



Sistema de recomendaciones para la evaluación epidemiológica de la leptospirosis

System of recommendations for the epidemiological evaluation of leptospirosis

Mildre Mercedes Vidal del Río¹, Raúl González Salas², and Aldemar Alejandro Monsalve Guzmán³

¹ Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato, Ecuador. E-mail: ua.mildrevidal@uniandes.edu.ec

² Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato, Ecuador. E-mail: ua.raulgonzalez@uniandes.edu.ec

³ Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato, Ecuador. E-mail: ma.aldemaramg22@uniandes.edu.ec

Resumen. La leptospirosis es una enfermedad zoonótica emergente, desatendida y generalizada a nivel mundial, que plantea importantes amenazas para la salud pública tanto en el mundo en desarrollo como en el desarrollado, y se encuentra comúnmente en climas tropicales o templados. El objetivo de esta investigación fue fundamentar la epidemiología de la leptospirosis como una Zoonosis como una lesión para la salud a nivel mundial. La leptospirosis requiere de un diagnóstico y tratamiento oportuno y resulta de vital importancia identificar las posibles fuentes de infección. Las formas graves de la enfermedad pueden poner en peligro la vida con daño multisistémico que incluye insuficiencia renal, disfunción hepática, daño vascular, hemorragia pulmonar y lesiones musculares. Atendiendo a las complicaciones antes descritas, la presente investigación tiene como objetivo desarrollar un sistema de recomendaciones para la evaluación epidemiológica de la leptospirosis.

Palabras Claves: Leptospirosis, epidemiología, salud pública, sistema de recomendación, números neutrosóficos.

Abstract. Leptospirosis is a globally widespread, neglected, and emerging zoonotic disease that poses significant public health threats in both the developing and developed world, and is commonly found in tropical or temperate climates. The objective of this research was to base the epidemiology of leptospirosis as a Zoonosis as a global health injury. Leptospirosis requires timely diagnosis and treatment and it is vitally important to identify possible sources of infection. Severe forms of the disease can be life-threatening with multisystem damage including renal failure, liver dysfunction, vascular damage, pulmonary hemorrhage, and muscle lesions. Considering the complications described above, this research aims to develop a system of recommendations for the epidemiology evaluation of leptospirosis.

Keywords: Leptospirosis, epidemiology, public health, recommendation system, neutrosophic numbers.

1 Introducción

La leptospirosis es una enfermedad septicémica febril bacteriana aguda causada por leptospiras patógenas que afectan a humanos y animales en todas partes del mundo. La transmisión puede ocurrir por contacto directo con animales infectados o, más comúnmente, por contacto indirecto con agua o suelo contaminado con orina de animales infectados [1]. La leptospirosis es una zoonosis que puede infectar tanto a animales salvajes, domésticos como a humanos. Los seres humanos contraen la enfermedad de los animales a través de la exposición al agua contaminada o por contacto directo con un animal infectado. La transmisión de persona a persona no ocurre [2].

Los animales reservorio infectados, generalmente ratones y ratas, son asintomáticos, portan el patógeno en sus túbulos renales y eliminan espiroquetas patógenas en la orina, lo que contamina el medio ambiente. Los humanos son huéspedes accidentales de leptospira patógena. La mayoría de las infecciones humanas son leves o asintomáticas. Sin embargo, el 10% de los casos de leptospirosis humana se desarrollan en formas graves, que incluyen leptospiremia alta, lesiones multiorgánicas y una tasa de mortalidad dramáticamente mayor, que puede relacionarse con un fenotipo similar a la sepsis [3].

La enfermedad tiene un importante componente ambiental asociado a las condiciones climáticas y los desastres naturales, como las inundaciones [4]. Las bacterias espiroquetas del género *Leptospira*, presentan una gran diversidad de serovares, cuya identidad es crítica para un diagnóstico efectivo y fines de vacunación [5]. Varios estudios

mencionaron la presencia de *Leptospira* en los suelos con más frecuencia que en las aguas, lo que respalda la hipótesis del hábitat del suelo y la dispersión de *Leptospira* con partículas de suelo suspendidas durante las lluvias intensas [6].

En Ecuador, las tasas de incidencia de leptospirosis disminuyeron de 3,3 casos por 100 000 habitantes en 2013 a 0,8 casos por 100 000 habitantes en 2018. El índice global de Moran I para el período de estudio mostró una autocorrelación espacial positiva (0,68; $p=0,001$). Se identificaron tres conglomerados espacio-temporales significativos de alta incidencia de leptospirosis ubicados en cantones de la Costa y Amazonía [7]. La vigilancia es crucial para mejorar la salud de la población y los sistemas de vigilancia producen datos que motivan la acción. Desafortunadamente, como muchos otros países, Ecuador implementó un sistema de monitoreo que nunca ha sido probado [8], este patógeno bacterias Afecta a un gran número de mamíferos, incluidos los humanos, y se considera una de las enfermedades zoonóticas de mayor distribución en todo el mundo [9-44].

En la actualidad se supone que las leptospirosis patógenas virulentas no pueden multiplicarse fácilmente en el medio ambiente, sin embargo, aunque se desconoce a profundidad esta capacidad de supervivencia fuera del huésped, influyen algunos parámetros como la genética y la osmolaridad. Desde el punto de vista epidemiológico se considera de suma importancia tener este conocimiento para el mejor control y prevención de la leptospirosis humana [3]. Otros estudios realizados en Nepal demostraron que las personas con mayores riesgos epidemiológicos de Leptospirosis son los que trabajan en arrozales y el sexo masculino. Los hallazgos sugieren que la leptospirosis debe considerarse en el diagnóstico diferencial clínico entre pacientes adultos febriles, especialmente para hombres, dueños de cabras y/o aquellos que trabajan en campos de arroz.

