



Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para la mapificación y monitoreo de zoonosis importantes en salud pública

Application of Geographic Information Systems (GIS) for mapping and monitoring of zoonoses important to public health

Rojas-Tuesta, Guillermo^{1*}

Zea-Mendoza, Otto Angelo¹

Ñaupari-Vásquez, Javier¹

Cárdenas-Quintana, Haydée¹

Gamarra Carrillo, Segundo¹

¹Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú

Recibido: 15 May. 2026 | **Aceptado:** 11 Jun. 2026 | **Publicado:** 20 Jul. 2026

Autor de correspondencia*: 20101073@lamolina.edu.pe

Cómo citar este artículo: Rojas-Tuesta, G., Zea-Mendoza, O. A., Ñaupari-Vásquez, J., Cárdenas-Quintana, H. & Gamarra-Carrillo, S. (2026). Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para la mapificación y monitoreo de zoonosis importantes en salud pública. *Revista de Veterinaria y Zootecnia Amazónica*, 6(2), e1616. <https://doi.org/10.51252/revza.v6i2.1616>

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo general aplicar los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para la mapificación y monitoreo de zoonosis importantes en salud pública. Se analizan tres enfermedades de alto impacto: rabia (Arequipa), brucelosis (Callao) y clamidiosis (Ayacucho). A través del software ArcGis, se elaboraron mapas de monitoreo utilizando los métodos de interpolación de la Distancia Inversa Ponderada (IDW) y del Vecino Más Cercano (NN). Los resultados demuestran que el método IDW permite visualizar una mayor área de influencia, identificando más centros de salud en riesgo, mientras que el método NN ofrece una visión más concentrada de los focos infecciosos. Se concluye que la integración de herramientas SIG es vital para transformar la vigilancia epidemiológica tradicional en una estrategia multisectorial y georreferenciada.

Palabras clave: brucelosis; clamidiosis; interpolación; rabia; salud pública; SIG; zoonosis.

ABSTRACT

The general objective is to apply Geographic Information Systems (GIS) for the mapping and monitoring of significant zoonoses in public health. Three high-impact diseases are analyzed: rabies (Arequipa), brucellosis (Callao), and chlamydiosis (Ayacucho). Using ArcGIS software, monitoring maps were developed employing Inverse Distance Weighting (IDW) and Nearest Neighbor (NN) interpolation methods. The results demonstrate that the IDW method allows for the visualization of a larger area of influence, identifying more health centers at risk, while the NN method offers a more concentrated view of infectious foci. It is concluded that the integration of GIS tools is vital for transforming traditional epidemiological surveillance into a multisectorial and georeferenced strategy.

Keywords: brucellosis; chlamydiosis; interpolation; rabies; public health; GIS; zoonoses.



1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, se estima que las enfermedades zoonóticas afectan a 2,500 millones de personas cada año, provocando aproximadamente 2.7 millones de defunciones (1,2). En los países con menores ingresos, estas patologías representan cerca del 25% de la carga total de enfermedades (3). La relevancia de este grupo de enfermedades es crítica, considerando que el 61% de los patógenos humanos conocidos son zoonóticos y que el 73% de los brotes infecciosos nuevos o recurrentes tienen un origen animal (4).

Las naciones en vías de desarrollo presentan una vulnerabilidad acentuada frente a las zoonosis. Esta situación es producto de la combinación de sistemas sanitarios frágiles, el crecimiento demográfico acelerado y la expansión urbana hacia entornos naturales, lo cual altera los ecosistemas mediante prácticas agrícolas y la caza de fauna silvestre (5,6). En este sentido, Grace et al. (7) sostienen que la pobreza actúa como un factor determinante de riesgo, especialmente en comunidades rurales que coexisten estrechamente con ganado y especies silvestres.

Dentro del panorama epidemiológico de los países en desarrollo, afecciones como la rabia, la brucelosis y la tuberculosis bovina continúan siendo amenazas persistentes (8). Específicamente en el Perú, las investigaciones de Náquira (9) señalan a la hidatidosis, cisticercosis, fascioliasis y toxocariasis como los principales problemas de salud pública de origen zoonótico que requieren atención urgente.

