

# EL NIÑO, LA SALUD Y LA VULNERABILIDAD ECOSINDÉMICA EN AMÉRICA LATINA: PERSPECTIVAS PARA EL EPISODIO 2023-2024

Ivan Ramírez<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Department of Health and Behavioral Sciences, University of Colorado Denver, Denver, USA

<sup>2</sup> Civic Engagement and Climate Justice (CECJ) ThinkLab, University of Colorado Denver, Denver, USA



Ivan Ramírez es miembro de la facultad del Departamento de Ciencias de la Salud y del Comportamiento de la Universidad de Colorado, Denver, EE. UU. Tiene un doctorado en Geografía de la Universidad Estatal de Michigan y una maestría en Clima y Sociedad de la Universidad de Columbia. Como geógrafo que trabaja en geografía sanitaria/médica y cambio ambiental global, su investigación se centra en las intersecciones del clima, El Niño y la salud, y los desastres, así como en la justicia ambiental.

**Palabras clave:** El Niño, clima, salud, ecosindemia, vulnerabilidad social

Citar como Ramírez, I. (2023). El Niño, la salud y la vulnerabilidad ecosindémica en América Latina: perspectivas para el episodio 2023-2024. *Boletín científico El Niño*, Instituto Geofísico del Perú, vol. 10 n.º 12, págs. 4-12.

## Resumen

La aparición de El Niño global en 2023, en medio del año más cálido registrado, ha provocado alertas de peligro en todo el mundo para los gobiernos, las sociedades y la salud pública. En América Latina, muchos países enfrentan, cada pocos años, amenazas sinérgicas derivadas de anomalías hidrometeorológicas relacionadas con El Niño y sus impactos en la salud pública. El último episodio significativo de El Niño, un evento costero en 2017, tuvo consecuencias catastróficas en el noroeste de América del Sur que nos recuerda el episodio extremo de 1997-1998. Una preocupación importante es el surgimiento de epidemias simultáneas de enfermedades infecciosas y la concentración geográfica desigual de la carga de múltiples enfermedades (también conocida como ecosindemia). Este breve artículo destaca la importancia de El Niño como un factor crítico para la salud pública, la

vulnerabilidad social subyacente y el contexto más amplio de vulnerabilidad ecosindémica en Perú y América Latina en general.

## 1. Introducción

La aparición de un episodio global de El Niño después de un episodio costero de El Niño (también conocido como Costero, que significa localizado frente a las costas de Perú y Ecuador) a principios de 2023 ha provocado alertas de peligro en todo el mundo, particularmente en la región de América Latina y el Caribe. El Niño, la fase cálida de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS), que surge de las interacciones océano-atmósfera a lo largo del océano Pacífico ecuatorial, afecta los patrones climáticos globales y locales cada pocos años. Aunque sus efectos en las sociedades, las economías y los ecosistemas pueden variar de un evento a otro en términos de gravedad,

a menudo se asocia El Niño con peligros y extremos relacionados con el agua, el tiempo y el clima (Glantz y Ramírez, 2021). Además, como ilustraron Naranjo et al. (2018), El Niño y su contraparte, La Niña, la fase fría del ENSO, impactan la estacionalidad. Estos climas anómalos y cambios climáticos impactan los ecosistemas acuáticos y terrestres que, a su vez, influyen en las ecologías locales y en la exposición de la población a los peligros (Kovats, 2000; McGregor y Ebi, 2018).

Lo que preocupa tanto a los profesionales de la salud pública, como a los científicos y a los gobiernos, es que El Niño amplificará las temperaturas globales en 2023 y 2024 (Organización Meteorológica Mundial [OMM], 2023). Los cambios ambientales globales a locales de El Niño impactan la salud de la población y, a menudo, exacerbaban los problemas y disparidades de salud preexistentes, incluidas enfermedades transmitidas por vectores, infecciones respiratorias y otras enfermedades infecciosas, así como la calidad del aire y los desafíos de salud mental (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2023a).

## 2. El Niño, la salud y vulnerabilidad social

Al igual que el clima global, El Niño afecta la salud de la población a través de diversas vías, directas e indirectas, como los impactos del calor extremo, los cambios en los agroecosistemas y la hidrología, la disminución de la calidad del aire, los alimentos y el agua, cambios en las ecologías de las enfermedades y el desplazamiento de la población (Gamble et al., 2016). La Figura 1 muestra un modelo simplificado de las vías o trayectorias de El Niño y la salud, compuesto por las interconexiones entre el clima, el medio ambiente y los determinantes sociales que influyen en la vulnerabilidad de la salud. El Niño influye en el clima local y genera peligros hidrometeorológicos (*hydromet*), incluidas inundaciones, temperaturas extremas, tormentas de viento, sequías e incendios forestales en regiones teleconectadas. Varios meses de temperaturas anómalas, tanto ambientales como en aguas costeras, pueden seguirse o coincidir con anomalías de las precipitaciones (seco o húmedo, según la geografía), lo cual, a su vez, provoca inundaciones o sequías que

aumentan los riesgos para la salud. En consecuencia, el clima influye en la transmisión de enfermedades al alterar los entornos locales construidos y naturales que propagan diversos patógenos, lo que aumenta las posibilidades de exposición humana a múltiples enfermedades infecciosas. Los estudios en América Latina han correlacionado a El Niño con epidemias de zika, cólera, malaria y dengue en toda la región (p. ej., Caminade et al. 2017; Gagnon et al., 2002; Ramírez y Lee, 2021; Stewart-Ibarra y Lowe 2013; Petrova et al., 2019).