La presente investigación tiene como objetivo desarrollar un sistema de recomendaciones para la evaluación epidemiología de la leptospirosis. El sistema propuesto analiza las manifestaciones clínicas, epidemiológicas, complicaciones y profilaxis de la Leptospirosis como una Zoonosis recurrente en la salud pública.

2 Preliminares

La leptospirosis es una enfermedad febril septicémica bacteriana aguda causada por leptospirosis patógenas, que afecta a humanos y animales en todas partes del mundo. En humanos, la leptospirosis puede causar un amplio espectro de síntomas que en la mayoría de los casos tienen una presentación clínica bifásica, comenzando con la fase septicémica seguida de manifestaciones inmunitarias. Las formas graves de la enfermedad pueden poner en peligro la vida con daño multisistémico que incluye insuficiencia renal, disfunción hepática, daño vascular, hemorragia pulmonar y lesiones musculares [1].

Durante la infección, el desencadenamiento de la respuesta inflamatoria, especialmente a través de la producción de citoquinas, es fundamental para la eliminación temprana de patógenos. Sin embargo, la producción descontrolada de citoquinas puede dar lugar a un proceso de tormenta de citoquinas, seguido de un estado de inmunoparálisis, que puede provocar sepsis y fallas orgánicas asociadas [10]. La prevalencia de leptospirosis clínica en un estudio realizado en Nepal fue del 5,4 % y los síntomas más comunes entre los participantes reclutados fueron pérdida de apetito y letargo, seguidos de escalofríos, sudoración profusa y dolor de espalda. Ningún síntoma clínico individual ni la combinación de dos síntomas se asoció significativamente con la leptospirosis clínica. Sin embargo, poseer cabras, trabajar en campos de arroz y sexo masculino aumentaron los principales signos comparables a los infectados fueron: fiebre, mialgias, cefalea, postración, vómitos, diarrea e ictericia [11].

Por otro lado, en estudios realizados en Manaus mostraron que los principales signos de leptospirosis que prevalecen en pacientes son la fiebre, mialgias, cefalea, postración, vómitos, diarrea e ictericia, asociados a factores climáticos, sanitarios y sociales, situación en la que se insertan los susceptibles [7-45]. La leptospirosis puede ser una causa común de enfermedad febril en Ruanda, pero se necesitan más estudios para diferenciar la enfermedad activa de la asintomática [12].

En humanos, la leptospirosis tiene una presentación clínica bifásica, que comienza con la fase septicémica seguida de manifestaciones inmunes [3]. La forma más grave de la enfermedad, con daño multisistémico, que incluye lesiones musculares vasculares, hepáticas, renales, pulmonares y esqueléticas, se conoce como síndrome de Weil. Muchos casos de leptospirosis presentan un cuadro inespecífico de enfermedad febril, sin embargo, la manifestación vascular de la enfermedad puede presentarse como una conjuntivitis hemorrágica [3]. Se ha estimado que la tasa de mortalidad anual de la leptospirosis es de 0,84 muertes por cada 100.000 personas, a nivel mundial. Las limitaciones inadecuadas del sistema de diagnóstico y monitoreo en la mayoría de los países han disminuido la conciencia de la enfermedad dentro de las comunidades médicas y epidemiológicas, lo que contribuye a una subestimación de la carga de leptospirosis. Además, la baja especificidad de los síntomas, el desempeño diagnóstico relativamente deficiente de las pruebas diagnósticas y la estrategia de vigilancia de la leptospirosis tuvieron un impacto negativo en la notificación de casos [1].

Algunos estudios demuestran que la transmisión de la leptospirosis puede ocurrir por contacto directo con animales infectados o, más comúnmente, por contacto indirecto con agua o suelo contaminado con orina de animales infectados. Las leptospirosis ingresan al cuerpo penetrando las membranas mucosas o las abrasiones de la piel y se diseminan a través de la vía hematológica [1]. El consumo de leche cruda está muy extendido a escala mundial

y puede variar según los diferentes entornos culturales y sociales. Las enfermedades transmitidas por los alimentos representan una morbilidad y mortalidad sustanciales, y la leche cruda se ha identificado con frecuencia como la fuente de brotes de enfermedades transmitidas por los alimentos. Sin embargo, los tratamientos térmicos (p. ej., pasteurización) y otros tratamientos antimicrobianos aplicados en las industrias de producción de alimentos pueden asegurar la eliminación completa de *Leptospira* [2].

La epidemia de leptospirosis en humanos ocurre anualmente en Tailandia. En este estudio, hemos desarrollado modelos matemáticos para investigar la dinámica de transmisión entre humanos, animales y un ambiente contaminado. Se compararon diferentes modelos de transmisión de leptospirosis que involucran inundaciones y condiciones climáticas, tasa de muda y multiplicación en un ambiente contaminado [4]. En dos grupos estudiados se pudo determinar que el consumo de agua de las fuentes compartidas entre las dos áreas fue diferente. Aquellos cuyas ocupaciones estaban relacionadas con animales o agua ambiental y aquellos que consumían agua de más de dos fuentes tenían más probabilidades de haber sido infectados con leptospirosis [13].