A pesar de la magnitud del problema, el sistema de vigilancia epidemiológica en el Perú —gestionado por el Ministerio de Salud— se ha basado históricamente en la notificación de indicadores estadísticos tradicionales. Existe, por tanto, una necesidad crítica de integrar herramientas tecnológicas avanzadas como los Sistemas de Información Geográfica (SIG), los cuales permitirían un análisis espacial más robusto.

La implementación de los SIG no solo facilita la representación cartográfica de las enfermedades, sino que permite realizar análisis de riesgo bajo variables sociodemográficas y geográficas precisas. Asimismo, el uso de estas herramientas promueve la gestión multisectorial entre las carteras de Agricultura, Salud y Ambiente, robusteciendo la capacidad de respuesta del país. Bajo este enfoque, el presente trabajo se propone aplicar los SIG para el mapeo y monitoreo de zoonosis prioritarias, utilizando métodos de interpolación específicos como la Distancia Inversa Ponderada (IDW) y el Vecino Más Cercano (NN).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para este estudio se utilizó el ANOVA para buscar diferencias entre tratamientos.

El presente estudio se inscribe en un enfoque de investigación no experimental con un diseño descriptivo-transaccional. No se realizó manipulación de las variables, permitiendo un proceso de análisis horizontal de la información recolectada. Para la gestión de los datos, las variables fueron inicialmente catalogadas en una hoja de cálculo (Microsoft Excel) y posteriormente convertidas al formato de base de datos (.dbf) para su procesamiento avanzado en el entorno del software ArcGIS. El análisis espacial se fundamentó en la aplicación de dos algoritmos de interpolación: la Distancia Inversa Ponderada (IDW, por sus siglas en inglés) y el Vecino Más Cercano (NN).

Respecto a la operacionalización de las variables epidemiológicas, el análisis se centró en la relación entre las enfermedades zoonóticas y los métodos de interpolación geoespacial mencionados. Estos procedimientos se aplicaron de forma sistemática en tres escenarios de estudio específicos:

2.1. Rabia (Agente: Rabies virus - RABV)

Se analizó la incidencia en la provincia de Arequipa durante el septenio 2015-2021 (Tabla 1). La data se obtuvo de los registros oficiales del boletín epidemiológico del Ministerio de Salud (MINSA).

Tabla 1. Personas que dieron positivo a rabia canina en la provincia de Arequipa (2015 – 2021)

Distritos	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Arequipa	2	0	0	0	0	0	1
Alto Selva Alegre	2	1	4	0	1	0	0
Cayma	0	3	3	1	5	3	2
Cerro Colorado	0	31	23	23	19	7	43
Jacobo Hunter	0	0	1	0	0	0	0
La Joya	0	0	0	0	1	0	0
Mariano Melgar	11	8	7	5	1	1	1
Miraflores	2	7	1	2	4	0	0
Paucarpata	1	2	1	2	1	2	1
Sachaca	0	1	0	0	0	0	0
Socabaya	1	0	1	2	0	0	1
Uchumayo	0	1	1	0	0	0	0
Yura	0	3	5	11	8	7	9
José Luis Bustamante y Rivero	0	1	0	4	1	0	0

Fuente: Boletín epidemiológico del Ministerio de Salud (10)

2.2. Brucelosis (Agente: *Brucella abortus*)

El área de estudio comprendió la Provincia Constitucional del Callao y los distritos de San Miguel y Puente Piedra. Cabe precisar que la información correspondiente al distrito de La Victoria fue excluida del análisis por criterios de autoría, al considerarse inconsistente para los fines del presente estudio (Tabla 2). Esta sección fue adaptada a partir de los hallazgos de Escobedo (11).