**Figura 1.** Modelo de El Niño y la salud: las interacciones entre los océanos, el clima, el medio ambiente y la sociedad que inciden en la vulnerabilidad sanitaria.

A menudo, los impactos de El Niño se distribuyen de manera desigual, afectan a algunas poblaciones más que a otras, y se ven moderados por los determinantes sociales de la salud. La Figura 2 muestra los dominios conceptuales de los determinantes sociales que resaltan las condiciones de vida y las necesidades básicas de las comunidades (por ejemplo, aire y agua limpios, alimentos, educación, acceso a la atención médica, ingresos y vivienda) que influyen en la salud y el bienestar (Healthy People 2030, 2023). Dentro del contexto de El Niño, los determinantes sociales representan los factores demográficos,

sociales, económicos y políticos que dan forma a la vulnerabilidad social de las poblaciones, a los peligros hidrometeorológicos y los efectos sobre la salud. Por ejemplo, las poblaciones con mayor acceso a agua potable y saneamiento adecuado tienen mayores posibilidades de prevenir la exposición a enfermedades transmitidas por el agua y reducir las vulnerabilidades sociales y sanitarias (WHO, 2023b).

### Los Determinantes Sociales de la Salud



**Figura 2.** Cinco dominios de determinantes sociales de la salud: 1) educación, 2) atención médica, 3) vecindario y entorno construido, 4) contexto social y comunitario, y 5) estabilidad económica. Fuente: Healthy People 2030 (2023).

Los impactos de El Niño también generan fuentes adicionales de vulnerabilidad que pueden agravar la salud pública (Ebi y Bowen, 2015). Por ejemplo, los impactos climáticos en el entorno construido y las infraestructuras críticas afectan negativamente a la vulnerabilidad social, lo que influye en la forma en que las poblaciones están expuestas a los peligros y les permite responder y afrontar los peligros. Así, durante y después de fenómenos hidrometeorológicos extremos, como inundaciones (Tauzer et al., 2019), los sistemas de agua, saneamiento y energía pueden colapsar, lo que afecta a múltiples sectores, incluidos la educación, la agricultura, la pesca, la industria y la salud pública. A su vez, existen efectos complejos para la salud más allá de la vulnerabilidad a las enfermedades infecciosas que incluyen el

agravamiento de las condiciones crónicas, la desnutrición y las disparidades en la salud mental (OMS, 2023c). Además, tenemos que considerar los resultantes de los efectos a corto plazo y las tensiones a largo plazo en las poblaciones después de los desastres que pueden agravar las condiciones de familias, hogares y medios de vida.

### 3. El Niño y las ecosindemias

Muchos países de América Latina, algunos muy sensibles a El Niño, enfrentan múltiples peligros de enfermedades infecciosas (Pan American Health Organization [PAHO], 2020a), como el dengue, la malaria y la leishmaniasis; por lo tanto, es una preocupación importante que El Niño y sus teleconexiones climáticas aumentarán la vulnerabilidad a las enfermedades infecciosas. La Tabla 1 muestra el número de enfermedades transmitidas por vectores en países seleccionados de América Latina. En 2016, por ejemplo, algunos países notificaron entre nueve (Ecuador) y once (Brasil) enfermedades transmitidas por vectores, así como altas tasas de infecciones diarreicas y respiratorias. Tal variedad de peligros de enfermedades no solo refleja vulnerabilidad social e injusticia sanitaria, con una exposición desproporcionada a necesidades básicas insatisfechas (infraestructura inadecuada) y enfermedades prevenibles, sino que también resalta la idoneidad de la región para infecciones sensibles al clima.

**Tabla 1.** Países seleccionados con alto número de enfermedades transmitidas por vectores en América Latina en 2016.

Enfermedades transmitidas por vectores	Bolivia	Brasil	Colombia	Ecuador	Guatemala	Honduras	Perú
Chagas	x	x	x	x	x	x	x
Chikungunya	x	x	x	x	x	x	x
Dengue	x	x	x	x	x	x	x
Leishmaniasis	x	x	x	x	x	x	x
Filariasis linfática		x					
Malaria	x	x	x	x	x	x	x
Oncocercosis		x		x	x		
Plaga	x	x		x			x
Esquistosomiasis		x					
Fiebre amarilla	x	x	x	x			x
Zika	x	x	x	x	x	x	x
<b>Total</b>	<b>8</b>	<b>11</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>8</b>

Data Source: PAHO (2020a)

Durante y después de los eventos de El Niño, muchos países teleconectados de América Latina reportan múltiples epidemias, incluidas varias enfermedades infecciosas enumeradas en la Tabla 1. Si bien el número de brotes relacionados con El Niño es alarmante, lo que es aún más preocupante es que muchas enfermedades se concentran espacialmente, lo que significa que las comunidades y el personal de salud pública se ven afectados por emergencias sanitarias simultáneas. La convergencia geográfica de peligros de enfermedades superpuestas en algunos lugares se conoce como ecosindemia (Singer, 2009; Ramírez et al., 2018). A diferencia de una epidemia, que se centra en un problema de salud, una ecosindemia se caracteriza por dos o más enfermedades que se concentran y se superponen en una población, impulsadas por vulnerabilidades sociales y exacerbadas por cambios ambientales y climáticos (Ramírez y Lee, 2021; Begou y Kassomenos, 2023). Es importante destacar que una ecosindemia indica a la salud pública que existe una carga excesiva de enfermedad en un lugar. La noción de ecosindemia es particularmente útil para conceptualizar los impactos multiamenazas de El Niño en su relación con el contexto espacial de vulnerabilidad para la salud en algunos lugares.