Esta enfermedad infecciosa se transmite principalmente por exposición indirecta a la orina de animales asintomáticos a través del medio ambiente. Como los casos humanos generalmente ocurren después de fuertes lluvias, una hipótesis emergente sugiere que las lluvias vuelven a suspender las leptospirosis junto con las partículas del suelo. Luego, las bacterias se transportan a las aguas superficiales, donde los humanos quedan expuestos. Actualmente se supone que las leptospirosis patógenas pueden sobrevivir en el medio ambiente pero no multiplicarse. Sin embargo, se sabe poco sobre su capacidad para sobrevivir en un entorno de suelo y agua dulce [3].

Un estudio realizado en Colombia proporcionó datos cuantitativos que las *Leptospiras* en el suelo y el agua son una tendencia muy reciente, pero aun así consideran que deben interpretarse con cautela debido a la incertidumbre en la identificación de especies. La leptospirosis que suele adquirir en el ser humano a través del agua contaminada con orina de roedores que entra en contacto directo con las lesiones cutáneas, ojos o mucosas. La enfermedad tiene un importante componente ambiental asociado a las condiciones climáticas y los desastres naturales, como las inundaciones [4].

Entre muchas otras especies de mamíferos, especies de *Leptospira* infecta al ganado, provocando signos agudos en los terneros y enfermedades crónicas en los animales adultos que a menudo conducen a abortos. En América del Sur, e incluso en Uruguay, la exportación de carne vacuna y lácteos son las principales fuentes de ingresos nacionales. A pesar de la importancia de la salud bovina, la inocuidad de los alimentos y la diseminación de la leptospirosis a los humanos relacionados con los bovinos, la información disponible sobre la identidad de *Leptospira* es extremadamente limitada, los serovares que infectan al ganado bovino en Uruguay y el subcontinente sudamericano. En un estudio multicéntrico de 3 años que resultó se logró el aislamiento y la caracterización detallada de 40 cepas de *Leptospira* spp., obtenidos de ganado infectado [13].

La leptospirosis si no se diagnostica y se aplica el tratamiento oportuno, puede complicarse y terminar en algunos casos en la muerte, en esto influye una adecuada y oportuna anamnesis puede confundirse con otras enfermedades con sintomatología similar como es el Dengue, Gripe, hepatitis, Meningoencefalitis viral entre otras más. Es de vital importancia identificar si el paciente estuvo en contacto con la fuente de infección, si labora como agricultor o criador de animales, si se bañó en alguna laguna o presa para de esta manera descartar las enfermedades con similar sintomatología. Esta enfermedad afecta principalmente a los tejidos del hígado y los riñones. Otros órganos, como el páncreas, pueden verse afectados por la vasculitis inducida por leptospirosis. Además, las manifestaciones cardíacas son comunes y la presencia de anomalías transitorias en el ECG se puede encontrar en el 70% de los pacientes. Presentamos un paciente masculino que presentó una leptospirosis atípica que evolucionó con pancreatitis aguda severa, insuficiencia renal aguda y fibrilación auricular. El diagnóstico temprano y la terapia de apoyo adecuada son cruciales para el manejo. La leptospirosis que se presenta con insuficiencia renal suele acompañarse de hemorragia pulmonar y conlleva una alta mortalidad a pesar de la terapia estándar [14].

La neumonía causada por *Leptospira interrogans* es rara pero potencialmente mortal. En la fase temprana, los síntomas inespecíficos de la neumonía por *Leptospira* a menudo llevan a los médicos a un diagnóstico erróneo de influenza u otra enfermedad. En este documento, informamos sobre un hombre de 54 años que presentó tos, fiebre y disnea y fue diagnosticado erróneamente con influenza, pero se confirmó con infección por *Leptospira* con la ayuda de la secuenciación de próxima generación. El posible historial de exposición y la secuenciación de próxima generación durante el manejo de infecciones con causas desconocidas son importantes [14].

Por otra parte, [11] consideran que la hemorragia pulmonar fue una causa predominante de muerte por leptospirosis en Seychelles y la Isla Reunión. Porque siete de los pacientes hospitalizados (13,5%) desarrollaron una forma pulmonar, dos de los cuales fallecieron. Las formas pulmonares, el género masculino, el retraso en el tratamiento, la trombocitopenia, la oliguria y la hemoptisis se asocian con casos fatales en diferentes estudios a nivel mundial, también la anemia severa y la presencia de dolor abdominal al ingreso se asociaron significativamente con la muerte. También encontraron que la trombocitopenia era más grave en los casos mortales que en los pacientes en recuperación tampoco pudieron encontrar una mayor mortalidad en las formas graves en comparación con las formas no complicadas, lo que probablemente se deba a la falta de información de los pacientes que fallecieron al ingreso.

En Filipinas cuando por fuertes lluvias se incrementaron los casos de leptospirosis y se elevó la mortalidad al

26% pesar de la aplicación de la terapia estándar siendo la principal causa de muerte por hemorragia pulmonar [14].

Según [15] la leptospirosis grave puede causar insuficiencia multiorgánica, incluidos los riñones, el hígado, el corazón y pulmones. Las manifestaciones cardíacas de la leptospirosis incluyen electrocardiografía no específica arritmias, miocarditis, pericarditis, endocarditis, arteritis coronaria aguda, aortitis y shock cardiogénico. La incidencia y la fisiopatología exacta de la cardiopatía. Se desconocen las manifestaciones de la leptospirosis. Un estudio realizado en la India informó que el 56% de los pacientes con leptospirosis tenían compromiso cardíaco y el 52% de ellos tenían cambios en el ECG. Un análisis retrospectivo de casos de leptospirosis con autopsia reveló que 41 de 44 casos tenían compromiso cardiovascular de los cuales se encontró miocarditis histológicamente en 100% de los casos, compromiso endocárdico en 39%.