Tabla 2. Número de Personas que dieron positivo al test de brucelosis

Distritos	Positivos
Callao	51.00
Bellavista	4.00
Carmen de la Legua y Reynoso	0.00
La Perla	4.00
La Punta	0.00
Ventanilla	5.00
Puente Piedra	1.00
San Martín de Porres	1.00
San Miguel	1.00

Fuente: Adaptado de Escobedo (2017)

2.3. Clamidiosis (Agente: *Chlamydia abortus*)

Basado en una adaptación del estudio de Loli et al. (12), se evaluó la presencia de esta patología en los distritos de Chumpi, Coracora y Pullo, pertenecientes a la provincia de Parinacochas (Tabla 3).

Tabla 3. Número de animales examinados y que dieron positivo al test de Clamidia

Distrito	Ganado	Positivo
Pullo	34.00	19.00
Coracora	117.00	47.00
Chumpi	33.00	88.00

Fuente: Adaptado de Loli et al (2020)

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Rabia zoonótica

Mediante la aplicación del algoritmo de interpolación de Distancia Inversa Ponderada (IDW), representado en la Figura 1, se determinó que la incidencia de rabia canina en las regiones de Cerro Colorado y Yura

alcanza niveles críticos. El análisis espacial permitió clasificar estas zonas dentro de los rangos de riesgo "extremadamente alto", "muy alto", "alto" e "intermedio alto".

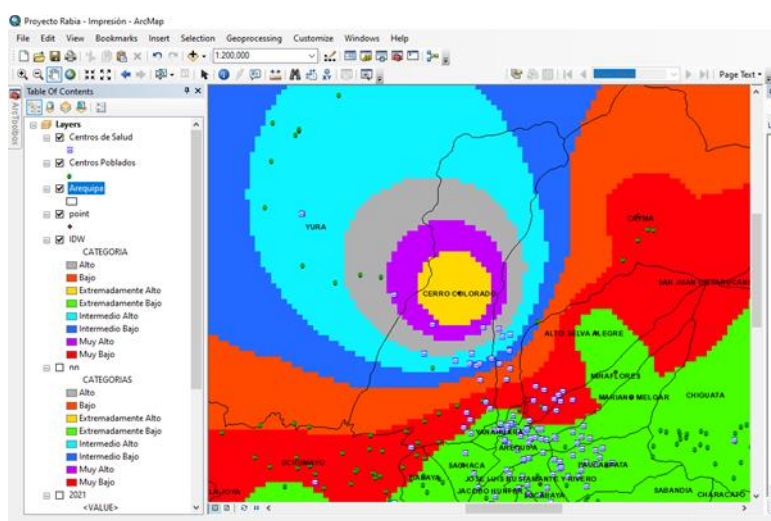


Figura 1. Reclasificación por interpolación de la distancia inversa ponderada de casos de rabia en la provincia de Arequipa

Fuente: Adaptado del boletín epidemiológico del MINSA (10)

En contraste, al emplear el método de interpolación de Vecino más Cercano (NN), tal como se detalla en la Figura 2, se ratificó la prevalencia de la enfermedad en los distritos de Cerro Colorado y Yura. Este hallazgo es significativo, ya que valida de manera independiente los focos de concentración de rabia canina identificados previamente mediante el algoritmo IDW, consolidando a estas zonas como los núcleos epidemiológicos primarios de la provincia de Arequipa.