## 4. El Niño y la vulnerabilidad ecosindémica en el Perú

Perú, históricamente vulnerable a El Niño y a sus impactos en la salud, proporciona un estudio de caso de país ilustrativo para explorar las epidemias como amenazas múltiples y la vulnerabilidad ecosindémica como contexto de alerta para el emergente El Niño de 2023-2024. Por ejemplo, durante los episodios de El Niño de 1982-1983 y 1997-1998, los dos más fuertes del siglo XX, Perú informó temperaturas anómalas, desastres catastróficos relacionados con inundaciones y brotes simultáneos de enfermedades, incluidos aumentos de malaria, cólera, neumonía, conjuntivitis y enfermedades diarreicas (no cólera) (Gueri, 1984; Hajar et al., 2016; Ramírez, 2019). Algunos de estos impactos en la salud se muestran en la Tabla 2, en la que se destacan enfermedades infecciosas seleccionadas y grupos relacionados de infecciones en Perú durante varios episodios de El Niño desde 1997. Durante el evento de 1997-1998, se reportaron

epidemias duales de cólera y malaria, y los casos aumentaron en un 37 % y 1236 % en 1998 respecto a 1997, respectivamente (Ramírez, 2019, página 272). Más recientemente, Perú sufrió tres episodios importantes de El Niño, incluidos eventos sucesivos en 2014-2016 (global), 2017 (Costero) (Takahashi, 2017; Yglesias-González et al., 2023) y otro evento Costero a principios de 2023 (United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs [UNOCHA], 2023). La Figura 3 ilustra la intensidad de las anomalías de la temperatura de la superficie del mar durante cuatro episodios significativos de El Niño. En comparación con el episodio global más reciente (2014-2016), El Niño Costero tuvo un mayor impacto en el Perú debido a su aparición aguda y alerta temprana limitada, aunque el evento anterior (2017) fue sorprendente (Ramírez y Briones, 2017).

**Tabla 1.** Países seleccionados con alto número de enfermedades transmitidas por vectores en América Latina en 2016.

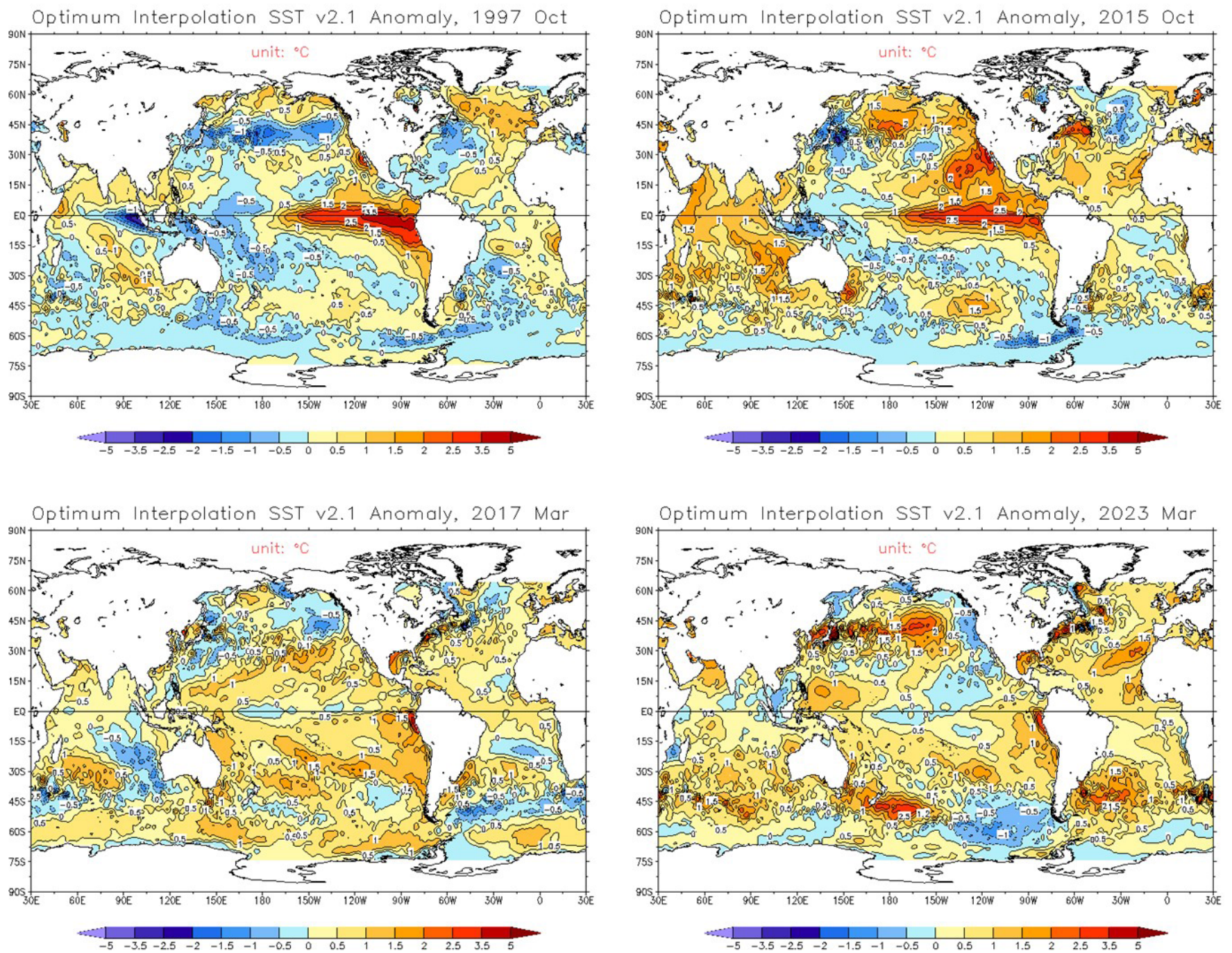
Enfermedad	1997	1998	2014	2015	2016	2017**
Cólera*	3,207	42,853	N/A	N/A	N/A	N/A
Dengue	1,357	988	17,234	35,816	25,159	76,093
Diarreica	N/A	N/A	1,010,745	1,118,569	1,194,505	1,181,169
Leishmaniosis	N/A	N/A	6,849	5,999	7,458	6,023
Leptospirosis	N/A	N/A	34	25	88	545
Malaria	180,338	247,229	65,258	63,192	56,533	55,227
Neumonía	N/A	N/A	25,896	25,158	26,405	26,112
Respiratoria	753,403	809,742	2,582,330	2,626,857	2,793,147	2,595,308
Zika	N/A	N/A	N/A	N/A	1,572	6,099