Motivados por las severas complicaciones de esta infección, en la presente investigación se propone un sistema de recomendaciones para la evaluación epidemiológica de la leptospirosis de manera oportuna.

3 Materiales y métodos

Los sistemas de recomendaciones son técnicas de filtrado de información que tienen por objetivo facilitar o asistir al usuario en la toma de una decisión [16]. Estos sistemas basan su funcionamiento en la selección y clasificación de información de acuerdo con los requerimientos del usuario [17]. Para esta investigación se utilizará un enfoque basado en conocimiento. Los modelos de recomendación basados en conocimiento realizan sugerencias haciendo inferencias sobre las necesidades del usuario y sus preferencias. El sistema de recomendaciones que se propone en esta investigación tiene como objetivo servir como herramienta de apoyo en la determinación de criminalidad en muertes de niños o niñas. Consta de cuatro procesos principales: creación de la base de perfiles de la persona, obtención de los perfiles de la persona, filtrado y generación de las recomendaciones a partir del perfil de semejanza. La Figura 1 muestra un esquema con el funcionamiento del sistema de recomendaciones propuesto.

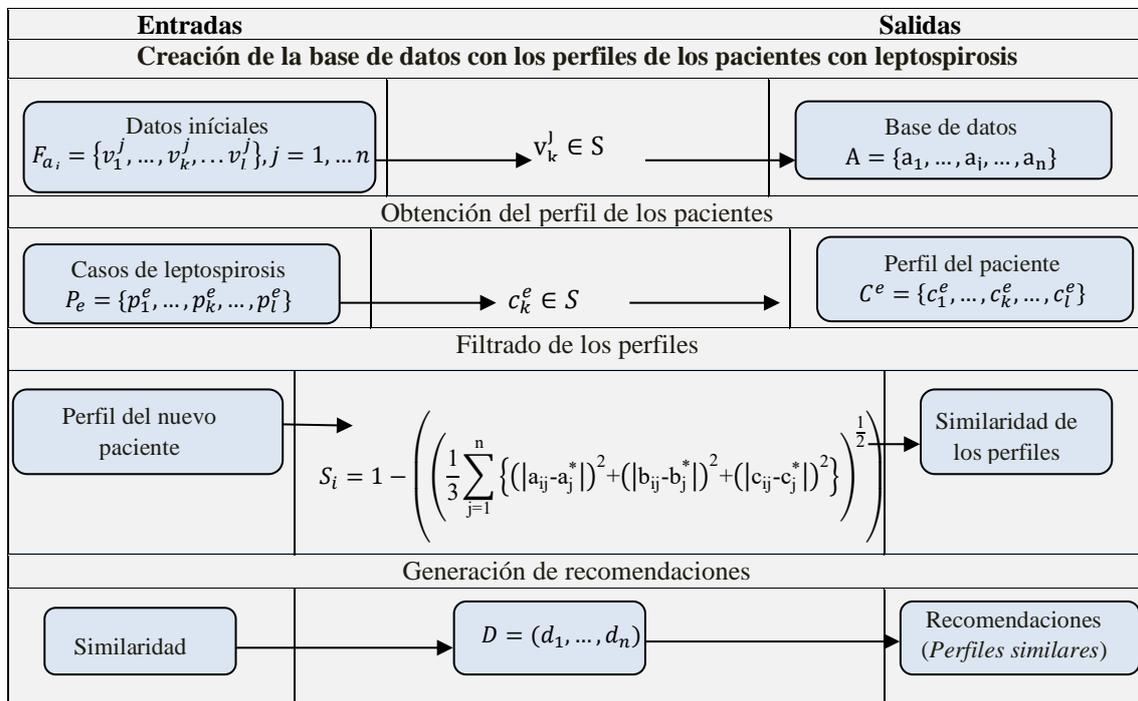


Figura 1: Esquema general del funcionamiento del sistema de recomendaciones.

El sistema de recomendación propuesto se basa en conocimiento. Permitiendo representar términos lingüísticos y la indeterminación mediante números SVN [18], [19]. Utiliza como base de inferencia la propuesta de Corcón [20, 21]. A continuación, se presenta el flujo de trabajo para las diferentes actividades:

Actividad 1. Creación de la base de datos con los perfiles de los pacientes con manifestaciones de leptospirosis:

Cada una de los casos a_i es descrito mediante el grupo de condiciones determinándose el perfil de los pacientes tal como muestra la expresión 1.

$$C = \{c_1, \dots, c_k, \dots, c_l\} \quad (1)$$

Los perfiles pueden ser obtenidos de forma directa a partir de los algoritmos computacionales utilizados para la captura de datos de los pacientes desde las Historias Clínicas Digitales:

$$F_{a_j} = \{v_1^j, \dots, v_k^j, \dots, v_l^j\}, j = 1, \dots, n \quad (2)$$

Las valoraciones de las características de los pacientes, a_j , serán expresadas utilizando la escala lingüística S , $v_k^j \in S$ donde $S = \{s_1, \dots, s_g\}$ es el conjunto de términos lingüísticos definidos para evaluar la característica c_k utilizando los números SVN [22-24]. Los términos lingüísticos a emplear deben ser definidos [25-27]. Cada alternativa descrita conforma el conjunto de casos de pacientes con leptospirosis, con que se nutre el sistema de recomendaciones tal como muestra la expresión 3.

$$A = \{a_1, \dots, a_j, \dots, a_n\} \quad (3)$$

Cada perfil generado por el sistema de recomendación es almacenado en una base de datos [28-30]. Los datos constituyen la base de la inferencia posterior para el sistema de recomendaciones.

