



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



BICENTENARIO
PERÚ
2024



IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN ARTRÓPODOS VECTORES Y LOS PATÓGENOS ASOCIADOS: ESTRATEGIAS DE VIGILANCIA Y PREDICCIÓN PARA PERÚ

Sexta Edición Diálogos Académicos: Aportes de la Ciencia a Nuestro Desafío Climático

Noviembre 2023 - Lima, Perú



GRUPO IMPULSOR DE
ACCIÓN CLIMÁTICA
DE LA ACADEMIA

IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN ARTRÓPODOS VECTORES Y LOS PATÓGENOS ASOCIADOS: ESTRATEGIAS DE VIGILANCIA Y PREDICCIÓN PARA PERÚ

Dennis A. Navarro Mamani¹, César A. Murga-Moreno²

¹Laboratorio de Microbiología y Parasitología – Sección Virología, Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima 15001, Perú

²Centro de Investigación en Medicina Tropical, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca 6003, Perú

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El cambio climático está teniendo un impacto significativo en los artrópodos de importancia médica, como mosquitos, garrapatas, moscas, pulgas, entre otros (Campbell-Lendrum et al., 2015). Estas variaciones medioambientales están provocando un aumento de la prevalencia y la distribución de enfermedades transmitidas por vectores, lo que supone una amenaza para la salud pública y veterinaria (Thomson y Stanberry, 2022). Uno de los principales efectos es el ascenso de las temperaturas medias, que permite a los artrópodos desarrollarse y reproducirse a temperaturas más altas dándoles una ventaja sobre sus depredadores y competidores. Además, puede provocar que la duración de la temporada de actividad del vector sea más prolongada (Rocklöv y Dubrow, 2020).

Otro efecto del cambio climático es la frecuencia e intensidad de eventos meteorológicos extremos, como las sequías, las inundaciones y los ciclones (Raj y Singh, 2012), acontecimientos que pueden destruir los hábitats de estas especies y obligarlas a buscar nuevos lugares para vivir, provocando una mayor interacción entre los artrópodos, humanos y animales domésticos, elevando el riesgo de transmisión de enfermedades (Marrana, 2022) (Figura 1). Asimismo, la alteración en los patrones de precipitación puede generar un alza en la humedad en algunas regiones, creando condiciones favorables para la proliferación de mosquitos y con esto, el riesgo de transmisión de patógenos (Mojahed et al., 2022; Weiss y Sankaran, 2022).



Figura 1. Cambio climático y los factores que intervienen modificando la interacción de los componentes y su riesgo. Fuente: Elaboración propia

En el siglo XX, la malaria fue una de las principales causas de muerte en Perú (Legua, 2013), sin embargo, los esfuerzos de control han logrado reducir significativamente la incidencia de esta enfermedad. Otras infecciones son las que están incrementando tales como dengue, fiebre amarilla, leishmaniasis, zika y chikungunya (Espinal et al., 2019; Sánchez-Carbonel et al., 2018). El impacto sanitario es más desproporcionado en grupos vulnerables como los niños, ancianos, embarazadas y personas con enfermedades crónicas (MINSa, 2017). Económicamente, también hay un perjuicio al reducir la productividad de los pacientes, la producción en el sector pecuario y los costos de atención médica poco manejables (Baly et al., 2019; Pagès y Cohnstaedt, 2018; Zeru et al., 2020).

A todo esto, algunas políticas vigentes como la Ley Marco sobre Cambio Climático, Ley N° 30754, se centra en la reducción de gases de efecto invernadero para ayudar a mitigar el cambio climático. La Norma Técnica de Salud (NTS) N° 198-MINSA/DIGESA-2023, dispone lo concerniente en el control de vectores, con énfasis en *Aedes aegypti*, mediante el uso de insecticidas, repelentes y vigilancia pasiva. De todas formas, las estrategias están siendo ineficientes por la mínima conformación de equipos multidisciplinarios, falta de recursos, dificultades geográficas y el comportamiento de la población respecto a estos temas. Puntualmente, no hay un plan de vigilancia entomológica con estrategias novedosas, precisas y económicas, que permitan prevenir y predecir el curso de los vectores y enfermedades en un espacio-tiempo determinado. En este estudio, se presenta la estrategia de modelación para evaluar el efecto del cambio climático en el caso del Virus de la Lengua Azul y su principal vector *Culicoides insignis* para los años 2071-2100.