\* Ya no se informa a partir de 2004

\*\* El Niño Costero

Fuentes: Tabla adaptada de Ramírez y Lee (2021), y Ramírez (2019), usando datos de Yglesias-González et al. (2023)

Durante las inundaciones generalizadas de 2017, surgieron en Perú varias epidemias asociadas con arbovirus como el dengue, chikungunya y zika, así como infecciones zoonóticas como la leptospirosis (Ministerio de Salud del Perú, 2015a; Silva Chávez y Hernández Córdova, 2017; Ramírez y Lee, 2021; Yglesias-González et al., 2023). Como lo indica la Tabla 2, varios recuentos de enfermedades aumentaron después de la aparición de los recientes eventos de El Niño: dengue, infecciones diarreicas y respiratorias en 2015, leptospirosis, neumonía e infecciones respiratorias (no neumónicas) en 2016. De impacto significativo en la salud pública fue el dengue y la leptospirosis, enfermedades con prevalencia tres y seis veces mayor en 2017 respecto al año anterior.

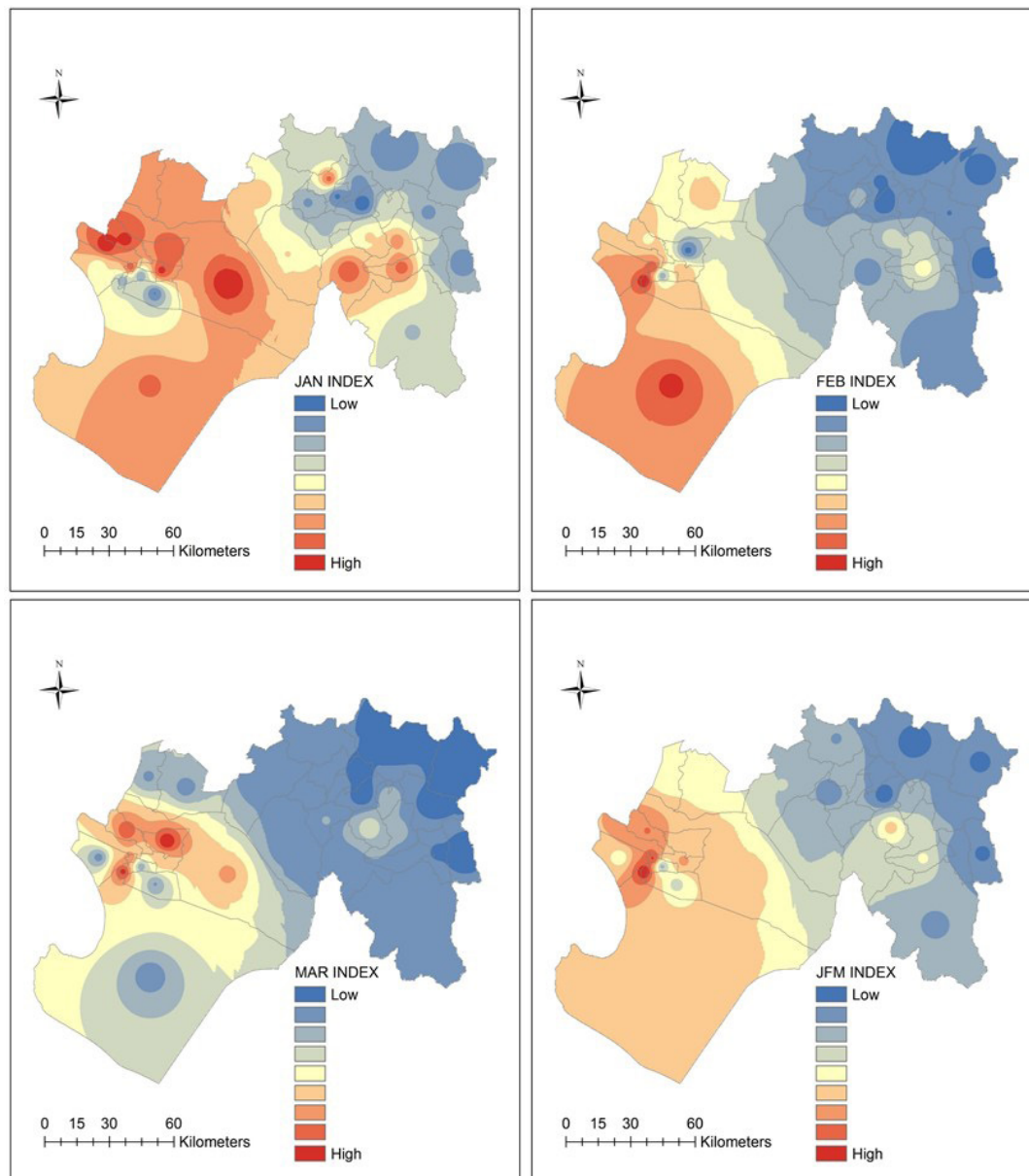


**Figura 3.** Anomalías de la temperatura superficial del mar (°C) en todo el océano Pacífico ecuatorial asociadas con dos eventos El Niño globales y dos eventos El Niño Costeros: oct., 1997 (panel superior izquierdo); oct., 2015 (panel superior derecho); mar., 2017 (panel inferior izquierdo) y mar., 2023 (panel inferior derecho). Fuente: <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/GODAS/monthly.shtml>

### a) El Niño 1997-1998

En un estudio inicial de patrones geográficos de ecosindemias, Ramírez et al. (2018) investigaron la vulnerabilidad de la población