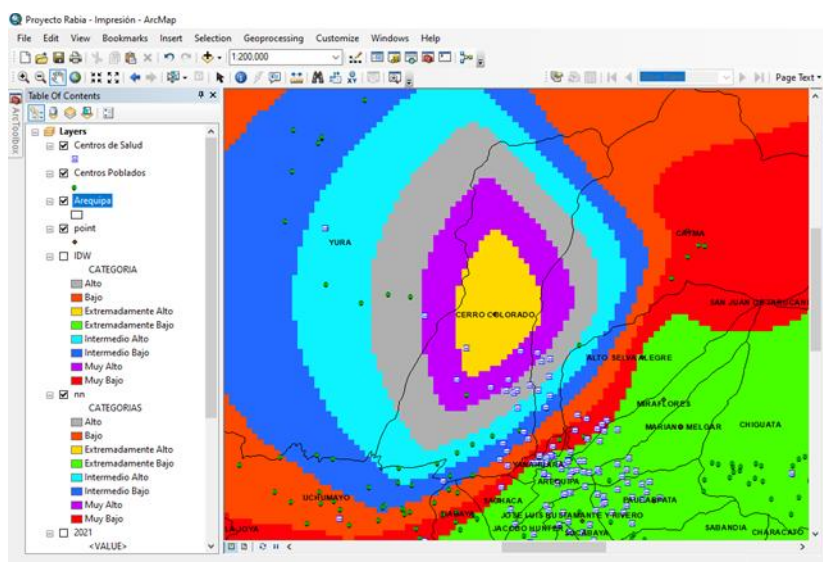


Figura 2. Ráster de reclasificación de interpolación del vecino más cercano para casos de rabia en la provincia de Arequipa

Fuente: Adaptado del boletín epidemiológico del MINSA (10)

Asimismo, el modelo NN permitió una delimitación más específica de las áreas de transición. Bajo este enfoque, los distritos de Cayma y Uchumayo emergieron como las regiones fronterizas con mayor grado de afectación. Esta identificación de zonas limítrofes es crucial para la gestión de salud pública, ya que sugiere rutas de expansión del virus y delimita los puntos estratégicos donde se deben intensificar las barreras sanitarias y las campañas de vacunación para evitar la propagación hacia otras jurisdicciones.

3.2. Brucelosis zoonótica

El análisis mediante el método de Distancia Inversa Ponderada (IDW), representado en la Figura 3, permitió mapear la dispersión epidemiológica de la enfermedad con alta precisión. Los resultados revelan una densidad crítica en el distrito del Callao, donde la incidencia se estratifica en las categorías de riesgo "muy alto", "alto" e "intermedio alto". Asimismo, el modelo cartográfico evidencia un fenómeno de expansión hacia las jurisdicciones colindantes; en este contexto, el distrito de San Martín de Porres destaca como la zona periférica de mayor vulnerabilidad, alcanzando un nivel de afectación "intermedio alto".

Complementariamente, la aplicación del método de Vecino más Cercano (NN), detallado en la Figura 4, permitió delimitar con rigor las áreas de concentración primaria. Este procedimiento ratificó los hallazgos del modelo IDW, consolidando al distrito del Callao como el epicentro de la enfermedad en la región. Bajo este enfoque, se confirmó que San Martín de Porres constituye la franja fronteriza con mayor exposición.

Una ventaja distintiva del método NN en este caso fue la capacidad de segmentar la vulnerabilidad en seis estratos diferenciados: alto, intermedio alto, intermedio bajo, bajo, muy bajo y extremadamente bajo. Esta clasificación multivariada proporciona una herramienta de gestión más granular para las autoridades de salud, permitiendo priorizar intervenciones específicas según el grado de amenaza detectado en cada microzona limítrofe.

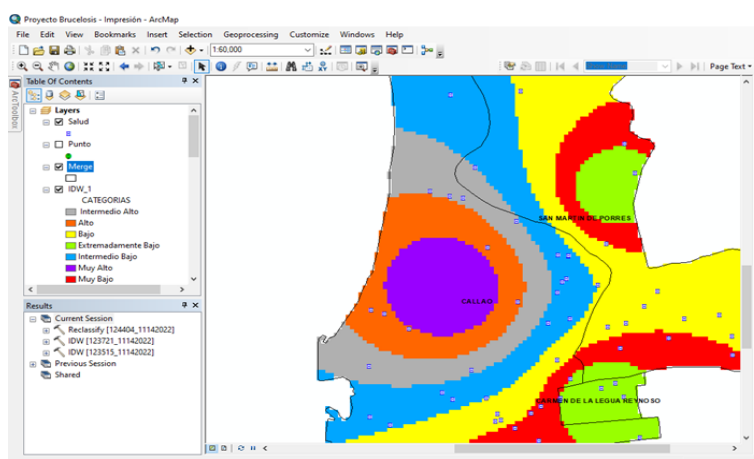


Figura 3. Ráster de reclasificación por interpolación de la distancia inversa ponderada de casos de brucelosis en el área de estudio (Callao y distritos aledaños)
Fuente: Adaptado de Escobedo (11)