Actividad 2. Obtención del perfil de los pacientes con leptospirosis:

En esta actividad se determina la información de los pacientes sobre las preferencias de estos almacenándose en un perfil de modo que [31], [32]:

$$P_e = \{p_1^e, \dots, p_k^e, \dots, p_l^e\} \quad (4)$$

El perfil estará integrado por un conjunto de atributos que caracterizan a los pacientes:

$$C^e = \{c_1^e, \dots, c_k^e, \dots, c_l^e\} \quad (5)$$

Donde $c_k^e \in S$

Este puede ser obtenido mediante el llamado enfoque conversacional y mediante ejemplos los cuales pueden ser adaptados [33], [34], [35], [36].

Actividad 3. Filtrado de los casos

En esta actividad se filtran los casos de acuerdo al perfil almacenado para encontrar cuáles son los más críticos según las características presentes [37], [38].

Con este propósito es calculada la similitud entre el perfil de los pacientes, P_e y cada perfil disponible a_j registrado en la base de datos y que ha sido confirmado como positivo a la leptospirosis. Para el cálculo de la similitud total se emplea la siguiente expresión:

$$S_i = 1 - \left(\left(\frac{1}{3} \sum_{j=1}^n \{(|a_{ij}-a_j^*|)^2 + (|b_{ij}-b_j^*|)^2 + (|c_{ij}-c_j^*|)^2\} \right)^{\frac{1}{2}} \right) \quad (6)$$

La función S calcula la similitud entre los valores de los atributos del perfil de los pacientes actualmente en sospecha de leptospirosis y los almacenados como confirmados con leptospirosis, a_j [39-41].

Actividad 4. Generación de recomendaciones

Una vez calculada la similitud entre el perfil de los pacientes con sospecha de leptospirosis y los almacenados como positivos confirmados con leptospirosis en la base de datos, cada uno de los perfiles se ordenan de acuerdo a la similitud obtenida representado por el siguiente vector de similitud.

$$D = (d_1, \dots, d_n) \quad (7)$$

La recomendación identificará qué paciente actualmente con sospecha de infección por leptospirosis, tiene mayor grado de probabilidad de ser positivo, según el grado de similaridad con casos anteriores confirmados como positivos a la leptospirosis.

4 Resultados y discusión

La presente sección describe los resultados de la implementación del sistema de recomendaciones para la evaluación epidemiología de la leptospirosis. El sistema permite la obtención de un conjunto de datos que facilitando el trabajo para la recomendación de posible caso positivo a la leptospirosis.

Para la aplicación de la propuesta se parte del conjunto de datos almacenados en la base de datos sobre pacientes que han sido confirmados anteriormente como casos positivos de leptospirosis, de los cuales se han registrado todas sus manifestaciones y cuadro clínico. A continuación se presenta un ejemplo demostrativo a partir del cual se parte de la base de datos que posee:

$$A = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7\} \text{ Descrito por el conjunto de atributos}$$

$$C = \{c_1, c_2, c_3, c_4\}$$

Los atributos se valorarán en la siguiente escala lingüística (Tabla 1). Estas valoraciones serán almacenadas para nutrir la base de datos.

Tabla 1: Términos lingüísticos empleados [42].

Término lingüístico	Números SVN
Extremadamente alto(EA)	(1,0,0)
Muy muy alto (MMA)	(0.9, 0.1, 0.1)
Muy alto (MA)	(0.8,0.15,0.20)
Alto (A)	(0.70,0.25,0.30)
Medianamente alto (MDA)	(0.60,0.35,0.40)
Media(M)	(0.50,0.50,0.50)
Medianamente bajo (MDB)	(0.40,0.65,0.60)
Bajo (B)	(0.30,0.75,0.70)
Muy bajo (MB)	(0.20,0.85,0.80)
Muy muy bajo (MMB)	(0.10,0.90,0.90)
Extremadamente bajo (EB)	(0,1,1)

La Tabla 2 muestra una vista con los datos utilizado en este ejemplo.

Tabla 2: Base de datos de perfiles de pacientes.

	c_1	c_2	c_3	c_4
a_1	MDA	A	M	MA
a_2	M	MMB	MA	MA
a_3	M	MDA	A	MMA
a_4	MDA	A	M	MA
a_5	MDA	A	MA	MA
a_6	M	A	A	MMA
a_7	MDA	A	M	MA

Si una persona u_e , desea recibir las recomendaciones del sistema deberá proveer información al mismo expresando el perfil del menor. En este caso:

$$P_e = \{MDA, A, M, MA\}$$

El siguiente paso en nuestro ejemplo es el cálculo de la similitud entre el perfil del paciente actualmente en sospecha de leptospirosis y los perfiles almacenados en la base de datos que han sido confirmados como positivos a la leptospirosis.