a siete enfermedades infecciosas: enfermedad diarreica (no cólera), cólera, dos tipos de malaria, conjuntivitis, infecciones respiratorias (no neumonía) y neumonía durante los impactos de El Niño de enero a marzo de 1998 en una subregión de Piura, ubicada a 1000 km al norte de Lima. Utilizando análisis multivariados y SIG, los autores construyeron y analizaron un índice ecosindémico cuantitativo por semanas y meses en treinta y tres distritos que abarcan desde la costa baja semiárida (oeste) hasta las estribaciones de la sabana

montañosa tropical de los Andes (este). La Figura 4 muestra cómo cambió la distribución espacial de la vulnerabilidad ecosindémica en la subregión. Después del pico de El Niño (por ejemplo, basado en las TSM del Pacífico central y oriental), la vulnerabilidad ecosindémica se intensificó y se extendió desde la costa hacia el este (enero), pero luego se concentró en la costa inmediata (febrero), antes de que la extensión espacial fuera limitada a una zona más pequeña de la costa central (marzo). Las enfermedades más importantes durante estos cambios espaciales de vulnerabilidad ecosindémica fueron la neumonía y las infecciones respiratorias junto con la conjuntivitis y las enfermedades diarreicas (no el cólera) de enero a febrero y, más tarde, la malaria en marzo.

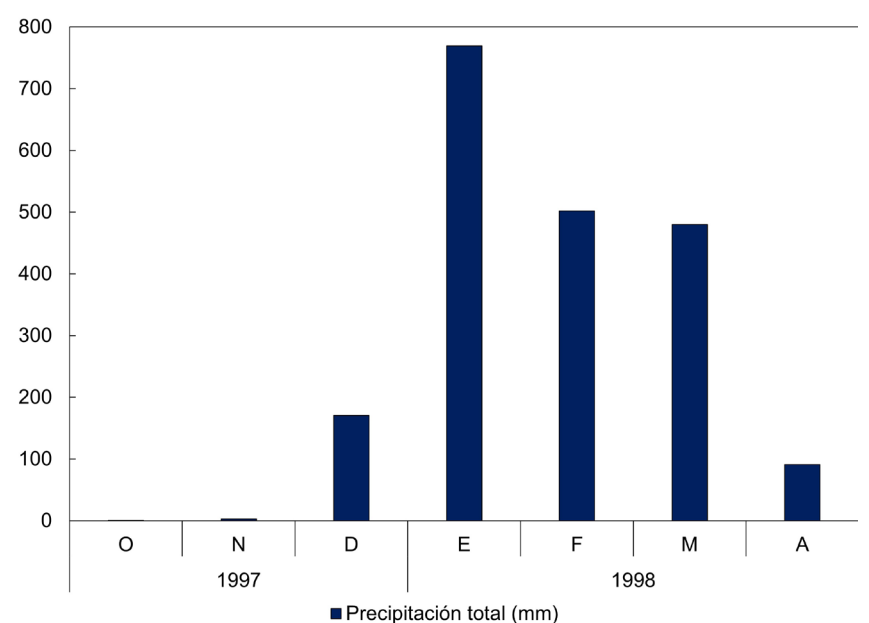


**Figura 4.** Mapa de vulnerabilidad ecosindémica estimada en la subregión de Piura a nivel distrital en enero, febrero, marzo y el trimestre enero-marzo de 1998. Fuente: Mapas de Ramírez et al. (2018)