2. HALLAZGOS

Empleando los datos de las ocurrencias del Virus de la Lengua Azul (VLA) y su vector *Culicoides insignis* en Perú, se aplicaron **modelos de nicho ecológico**¹ y **distribución de especies**² que permitan predecir el riesgo de infección y la variabilidad de ocupación geográfica en el periodo 2071-2100. Además, se empleó dos posibles escenarios de **trayectorias socioeconómicas compartidas**³ (SSP126 y SSP585), para representar un escenario optimista representado por la aplicación de medidas de protección climática, y un escenario pesimista representado por un desarrollo impulsado por combustibles fósiles, respectivamente.

Actualmente, el VLA se concentra principalmente en el oriente y norte del país, ocupando once de veinticuatro departamentos. Las ecorregiones que presentaron idoneidad para las ocurrencias fueron los bosques húmedos de Ucayali, bosques montanos de la Cordillera Real Oriental, bosques húmedos del suroeste del Amazonas, bosques secos de Marañón, Yungas peruanos, desierto de Sechura, bosques húmedos de Napo, puna húmeda de los Andes centrales y bosques secos de Tumbes-Piura. El área apta en Perú representa el 77.42% en el escenario climático actual y se reduciría al 31.42% o 12.57% dependiendo de los escenarios climáticos futuros para el 2071-2100, respectivamente (Figura 2).

¹ **Modelamiento de nicho ecológico:** modelamiento matemático considerando condiciones ambientales bajo las cuales la especie tiene la capacidad para subsistir.

² **Modelamiento de distribución de especies:** representación gráfica del espacio geográfico idóneo de una especie.

³ **Trayectorias socioeconómicas compartidas (SSPs):** representación de posibles futuros de la sociedad según la implementación o ausencia de políticas para frenar el cambio climático.

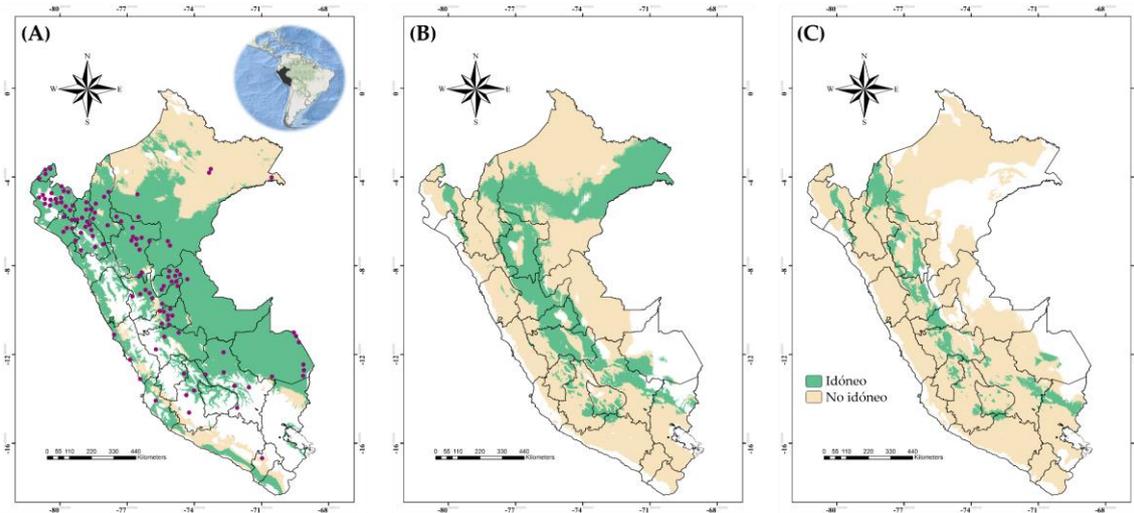


Figura 2. Áreas adecuadas e inadecuadas para la distribución potencial del Virus de la Lengua Azul en Perú bajo (A) el escenario climático actual, (B) escenario para el año 2071-2100 bajo escenario optimista y (C) escenario pesimista. Registros de ocurrencia (puntos morados).