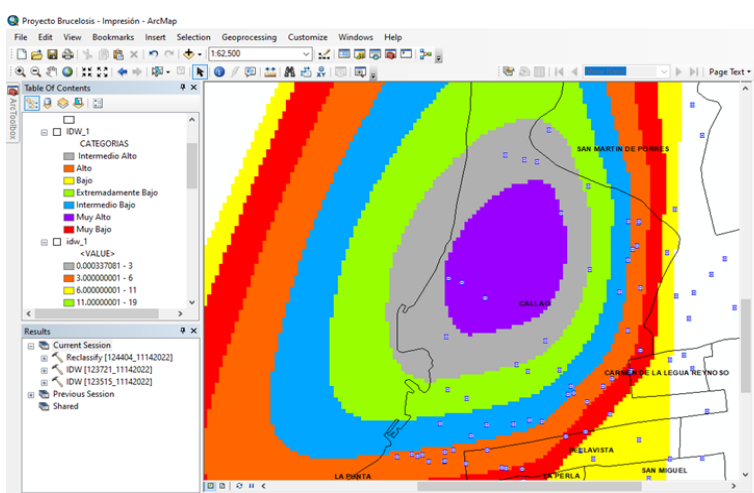


Figura 4. Ráster reclasificado por interpolación del vecino más cercano de casos de brucelosis en el área de estudio (Callao y zonas aledaños)
Fuente: Adaptado de Escobedo (11)

3.3. Clamidiosis zoonótica

Mediante el modelado con el método de Distancia Inversa Ponderada (IDW), expuesto en la Figura 5, se identificó un núcleo de alta prevalencia epidemiológica centrado en el distrito de Chumpi. El análisis espacial permitió determinar que el riesgo de mortalidad se extiende con una intensidad equivalente hacia los distritos vecinos de Coracora y Pullo. A partir de estos hallazgos, se infiere que el factor determinante en la propagación de la *Chlamydia abortus* es el desplazamiento de animales infectados. La estrecha proximidad geográfica entre las zonas de pastoreo y los centros poblados facilita la diseminación del patógeno, consolidando un corredor de riesgo entre estas tres jurisdicciones.

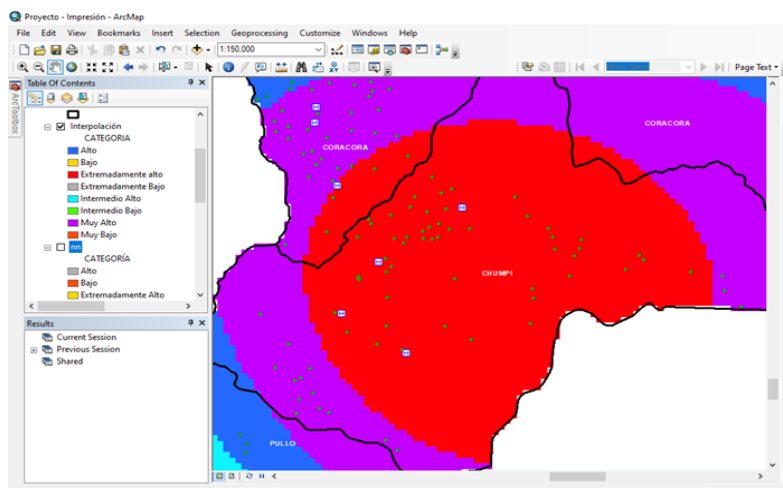


Figura 5. Ráster de reclasificación de interpolación de la distancia inversa ponderada para casos de clamidia en el área de estudio (Chumpi, Coracora, Pullo)