Aunque no se midió directamente, la cantidad de lluvia reportada durante ese segmento de tiempo sugiere que las inundaciones generalizadas impactaron la carga climática para la salud en Piura. La Figura 5 muestra cómo progresó la precipitación (mm) en los primeros meses de 1998 a lo largo de la costa de Piura. De enero a marzo de 1998, se documentaron aproximadamente 1750 mm de lluvia. Ramírez et al. (2018) también demostraron que la carga de enfermedades ecosindémicas estaba correlacionada con la densidad urbana en zonas bajas y un indicador de vulnerabilidad a desastres que incluía el número total de personas afectadas por El Niño.

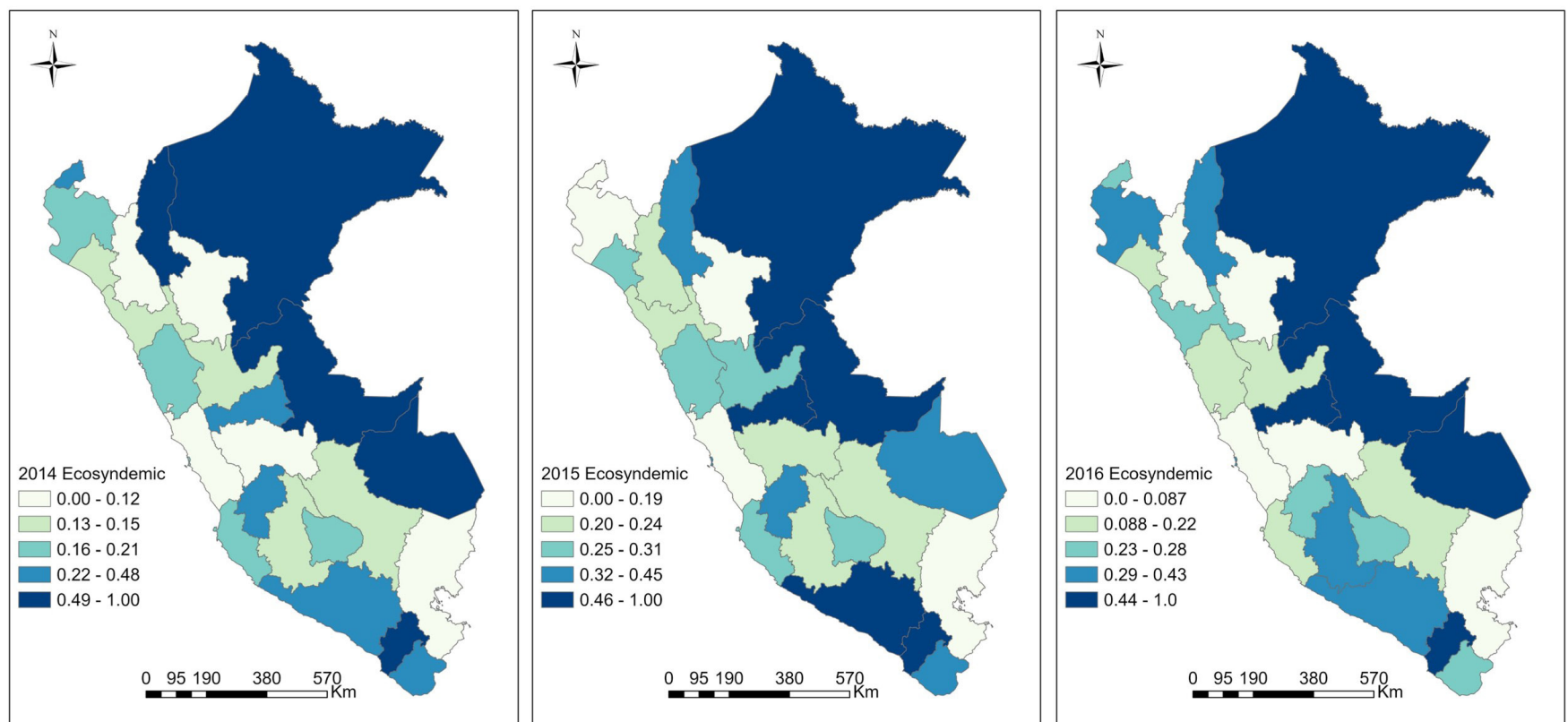
### b) El Niño 2014-2016

Basándose en trabajos anteriores de 1998, Ramírez y sus colegas están investigando el contexto ecosindémico de las enfermedades a nivel subnacional durante El Niño de 2014-2016. Los resultados preliminares



**Figura 5.** Precipitación total (mm) de octubre de 1997 a abril de 1998 en el distrito de Piura (estación meteorológica de Miraflores). Fuente de datos: Universidad de Piura (Privada).