Tabla 3: Similitud entre los perfiles almacenados y el perfil del paciente en sospecha.

a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
1	0.25	0	1	0.75	0.25	1

En la fase de recomendación se devolverán aquellos perfiles que más se acerquen al perfil del paciente actualmente en sospecha. Un ordenamiento de los perfiles basado en esta comparación sería el siguiente.

$$\{a_1, a_4, a_7, a_5, a_2, a_6\}$$

En caso de que el sistema recomendará los dos perfiles más cercanos, estas serían las recomendaciones:

$$a_1, a_4, a_7$$

La aplicación de las recomendaciones provee una vecindad lo más cercano al perfil comparativo para el ejemplo en cuestión la solución es:

$$a_1, a_4, a_7$$

Con la implementación de este sistema, el equipo médico y epidemiológico tendrá una herramienta para analizar la información almacenada en la base de datos de casos confirmados y realizar comparaciones con el perfil del paciente actualmente en sospecha para identificar similitudes y patrones de conducta que relacionen este cuadro clínico en cuestión.

Discusiones

La vigilancia de enfermedades infecciosas involucra al mismo tiempo al sistema de atención de la salud, los laboratorios de salud pública y los epidemiólogos. Los cuatro componentes fundamentales de la vigilancia son la recopilación, el análisis, la difusión y la respuesta, y cada uno de estos dominios contribuye a ellos. La evaluación de un sistema de vigilancia debe ser un enfoque utilizado por las autoridades sanitarias para evaluar su utilidad; en otras palabras, la evaluación de un sistema de vigilancia permite estimar la efectividad y eficiencia del programa de monitoreo, y como resultado mejorarlo. Ecuador, como muchos otros gobiernos, instituyó un sistema de monitoreo que nunca ha sido probado sin embargo se pudo verificar a través de un estudio de sensibilidad a la enfermedad que la región Costa presentó el mejor escenario de sensibilidad a la enfermedad, seguida de la Amazonía y la Cordillera de los Andes [7]. Estudios realizados en Ruanda arrojaron que se necesita conocer más sobre la transmisión de la enfermedad, siendo la población más afectada los trabajadores agrícolas como huésped accidentales durante los periodos lluviosos [43].

Todo individuo tiene riesgo de infectarse ya que los animales domésticos y salvajes son portadores de leptospiras; la población en riesgo varía desde profesionales de la salud, cuidadores de animales, granjeros y trabajadores agrícolas, pescadores, cazadores de roedores, practicantes de deportes acuáticos, personal de la Fuerza Nacional de Respuesta a Desastres (NDRF), personas que se ofrecen como voluntarios en operaciones de rescate en áreas afectadas por inundaciones, trabajadores sanitarios, trabajadores de alcantarillado.

Los seres humanos son huéspedes accidentales y, por lo general, exhiben excreción urinaria de leptospiras durante períodos breves. En los túbulos proximales, las leptospiras colonizan el borde en cepillo del reservorio durante largos periodos, lo que no produce efectos adversos aparentes en el huésped reservorio, pero actúa diseminando el microorganismo. Los humanos pueden desarrollar algunas características clínicas y serológicas de portadores urinarios asintomáticos” como se observa en los huéspedes reservorio. Comprender las redes específicas de intercambio de fuentes de agua y los patrones de contacto entre humanos y animales es útil al diseñar programas de control nacionales y específicos del área para prevenir y controlar los brotes de leptospirosis [13].

El ganado bovino es considerado en muchos países (Asia, África oriental, subcontinente indio, Oceanía y Europa) como una fuente importante de contaminación ambiental por *Leptospira*. De manera similar, actualmente está aumentando la preocupación por el papel de las mascotas en la leptospirosis humana.

Sri Lanka tiene una de las incidencias más altas de leptospirosis humana en todo el mundo. Los brotes de esta infección zoonótica están relacionados con los monzones y las inundaciones. En este país se realizó un estudio de los factores de riesgo asociados con la exposición ambiental, animal y ocupacional. La exposición a ratas no se asoció con un riesgo significativamente. En cambio, también hay que tomar en consideración que el ganado y los animales domésticos son importantes para la transmisión de la leptospirosis a los seres humanos.

Según [13] la leptospirosis es una enfermedad que predomina en climas tropicales, y en la ciudad de Manaus se convierte en epidemia, eventualmente entre diciembre y junio, debido a las recurrentes inundaciones en la región. La aparición de la enfermedad se debe principalmente a factores socioeconómicos, condiciones sanitarias y la presencia o ausencia de un saneamiento básico adecuado en el que encajen los individuos susceptibles. Una de las principales formas de transmisión es a través del contacto con la orina de roedores infectados y presenta una rápida evolución, sin embargo, sin el tratamiento adecuado, el pronóstico se considera desfavorable para la salud del paciente. A partir de los datos recopilados para este estudio, es posible identificar varias fallas en elementos relacionados con las deficiencias de salud pública y saneamiento local que pueden mejorarse fácilmente, como el drenaje adecuado del agua y, especialmente, el control de roedores sinantrópicos. Se espera que este trabajo pueda contribuir a la implementación de acciones públicas en la región y que se puedan realizar más estudios sobre esta problemática.

Se han realizado investigaciones limitadas sobre la distribución de las leptospiras tanto en el medio ambiente como en las especies reservorio. Muchas especies pueden actuar como reservorios, pero los roedores salvajes suelen considerarse los principales reservorios de la leptospirosis humana. Los roedores generalmente adquieren leptospirosis cuando son cachorros y la mantienen como una infección crónica en los túbulos renales, excretando bacterias en la orina a lo largo de su vida, a menudo en cantidades crecientes. Una vez que las leptospiras se excretan en el medio ambiente, pueden sobrevivir en el agua o en el suelo, según las condiciones fisicoquímicas [13].