Fuente: Adaptado de Loli et al. (12)

Complementariamente, el análisis basado en el método de Vecino más Cercano (NN), representado en la Figura 6, ratificó el impacto severo de la enfermedad en el distrito de Chumpi y su repercusión directa en Coracora y Pullo. Bajo esta perspectiva técnica, la vulnerabilidad de la zona se encuentra intrínsecamente ligada a la corta distancia lineal entre los asentamientos humanos y los flujos comerciales de ganado. El movimiento constante de animales para la venta en ferias locales y el tránsito pecuario en zonas previamente afectadas actúan como los principales mecanismos de dispersión espacial, lo que explica la homogeneidad del riesgo detectada en el modelo cartográfico.

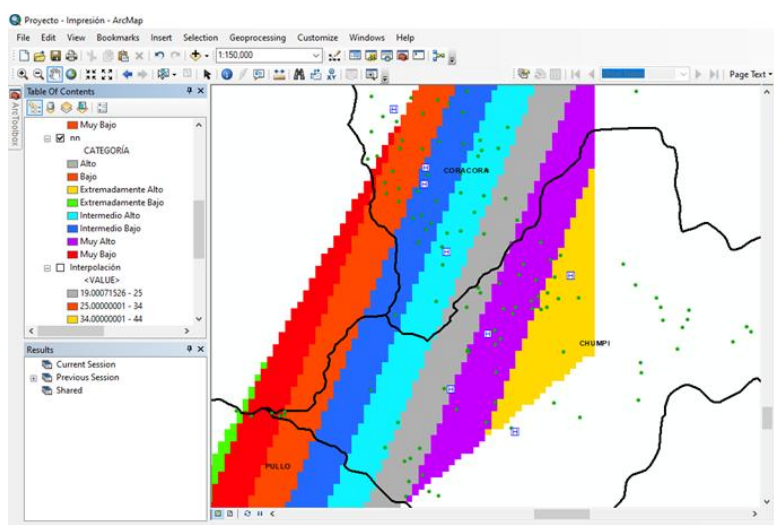


Figura 6. Ráster de reclasificación de interpolación del vecino más cercano para casos de clamidia en el área de estudio (Chumpi, Coracora, Pullo)

Fuente: Adaptado de Loli et al. (12)

3.4. Discusión

Análisis de la Rabia Zoonótica en Arequipa

Al contrastar los modelos de interpolación, se evidencia una disparidad crítica en la cobertura sanitaria: el método de Vecino más Cercano (NN) identifica una reducción del 50% en la cantidad de centros de salud dentro de las zonas de mayor riesgo en comparación con el modelo de Distancia Inversa Ponderada (IDW). Este hallazgo sugiere una posible deficiencia o despriorización en la vigilancia epidemiológica por parte de los establecimientos de salud locales.

Esta observación coincide con las investigaciones de Velásquez (13) y Urday (14), quienes documentaron una alta incidencia de accidentes por mordedura de canes en distritos como Miraflores. La persistencia de la enfermedad, pese a la presencia de centros de salud, podría indicar que la población recurre a servicios veterinarios privados o que el enfoque preventivo del Ministerio de Salud (MINSA) requiere un fortalecimiento en la identificación espacial de los focos de calor.

Dinámica de la Brucelosis en la Provincia del Callao

En el análisis de la brucelosis, el método IDW detectó 23 centros de atención primaria en el área de influencia; no obstante, la persistencia de la patología sugiere que estas unidades priorizan otros programas sanitarios, omitiendo el monitoreo sistemático de esta zoonosis. La alta concentración de casos en el Callao se correlaciona con la ubicación estratégica de centros de faenamiento, como el Camal de Colonial, y la existencia de mataderos clandestinos que actúan como focos infecciosos, fenómeno también descrito por Yoo et al. (15).