(manuscrito en progreso) muestran que la carga ecosindémica en salud a nivel estatal se concentró en las regiones montañosas y selváticas del Perú de



**Figura 5.** Mapa de vulnerabilidad ecosindémica estimada en las regiones peruanas en 2014, 2015 y 2016. Fuentes: Mapas de Iván J. Ramírez elaborados a partir del uso de datos de informes de situación del Ministerio de Salud, Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades, Perú (2019).

2014 a 2016 (Figura 6), aunque se observan cambios espaciales de vulnerabilidad en salud de año en año en las regiones costeras del norte y sur. La variación espacial de un año a otro sugiere un cambio en el riesgo ecosindémico y justifica una mayor investigación. Por ejemplo, ¿los mayores valores ecosindémicos en la costa norte de Perú (como el caso de Piura) están relacionados con el aumento de las temperaturas y las lluvias en 2016? ¿O hay factores de política social y de salud que influyen en estos patrones? La geografía de la vulnerabilidad ecosindémica se estimó utilizando un índice compuesto cuantitativo compuesto por cuatro indicadores de enfermedades (malaria, dengue, enfermedades diarreicas e infecciones respiratorias); posteriormente, se cartografió en todos los distritos utilizando sistemas de información geográfica (SIG) en ArcGIS Pro (ver. 3.0, ESRI, 2023), siguiendo los métodos de Ramírez et al. (2018).

## 5. Conclusiones

En resumen, este breve artículo destaca la importancia de El Niño para la salud pública y enfatiza el contexto sanitario y social más amplio de vulnerabilidad de la población en América Latina. Si bien se desconoce con precisión cómo afectará El Niño a la salud en 2023-2024 en toda la región, es previsible que los

peligros hidrometeorológicos puedan exacerbar la transmisión y la vulnerabilidad ecosindémica en las regiones teleconectadas, aunque esto puede variar según la fuerza y la dinámica de El Niño, así como las condiciones de vulnerabilidad social y sanitaria de las comunidades. Como ilustra el estudio de caso de Perú, en muchas situaciones, El Niño puede impactar múltiples riesgos de enfermedades infecciosas que cocirculan en comunidades que enfrentan desafíos socioeconómicos y de infraestructura. En este contexto ecosindémico, los sistemas de salud pueden verse sobrecargados; por lo tanto, será importante que los profesionales de la salud pública evalúen la vulnerabilidad espacial de las comunidades a El Niño no solo para comprender los patrones geográficos individuales de las enfermedades, sino también para identificar las sinergias geográficas de múltiples enfermedades que se concentran más en algunos lugares que en otros. El uso de SIG para el monitoreo de enfermedades y vulnerabilidad social es una forma efectiva de abordar los impactos de El Niño, pero lo que también se necesita es desarrollar sistemas de vigilancia ecosindémica que monitoreen grupos de enfermedades y vulnerabilidad social en todos los lugares. Combinar esta información con las áreas de riesgo de El Niño (históricamente teleconectadas e impactadas) dentro de los países puede proporcionar nuevos conocimientos para las

estrategias de prevención y reducción del riesgo de desastres que aborden la vulnerabilidad climática y sanitaria en la región.

Cabe señalar que este artículo se basó en segmentos del artículo "COVID-19 y la vulnerabilidad ecosindémica: implicaciones para los países sensibles a El Niño en América Latina" de Ramírez y Lee (2021). Gracias a las diversas organizaciones en Perú que apoyaron trabajos anteriores (disertación; como Universidad del Pacífico, Universidad de Piura (privada), Ministerio de Salud, Lima y Piura, INEI) y esfuerzos actuales (Instituto Geofísico del Perú-IGP) para examinar El Niño y la salud ecosindémica en Perú. También agradezco a la Universidad de Colorado, Denver, por la subvención y a Carolina Jaime-Anson (candidata a doctorado de HBS) por preparar los conjuntos de datos ecosindémicos de 2014-2016.