Respecto a *C. insignis*, su distribución actual abarca mayoritariamente el oriente peruano y ocho de los veinticuatro departamentos. En el caso de las ecorregiones, la idoneidad posiblemente se encuentre en bosques húmedos de Ucayali, bosques montanos de la Cordillera Real Oriental, bosques húmedos del Suroeste Amazónico, bosques secos de Yungas Peruanos y Marañón. A diferencia del VLA, el área adecuada para *C. insignis* en el escenario climático actual aumentaría del 66.33 al 87.02 o 75.80% en el periodo 2071-2100 según el escenario climático (Figura 3).

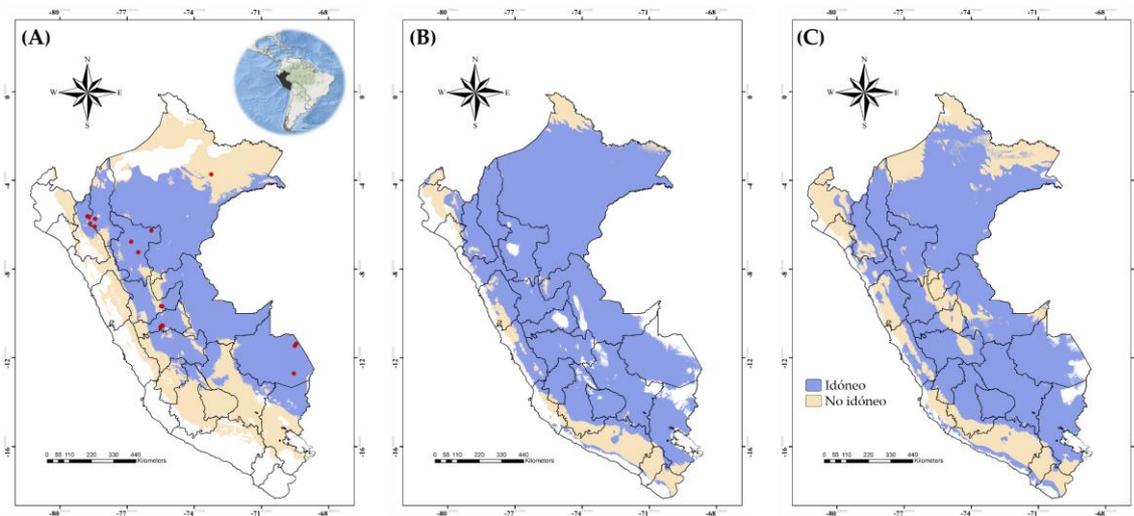


Figura 3. Áreas idóneas y no idóneas para la distribución potencial de Culicoides insignis en Perú bajo (A) el escenario climático actual, (B) escenario para el año 2071-2100 bajo escenario optimista y (C) escenario pesimista. Registros de ocurrencia (puntos rojos).

El mapa de riesgo de VLA en Perú mostró que las zonas de alto riesgo se encuentran principalmente en el oriente del país (escenario climático actual) y representan la mayor cobertura del territorio peruano. Sin embargo, el alto riesgo disminuiría gradualmente desde los escenarios climáticos actuales hasta el periodo futuro 2071-2100, excepto para el extremo

nororiental de Perú, y aumentaría el riesgo moderado en ambos escenarios. Todos los escenarios mostrarían áreas de bajo riesgo que son más bajas que las demás, como se representa en la parte superior de cada mapa como un gráfico circular (Figura 4).