Bajo el modelo NN, la cantidad de puestos de salud identificados descendió a 11, lo que representa una disminución del 47.82% respecto al modelo IDW. Ambos métodos ratifican las conclusiones de Escobedo (11) sobre la alta endemicidad del Callao. Sin embargo, resulta imperativo fortalecer las redes de salud mencionadas por dicho autor, las cuales reportan una prevalencia del 41.1%, validando que las herramientas SIG son determinantes para confirmar la presencia del patógeno en el entorno ambiental.

Evaluación de la Clamidiosis en Parinacochas

Para el caso de la clamidiosis, el método IDW identificó únicamente 4 centros de atención en el distrito de Chumpi, una capacidad instalada insuficiente para la magnitud de la población expuesta. Esto permite inferir que el seguimiento epidemiológico ha sido limitado por la carencia de personal especializado o por la priorización de otras afecciones.

El método NN reportó un incremento del 50% en la detección de centros de salud (6 establecimientos) dentro del área afectada. Este resultado del modelo NN proporciona un soporte espacial sólido a la teoría de Loli et al. (12), cuya investigación determinó una prevalencia de la enfermedad del 40.34% en tres distritos de Parinacochas. Así, la interpolación geoespacial se consolida como un método eficaz para validar estadísticamente la distribución de enfermedades en zonas rurales de difícil acceso.

CONCLUSIÓN

Se confirma que la implementación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) constituye una estrategia fundamental y viable para el fortalecimiento de la vigilancia epidemiológica en el Perú. La capacidad de estas herramientas para integrar datos tabulares en modelos geoespaciales permite un monitoreo dinámico y preciso de diversas patologías zoonóticas, facilitando la toma de decisiones basada en la ubicación.

El análisis comparativo determinó que el método de Distancia Inversa Ponderada (IDW) ofrece una visión amplia de la infraestructura sanitaria en las zonas de riesgo, identificando 2 centros de salud para rabia, 23

para brucelosis y 4 para clamidiosis en las áreas de mayor influencia. Estos resultados subrayan la importancia de este algoritmo para visualizar la cobertura teórica frente a la dispersión ambiental de los patógenos.

La aplicación del método de Vecino más Cercano (NN) reveló variaciones críticas en la representatividad de los centros de control. Se observó una reducción significativa en la prevalencia de establecimientos para rabia (50%) y brucelosis (47.82%), lo que indica una concentración de focos infecciosos en áreas con menor presencia institucional. Por el contrario, en el caso de la clamidiosis, el modelo NN reportó un incremento del 50% en la detección de centros de salud, validando este método como una herramienta superior para el análisis en zonas rurales dispersas.

En definitiva, la integración de ambos métodos de interpolación permite identificar brechas en la vigilancia sanitaria nacional, demostrando que la georreferenciación es indispensable para optimizar los recursos de salud pública y mitigar el impacto de las zoonosis en poblaciones vulnerables.

FINANCIAMIENTO

Los autores no recibieron ningún patrocinio para llevar a cabo este estudio-artículo.

