. González, L. M. M. Zapata, and J. R. Sáenz, "Virus de la leucemia felina: un patógeno actual que requiere atención en Colombia," *Revista Veterinaria y Zootecnia (On Line)*, vol. 7, no. 2, pp. 117-138, 2013.
- [4] I. R. Tizard, *Inmunología veterinaria*: Elsevier Health Sciences, 2018.
- [5] F. Paredes-Catota, E. Castillo-Hidalgo, O. V. Almeida-Revelo, and H. D. Vilcacundo-Paredes, "Dolor agudo y eficacia de la escala de mueca felina en gatos del Hospital Veterinario Medipet," *Revista Científica de la Facultad de Veterinaria*, vol. 32, 2022.
- [6] M. Morishita, Y. Sunden, M. Horiguchi, H. Sakoya, M. Yokogawa, H. Ino, S. Une, M. Kawata, T. Hosoido, and T. Morita, "Wavy changes in the whiskers of domestic cats are correlated with feline leukemia virus infection," *BMC Veterinary Research*, vol. 19, no. 1, pp. 1-7, 2023.
- [7] R. W. Nelson, *Medicina interna de pequeños animales*: Grupo Asís Biomedica SL, 2020.
- [8] S. N. García Rodríguez, J. I. Matos Rivero, E. Carretón Gómez, and J. A. Montoya Alonso, "Severas repercusiones cardiorrespiratorias derivadas de la presencia de dirofilariosis cardiopulmonar felina: caso clínico por formas maduras," *Clinfelivet*, 2024.
- [9] M. L. P. Colado, and V. C. Pérez, *Enfermedades infecciosas felinas*: Editorial Servet, 2017.
- [10] N. V. Gómez, A. Fontanals, V. Castillo, M. A. Gisbert, A. Suraniti, G. Mira, and P. B. Pisano, "Evaluation of different antiretroviral drug protocols on naturally infected feline immunodeficiency virus (FIV) cats in the late phase of the asymptomatic stage of infection," *Viruses*, vol. 4, no. 6, pp. 924-939, 2012.
- [11] B. B. Fonseca, O. M. Cornelio, and I. P. Pupo, "Sistema de recomendaciones sobre la evaluación de proyectos de desarrollo de software," *Revista Cubana de Informática Médica*, vol. 13, no. 2, 2021.
- [12] O. Mar Cornelio, Y. Zulueta Véliz, and M. Leyva Vázquez, "Sistema de apoyo a la toma de decisiones para la evaluación del desempeño en la Universidad de las Ciencias Informáticas," 2014.
- [13] F. Smarandache, "Neutrosófia y Plitogenia: fundamentos y aplicaciones," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, vol. 17, no. 8, pp. 164-168, 2024.
- [14] F. Smarandache, "Significado Neutrosófico: Partes comunes de cosas poco comunes y partes poco comunes de cosas comunes," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, vol. 18, no. 1, pp. 1-14, 2025.



- [15] J. Wang, G. Wei, and Y. Wei, "Models for green supplier selection with some 2-tuple linguistic neutrosophic number Bonferroni mean operators," *Symmetry*, vol. 10, no. 5, pp. 131, 2018.
- [16] O. M. Cornelio, and B. B. Fonseca, "Neutrosophic computational model for identifying trends in scientific articles using Natural Language Processing," *Neutrosophic Sets and Systems*, vol. 84, pp. 134-145, 2025.
- [17] F. Mata, "Modelos para sistemas de apoyo al consenso en problemas de toma de decisión en grupo definidos en contextos lingüísticos multigranulares," *Universidad de Jaén, Doctoral Thesis Jaén*, 2006.
- [18] B. E. P. Sheila, Crespo-Berti, L.A., Fabiola, H.T.L., Cornelio, O.M., Turaeva, D., "Neutrosophic decision making using Saaty's AHP method and VIKOR," *Journal of Intelligent Systems and Internet of Things*, vol. 12, no. 1, pp. 164-176, 2024.
- [19] O. M. Cornelio, A. R. Rodríguez, W. L. S. Álava, P. G. A. Mora, L. M. S. Mera, and B. J. P. Bravo, "La Inteligencia Artificial: desafíos para la educación," *Editorial Internacional Alema*, 2024.
- [20] K. Hartmann, "Clinical aspects of feline retroviruses: a review," *Viruses*, vol. 4, no. 11, pp. 2684-2710, 2012.
- [21] A. S. Arboleda Lozada, and L. E. Ayala Guerra, "Prevalencia de leucemia felina (vilef) en los felinos domésticos (felis silvestris catus) en la parroquia San Miguel del cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi," 2023.
- [22] S. Little, J. Levy, K. Hartmann, R. Hofmann-Lehmann, M. Hosie, G. Olah, and K. S. Denis, "2020 AAEP feline retrovirus testing and management guidelines," *Journal of feline medicine and surgery*, vol. 22, no. 1, pp. 5-30, 2020.
- [23] J. P. M. Morocho, and P. G. R. Arias, "Indicadores hematológicos de leucemia viral felina en gatos asintomáticos," *ConcienciaDigital*, vol. 6, no. 2, pp. 103-114, 2023.
- [24] J. Rojko, E. Hoover, L. Mathes, W. Hause, J. Schaller, and R. Olsen, "Detection of Feline Paraffin Embedding Leukemia Virus in Tissues of Cats by a Paraffin Embedding Immunofluorescence Procedure," *Journal of the National Cancer Institute*, vol. 61, no. 5, pp. 1315-1321, 1978.
- [25] A. D. Vasco Villamarin, "Prevalencia del virus de Leucemia Felina en gatos domésticos en las parroquias urbanas del cantón Latacunga-Cotopaxi," 2022.
- [26] F. Guillen-Gonzalez, and E. Castillo-Hidalgo, "Prevalencia de leucemia viral felina en gatos domésticos localizados en Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador," *Revista ESPAMCIENCIA*, vol. 14, no. 1, pp. 8-14, 2023.
- [27] 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. Available: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-97-9881-0_7

Recibido el 28 de marzo de 2025. Aceptado el 21 de mayo de 2025