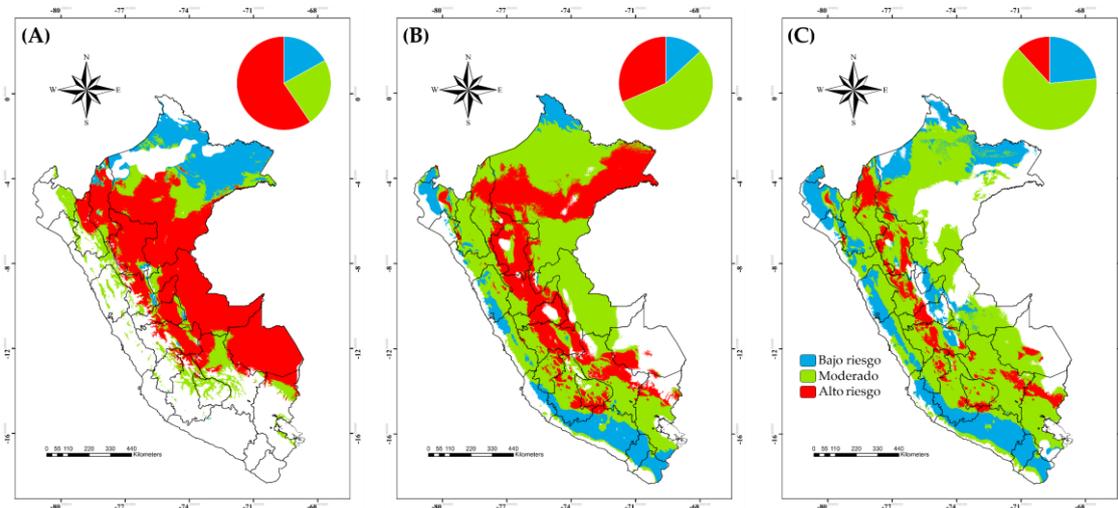


Figura 4. Mapa de riesgo de transmisión del Virus de la Lengua Azul por *Culicoides insignis* en Perú basado en (A) el clima actual, (B) en un escenario optimista para el periodo 2071-2100 y (C) un escenario pesimista. Los colores representan diferentes niveles de riesgo.

Si bien, el modelamiento de la investigación se ha centrado en un virus de interés veterinario y en su vector que es un díptero, la estrategia puede implementarse para cualquier especie de la que se dispongan detalles esenciales como la identificación taxonómica, georreferenciación, datos ambientales, distribución del artrópodo. También, es importante dar cobertura a la mayor parte del territorio y coleccionar las muestras en periodos de tiempo considerables.

3. OPCIONES DE ACCIÓN

En Perú, las opciones de acción para vigilar y predecir la distribución de artrópodos vectores y los patógenos asociados, serían las siguientes:

- **Implementar un sistema de vigilancia entomológica nacional:** Este sistema debería incluir la recolección de datos sobre la presencia, abundancia y distribución de los artrópodos vectores; así como, los factores ambientales que influyen en su proliferación. Los datos se podrían recopilar a través de encuestas, muestreos entomológicos, análisis de imágenes satelitales, entre otros. Este punto es esencial para comprender la distribución y la dinámica de las poblaciones de vectores, plagas o artrópodos en general. El Ministerio de Salud (MINSA) es la principal autoridad sanitaria en Perú y tiene la responsabilidad de la vigilancia entomológica; asimismo, puede delegar la responsabilidad de la ejecución del sistema a instituciones públicas o privadas, siempre que cumplan con los requisitos establecidos. Los demás actores clave que podrían participar en la implementación son los gobiernos locales, la academia y la sociedad civil.
- **Desarrollar modelos predictivos:** Los modelos predictivos podrían utilizarse para estimar cómo el cambio climático afectará la distribución y abundancia futura de los artrópodos

vectores y los patógenos asociados. Estos modelos se podrían basar en datos históricos, datos de vigilancia entomológica y factores ambientales. Los responsables de la salud pública podrían planificar las estrategias de control de manera más efectiva, identificando las áreas que corren un mayor riesgo de transmisión de enfermedades vectoriales. El MINSa tiene la capacidad de recopilar y analizar datos de la vigilancia, también, de implementar los modelos predictivos que generalmente deberían ser desarrollados y probados por el Instituto Nacional de Salud y las universidades peruanas. El Ministerio del Ambiente (MINAM) desempeña un rol importante a través del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), que debería ampliar la cobertura de monitoreo ambiental con un número mayor de estaciones meteorológicas, solo así, se podrán obtener datos confiables de la climatología de cada localidad en todo el territorio.

- **Fortalecer la colaboración entre diferentes sectores:** Es importante que los sectores de salud, agricultura, ambiente y desarrollo urbano trabajen juntos para mejorar la vigilancia y predicción de la distribución de los artrópodos vectores. Esto permitiría desarrollar estrategias de control más efectivas y coordinadas.
- **Educación y sensibilización:** La educación y la sensibilización de la población son esenciales para prevenir la transmisión de enfermedades vectoriales. Las personas deben comprender cómo los vectores transmiten enfermedades, cuáles son los signos y síntomas y cómo pueden protegerse a sí mismas y a sus familias. La educación y la sensibilización también pueden ayudar a cambiar los comportamientos que contribuyen a la proliferación de vectores, como la acumulación de agua estancada. Las labores iniciales deben partir del MINSa, seguidos del MINAM, Ministerio de Educación, gobiernos regionales y locales y las organizaciones no gubernamentales. Se debe procurar llegar a las poblaciones que a menudo no son alcanzadas por las acciones oficiales. Las medidas deben ser continuas y sostenidas, desarrollando campañas educativas, actividades presenciales y distribuyendo material educativo afín. Complementariamente, la información educativa podría ser difundida a través de diferentes canales de comunicación, como la radio, televisión, prensa y redes sociales; articulando para esto, con el Consejo de la Prensa Peruana y la Sociedad Nacional de Radio y Televisión.