CONFLICTO DE INTERESES

No existe ningún tipo de conflicto de interés relacionado con la materia del trabajo.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización, curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, supervisión, validación, redacción -borrador original, redacción -revisión y edición: Rojas-Tuesta, G., Zea-Mendoza, O. A., Ñaupari-Vásquez, J., Cárdenas- Quintana, H. y Gamarra-Carrillo, S.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Asante J, Noredin A, El Zowalaty M. Systematic Review of Important Bacterial Zoonoses in Africa in the Last Decade in Light of the 'One Health' Concept. *Pathogens* [Internet]. 2019 Apr 16;8(2):50. Available from: <https://www.mdpi.com/2076-0817/8/2/50>
2. Grace D, Gilbert J, Randolph T, Kang'ethe E. The multiple burdens of zoonotic disease and an ecohealth approach to their assessment. *Trop Anim Health Prod* [Internet]. 2012 Sep 12;44(S1):67–73. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s11250-012-0209-y>
3. Grace D, Mutua FK, Ochungo P, Kruska RL, Jones K, Brierley L, et al. Mapping of poverty and likely zoonoses hotspots [Internet]. Zoonoses Project 4. Nairobi, Kenya: ILRI: Report to the UK Department for International Development; 2012. Available from: <https://hdl.handle.net/10568/21161>
4. Jones KE, Patel NG, Levy MA, Storeygard A, Balk D, Gittleman JL, et al. Global trends in emerging infectious diseases. *Nature* [Internet]. 2008 Feb;451(7181):990–3. Available from: <https://www.nature.com/articles/nature06536>
5. Allen T, Murray KA, Zambrana-Torrel C, Morse SS, Rondinini C, Di Marco M, et al. Global hotspots and correlates of emerging zoonotic diseases. *Nat Commun* [Internet]. 2017 Oct 24;8(1):1124. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41467-017-00923-8>
6. Gibb R, Redding DW, Chin KQ, Donnelly CA, Blackburn TM, Newbold T, et al. Zoonotic host diversity increases in human-dominated ecosystems. *Nature* [Internet]. 2020 Aug 20;584(7821):398–402. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41586-020-2562-8>
7. Grace D, Lindahl J, Wanyoike F, Bett B, Randolph T, Rich KM. Poor livestock keepers: ecosystem–

- poverty–health interactions. *Philos Trans R Soc B Biol Sci* [Internet]. 2017 Jul 19;372(1725):20160166. Available from: <http://royalsocietypublishing.org/rstb/article/23261>
8. MESLIN FX, STORH K, HEYMANN D. Public health implications of emerging zoonoses. *Rev Sci Tech l'OIE* [Internet]. 2000 Apr 1;19(1):310–7. Available from: <https://doc.oie.int/dyn/portal/index.xhtml?page=alo&aloId=29623>
 9. Naquira C. Las zoonosis parasitarias: problema de salud pública en el Perú. *Rev Peru Med Exp Salud Publica* [Internet]. 2010;27(4). Available from: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342010000400001
 10. Centro Nacional de Epidemiología P y C de E. Vigilancia epidemiológica de enfermedades zoonóticas: rabia [Internet]. 2023. Available from: https://www.saludarequipa.gob.pe/epidemiologia/Alertas/2024/ALERTA_202302_RABIA_HUMANA_URB.pdf
 11. Escobedo M. L, Falcón P. N. Características epidemiológicas y clínicas de infecciones por *Brucella melitensis* en pacientes del Hospital Nacional “Daniel A. Carrión”, Callao, Perú (2007-2014). *Rev Investig Vet del Perú* [Internet]. 2018 Sep 6;29(3):1018–24. Available from: <https://revistas.gnbit.net/index.php/veterinaria/article/view/14834>
 12. Loli-Pin JP, Villacaqui-Ayllón E, Morales-Cauti S. Prevalencia de anticuerpos contra *Chlamydomydia abortus* en bovinos de crianza extensiva de tres distritos de Ayacucho, Perú. *Rev Investig Vet del Perú* [Internet]. 2021 Apr 22;32(2):e20011. Available from: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/veterinaria/article/view/20011>
 13. Velasquez Angles F. Frecuencia de perros y evaluación de conocimiento sobre la rabia, en pobladores de una localidad de Arequipa, 2017. Universidad Nacional de San Agustín; 2017.
 14. Urdy Febres AI. Características epidemiológicas y clínicas asociadas a la mordedura de perro y adherencia al tratamiento antirrábico, C.S. Mariano Melgar, Arequipa 2019. Universidad Católica de Santa María; 2020.
 15. Yoo SJ, Choi YS, Lim HS, Lee K, Park MY, Chu C, et al. Seroprevalence and Risk Factors of Brucellosis among Slaughterhouse Workers in Korea. *J Prev Med Public Heal* [Internet]. 2009;42(4):237. Available from: <https://jpmph.org/journal/view.php?doi=10.3961/jpmph.2009.42.4.237>