Conclusión

A partir del desarrollo del sistema de recomendaciones para la evaluación epidemiológica de la leptospirosis, es posible inferir si un paciente con manifestaciones similares a las ya almacenadas, puede relacionarse con un posible caso positivo de leptospirosis. Aunque el sistema implementado constituye una herramienta de apoyo al diagnóstico médico, se deben seguir las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud, donde la leptospirosis en humanos debe diagnosticarse con base en una combinación de datos epidemiológicos y clínicos con pruebas de laboratorio obligatorias para confirmar el diagnóstico. Los médicos a menudo diagnostican la leptos-

pirosis basándose en datos epidemiológicos y clínicos, con confirmación posterior basada en pruebas de laboratorio. Los hallazgos sobre la enfermedad sugieren que debe considerarse en el diagnóstico diferencial clínico entre pacientes adultos febriles, especialmente para hombres, dueños de animales y/o aquellos que trabajan en campos de arroz.

Referencias

- [1] T. De Brito, A. M. G. d. Silva, and P. A. E. Abreu, "Pathology and pathogenesis of human leptospirosis: a commented review," *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, vol. 60, 2018.
- [2] O. Zubach, O. Semenyshyn, L. Vasiuynets, O. Velychko, and A. Zinchuk, "Application of PCR for Specific Diagnosis of Leptospirosis in Humans in Ukraine," *Polish Journal of Microbiology*, vol. 69, no. 4, pp. 421-426, 2020.
- [3] E. Bierque, R. Thibeaux, D. Girault, M.-E. Soupé-Gilbert, and C. Goarant, "A systematic review of *Leptospira* in water and soil environments," *PLoS one*, vol. 15, no. 1, pp. e0227055, 2020.
- [4] R. Shrestha, J. S. McKenzie, M. Gautam, R. Adhikary, K. Pandey, P. Koirala, G. B. Bc, L. C. Miller, J. Collins-Emerson, and S. B. Craig, "Determinants of clinical leptospirosis in Nepal," *Zoonoses and public health*, vol. 65, no. 8, pp. 972-983, 2018.
- [5] A. A. Gómez, M. S. López, G. V. Müller, L. R. López, W. Sione, and L. Giovanini, "Modeling of leptospirosis outbreaks in relation to hydroclimatic variables in the northeast of Argentina," *Heliyon*, vol. 8, no. 6, pp. e09758, 2022.
- [6] J. D. Gutiérrez, "Effects of meteorological factors on human leptospirosis in Colombia," *International Journal of Biometeorology*, vol. 65, no. 2, pp. 257-263, 2021.
- [7] M. L. Calero, and G. Monti, "Assessment of the Current Surveillance System for Human Leptospirosis in Ecuador by Decision Analytic Modeling," *Frontiers in public health*, vol. 10, 2022.
- [8] M. P. Z. Gavilanes, L. L. Pérez, M. V. G. Santana, T. I. V. Moreir, L. E. V. Loor, R. R. V. Mejía, R. F. Duarte, C. B. Goycochea, and J. C. C. Cuenca, "Seroprevalence of antibodies against *Leptospira* spp. in pigs raised in Portoviejo, Ecuador," *Revista Cubana de Medicina Tropical*, vol. 72, no. 3, pp. 1-14, 2020.
- [9] B. Pineda Burgos, P. Romero Rodríguez, E. García y González, E. Flores López, P. Hernández Ruiz, G. Olivar Valladolid, E. Fitz Sánchez, and J. L. Ponce, "Seroprevalencia de anticuerpos anti-*Leptospira* spp. en estudiantes de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Costa Grande de Guerrero, México," *Revista Cubana de Medicina Tropical*, vol. 72, no. 2, 2020.
- [10] S. D. Abate, M. Winter, B. Brihuega, D. E. Birochio, A. Antonuci, J. Petrakivsky, and A. Marcos, "Seroprevalencia de anticuerpos anti *Leptospira* en jabalíes (*Sus scrofa*) del extremo sur de la provincia de Buenos Aires," *XXII Reunión Científico Técnica*, 2018.
- [11] L. Biscornet, J. de Comarmond, J. Bibi, P. Mavingui, K. Dellagi, P. Tortosa, and F. Pagès, "An observational study of human leptospirosis in Seychelles," *The American journal of tropical medicine and hygiene*, vol. 103, no. 3, pp. 999, 2020.
- [12] K. B. Karpagam, and B. Ganesh, "Leptospirosis: a neglected tropical zoonotic infection of public health importance—an updated review," *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases*, vol. 39, no. 5, pp. 835-846, 2020.
- [13] P. E. A. d. C. Gomes, S. d. O. Brilhante, R. B. Carvalho, D. R. d. Sousa, and E. D. F. Daher, "Pancreatitis as a severe complication of leptospirosis with fatal outcome: a case report," *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, vol. 61, 2019.
- [14] E. Pasamba, M. Arakama, R. Danguilan, and M. Mendoza, "Outcome of Adults with Leptospirosis and Renal Failure Treated with Pulse Immunosuppression," *J Kidney*, vol. 4, no. 161, pp. 2472-1220.1000161, 2018.
- [15] S. Rupasinghe, W. Kularatne, and T. Arikaran, "Leptospirosis presenting with myopericarditis and cardiogenic shock—a case report," *Journal of the Postgraduate Institute of Medicine*, vol. 8, no. 1, pp. 1-5, 2021.
- [16] B. B. Fonseca, and O. M. Cornelio, "Sistemas de recomendación para la Gestión de Proyectos. Análisis Bibliométrico," *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, vol. 15, no. 5, pp. 70-84, 2022.
- [17] B. B. Fonseca, and O. M. Cornelio, "Sistemas de Recomendación para la toma de decisiones. Estado del arte," *UNESUM-Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria. ISSN 2602-8166*, vol. 6, no. 1, pp. 149-164, 2022.
- [18] R. G. Ortega, M. Rodríguez, M. L. Vázquez, and J. E. Ricardo, "Pestel analysis based on neutrosophic cognitive maps and neutrosophic numbers for the sinos river basin management," *Neutrosophic Sets and Systems*, vol. 26, no. 1, pp. 16, 2019.
- [19] F. Smarandache, J. E. Ricardo, E. G. Caballero, M. Y. L. Vasquez, and N. B. Hernández, "Delphi method for evaluating scientific research proposals in a neutrosophic environment," *Neutrosophic Sets and Systems*, pp. 204, 2020.