4. LITERATURA CITADA

- Baly, A., Abadi, A., Cabrera, P., Martínez, A., y Van der Stuyft, P. (2019). Pérdida de calidad de vida y carga económica causada por dengue desde la perspectiva de pacientes y sus familiares. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 71(1), 16. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0375-07602019000100003
- Campbell-Lendrum, D., Manga, L., Bagayoko, M., y Sommerfeld, J. (2015). Climate change and vector-borne diseases: what are the implications for public health research and policy? *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 370(1665), 1–8. <https://doi.org/10.1098/RSTB.2013.0552>
- Espinal, M. A., Andrus, J. K., Jauregui, B., Waterman, S. H., Morens, D. M., Santos, J. I., Horstick, O., Francis, L. A., y Olson, D. (2019). Emerging and Reemerging *Aedes* -Transmitted Arbovirus Infections in the Region of the Americas: Implications for Health Policy. *American Journal of Public Health*, 109(3), 387–392. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2018.304849>

- Legua, L. P. (2013). Malaria en el Perú. *Revista Médica Herediana*, 5(3). <https://doi.org/10.20453/rmh.v5i3.436>
- Marrana, M. (2022). Epidemiology of disease through the interactions between humans, domestic animals, and wildlife. In *One Health* (pp. 73–111). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822794-7.00001-0>
- MINSA. (2017). *Guía de Práctica Clínica para la Atención de Casos de Dengue en el Perú*. <https://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/4112.pdf>
- Mojahed, N., Mohammadkhani, M. A., y Mohamadkhani, A. (2022). Climate Crises and Developing Vector-Borne Diseases: A Narrative Review. *Iranian Journal of Public Health*, 51(12), 2664–2673. <https://doi.org/10.18502/ijph.v51i12.11457>
- Pagès, N., y Cohnstaedt, L. W. (2018). Mosquito-borne diseases in the livestock industry. In C. Garros, J. Bouyer, W. Takken, y R. Smallegange (Eds.), *Pests and vector-borne diseases in the livestock industry* (pp. 195–219). Brill | Wageningen Academic. https://doi.org/10.3920/978-90-8686-863-6_8
- Raj, B., y Singh, O. (2012). Study of Impacts of Global Warming on Climate Change: Rise in Sea Level and Disaster Frequency. In *Global Warming - Impacts and Future Perspectives*. InTech. <https://doi.org/10.5772/50464>
- Rocklöv, J., y Dubrow, R. (2020). Climate change: an enduring challenge for vector-borne disease prevention and control. *Nature Immunology*, 21(5), 479–483. <https://doi.org/10.1038/s41590-020-0648-y>
- Sánchez-Carbonel, J., Tantaléan-Yépez, D., Aguilar-Luis, M. A., Silva-Caso, W., Weigl, P., Vásquez-Achaya, F., Costa, L., Martins-Luna, J., Sandoval, I., y del Valle-Mendoza, J. (2018). Identification of infection by Chikungunya, Zika, and Dengue in an area of the Peruvian coast. Molecular diagnosis and clinical characteristics. *BMC Research Notes*, 11(1), 175. <https://doi.org/10.1186/s13104-018-3290-0>
- Thomson, M. C., y Stanberry, L. R. (2022). Climate Change and Vectorborne Diseases. *New England Journal of Medicine*, 387(21), 1969–1978. <https://doi.org/10.1056/NEJMra2200092>
- Weiss, R. A., y Sankaran, N. (2022). Emergence of epidemic diseases: zoonoses and other origins. *Faculty Reviews*, 11, 2. <https://doi.org/10.12703/r/11-2>
- Zeru, M. A., Shibrú, S., y Massebo, F. (2020). Exploring the impact of cattle on human exposure to malaria mosquitoes in the Arba Minch area district of southwest Ethiopia. *Parasites & Vectors*, 13(1), 322. <https://doi.org/10.1186/s13071-020-04194-z>