## Referencias

- Begou, P., & Kassomenos, P. (2023). The ecosyndemic framework of the global environmental change and the COVID-19 pandemic. *The Science of the total environment*, 857(Pt 2), 159327. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159327>
- Caminade, C., Turner, J., Metelmann, S., Hesson, J. C., Blagrove, M. S., Solomon, T., Morse, A. P., & Baylis, M. (2017). Global risk model for vector-borne transmission of Zika virus reveals the role of El Niño 2015. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 114(1), 119–124. <https://doi.org/10.1073/pnas.1614303114>.
- Ebi, K.L., & Bowen, K. (2015). Extreme events as sources of health vulnerability: Drought as an example. *Weather and Climate Extremes* 11, 95-102.
- Gagnon, A.S., Smoyer-Tomic, K.E., & Bush, A.B. (2002). The El Niño southern oscillation and malaria epidemics in South America. *International Journal of Biometeorology* 46, 81-89.
- Gamble, J.L., Balbus, J., Berger, M., Bouye, K., Campbell, V., Chief, K., Conlon, K., et al. (2016). Ch.9: Populations of Concern. In *The Impacts of Climate Change on Human Health in the United States: A Scientific Assessment*. Washington, DC: U.S. Global Change Research Program, 247–286. <http://dx.doi.org/10.7930/JOQ81B0T>
- Glantz, M.H., & Ramírez, I.J. (2020). Reviewing the Oceanic Niño Index (ONI) to Enhance Societal Readiness for El Niño's Impacts. *Int J Disaster Risk Sci* 11, 394–403. <https://doi.org/10.1007/s13753-020-00275-w>
- Gueri, A. (1984). Lessons learned: Health effects of El Niño in Peru. Disasters: *Preparedness and Mitigation in The Americas*, April 1984.
- Healthy People 2030* (2023). U.S. Department of Health and Human Services, Office of Disease Prevention and Health Promotion. <https://health.gov/healthypeople/objectives-and-data/social-determinants-health>
- Hijar, G., Bonilla, C., Munayco, C.V., Gutierrez, E.L., & Ramos, W. (2016). Fenómeno El Niño y desastres naturales: Intervenciones en salud pública para la preparación y respuesta). *Revista Peru Med Exp Salud Publica* 33(2), 300-310.
- Kovats R. S. (2000). El Niño and human health. *Bulletin of the World Health Organization*, 78(9), 1127–1135.
- McGregor, G.R., & Ebi., K. (2018). El Niño Southern Oscillation (ENSO) and health: An overview for climate and health researchers. *Atmosphere* 9(7), Article 282.
- Ministry of Health, Peru (2015a). *The El Niño phenomenon (Fenomeno de "El Niño")*. <https://www.gob.pe/institucion/minsa/campa%C3%B1as/409-fenomeno-de-el-Niño>.
- Naranjo, L., Glantz, M.H., Temirbekov, S., & Ramírez, I.J. (2018). El Niño and the Köppen-Geiger classification: A prototype concept and methodology for mapping impacts in Central America and the Circum-Caribbean. *International Journal of Disaster Risk Science* 9(2), 224–236.
- Pan American Health Organization (PAHO) (2020). Vector borne diseases (VBD) in the region of the Americas. [http://ais.paho.org/php/viz/cha\\_cd\\_vectorborndiseases.asp](http://ais.paho.org/php/viz/cha_cd_vectorborndiseases.asp).
- Ramírez, I.J. (2019). Exploring tropical variability and extremes impacts on population vulnerability in Piura, Peru: The case of the 1997–98 El Niño. In *Tropical extremes: Natural variability and trends*, ed. V. Vuruputur, J. Sukhatme, R. Murtugudde, and R. Roca, 263–297. New York: Elsevier.
- Ramírez, I.J., & Briones, F. (2017). Understanding the El Niño Costero of 2017: The definition problem and challenges of climate forecasting and disaster responses. *International Journal of Disaster Risk Science* 8(4), 489–492.
- Ramírez, I. J., Lee, J., & Grady, S. C. (2018). Mapping Multi-Disease Risk during El Niño: An Ecosyndemic Approach. *International journal of environmental research and public health*, 15(12), 2639. <https://doi.org/10.3390/ijerph15122639>
- Ramírez, I. J., & Lee, J. (2021). COVID-19 and Ecosyndemic Vulnerability: Implications for El Niño-Sensitive Countries in Latin America. *International Journal of Disaster Risk Science*, 12(1), 147–156. <https://doi.org/10.1007/s13753-020-00318-2>.
- Silva Chávez, J.H., & Hernández Córdova, J.G. (2017). Impact of the El Niño Costero phenomenon on the Peruvian population's health in 2017. *Medwave* 17(8): Article e7052.
- Singer, M. (2009). *Introduction to syndemics: A critical systems approach to public and community health*. San Francisco, CA: John Wiley and Sons.
- Stewart-Ibarra, A.M., & Lowe, R. (2013). Climate and non-climate drivers of dengue epidemics in southern coastal Ecuador.

*American Journal of Tropical Medical Hygiene* 88(5): 971–981.

Takahashi, K. (2017). Física del Fenómeno El Niño “Costero”. *Boletín Técnico El Niño – IGP*, 4(10), 4-7.

Tauzer, E., Borbor-Cordova, M. J., Mendoza, J., De La Cuadra, T., Cunalata, J., & Stewart-Ibarra, A. M. (2019). A participatory community case study of periurban coastal flood vulnerability in southern Ecuador. *PloS one*, 14(10), e0224171. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0224171>

World Health Organization (WHO) (2023a) – *El Niño-Southern Oscillation*. [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/el-nino-southern-oscillation-\(enso\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/el-nino-southern-oscillation-(enso))

FOMS (2023b). *Drinking Water*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

WHO. (2023c). *Climate change and non-communicable diseases: connections*. <https://www.who.int/news/item/02-11-2023-climate-change-and-noncommunicable-diseases-connections>

World Meteorological Organization (WMO). (2023). *2023 shatters climate records, with major impacts*. <https://wmo.int/news/media-centre/2023-shatters-climate-records-major-impacts>

Yglesias-González, M., Valdés-Velásquez, A., Hartinger, S. M., Takahashi, K., Salvatierra, G., Velarde, R., Contreras, A., Santa María, H., Romanello, M., Paz-Soldán, V., Bazo, J., & Lescano, A. G. (2023). Reflections on the impact and response to the Peruvian 2017 Coastal El Niño event: Looking to the past to prepare for the future. *PloS one*, 18(9), e0290767. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0290767>