- [20] L. G. P. Cordón, “Modelos de recomendación con falta de información. Aplicaciones al sector turístico,” Universidad de Jaén, 2008.
- [21] M. R. M. Arroyave, A. F. Estrada, and R. C. González, “Modelo de recomendación para la orientación vocacional basado en la computación con palabras [Recommendation models for vocational orientation based on computing with words],” *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol. 15, no. 1, pp. 80, 2016.
- [22] 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.
- [23] 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.
- [24] 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.
- [25] 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.
- [26] 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.
- [27] 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.
- [28] 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.
- [29] C. Marta Rubido, and O. M. Cornelio, “Práctica de Microbiología y Parasitología Médica integrado al Sistema de Laboratorios a Distancia en la carrera de Medicina,” *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río*, vol. 20, no. 2, pp. 174-181, 2016.
- [30] O. Mar, and B. Bron, “Procedimiento para determinar el índice de control organizacional utilizando Mapa Cognitivo Difuso,” *Serie Científica*, pp. 79-90.
- [31] V. Espín Martín, “Sistemas de recomendación semánticos para la compartición de conocimiento y la explotación de tesauros: Un enfoque práctico en el ámbito de los sistemas nutricionales,” 2016.
- [32] J. E. Ricardo, N. B. Hernández, R. J. T. Vargas, A. V. T. Suintaxi, and F. N. O. Castro, “La perspectiva ambiental en el desarrollo local,” *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2017.
- [33] L. Pérez, “Modelo de recomendación con falta de información. Aplicaciones al sector turístico,” Tesis doctoral. Universidad de Jaén, 2008.
- [34] M. Leyva-Vázquez, M. A. Quiroz-Martínez, Y. Portilla-Castell, J. R. Hechavarría-Hernández, and E. González-Caballero, “A New Model for the Selection of Information Technology Project in a Neutrosophic Environment,” *Neutrosophic Sets and Systems*, vol. 32, no. 1, pp. 22, 2020.
- [35] B. B. Fonseca, and O. Mar, “Implementación de operador OWA en un sistema computacional para la evaluación del desempeño,” *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 2021.
- [36] N. Batista Hernández, and J. Estupiñán Ricardo, “Gestión empresarial y posmodernidad: Infinite Study,” 2018.
- [37] K. Pérez-Teruel, M. Leyva-Vázquez, and V. Estrada-Sentí, “Mental Models Consensus Process Using Fuzzy Cognitive Maps and Computing with Words,” *Ingeniería y Universidad*, vol. 19, no. 1, pp. 7-22, 2015.
- [38] F. Smarandache, and M. Leyva-Vázquez, *Fundamentos de la lógica y los conjuntos neutrosóficos y su papel en la inteligencia artificial: Infinite Study*, 2018.
- [39] B. B. Fonseca, O. M. Cornelio, and F. R. R. Marzo, “Tratamiento de la incertidumbre en la evaluación del desempeño de los Recursos Humanos de un proyecto basado en conjuntos borrosos,” *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, vol. 13, no. 6, pp. 84-93, 2020.
- [40] M. Cornelio, “Estación de trabajo para la práctica de Microbiología y Parasitología Médica en la carrera de medicina integrado al sistema de laboratorios a distancia,” *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río*, vol. 20, no. 2, pp. 174-181, 2016.
- [41] N. Caudentey Moreno, and O. Mar-Cornelio, “Monitoreo energético en los laboratorios de la Universidad de las Ciencias Informáticas,” *Ingeniería Industrial*, vol. 37, no. 2, pp. 190-199, 2016.
- [42] R. Sahin, and M. Yigider, “A Multi-criteria neutrosophic group decision making method based TOPSIS for supplier selection,” *arXiv preprint arXiv:1412.5077*, 2014.
- [43] G. B. Delgado, R. C. Cunha, F. A. Vasconcellos, and É. F. da Silva, “A leptospirose bovina e sua importância na saúde única: uma revisão integrativa,” *Research, Society and Development*, vol. 11, no. 3, pp. e58311326702-e58311326702, 2022.
- [44] Vázquez, M. Y. L., Ricardo, J. E., & Hernández, N. B. “Investigación científica: perspectiva desde la neutrosofía y productividad”. *Universidad y Sociedad*, vol 14 no S5 pp 640-649. 2022.

- [45] Ricardo, J. E., Vázquez, M. Y. L., & Hernández, N. B. “Impacto de la investigación jurídica a los problemas sociales postpandemia en Ecuador”. *Universidad y Sociedad*, vol 14 no S5 pp 542-551. 2022.

Recibido: Octubre 10, 2022. **Aceptado:** Diciembre 23, 2022