

Estado del arte de la investigación en salud y cambio climático en México

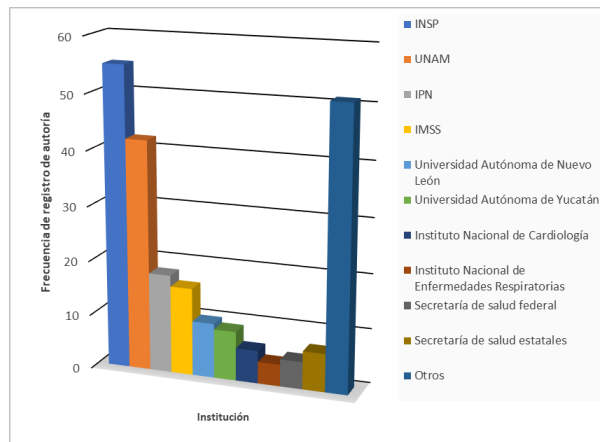
Magali Hurtado-Díaz¹, Karla Rangel-Moreno², Horacio Riojas-Rodríguez³

Para identificar la naturaleza y extensión de la evidencia en México sobre la relación de variabilidad o cambio climático, fenómenos naturales y desenlaces en salud, se realizó una revisión de alcance de estudios publicados entre el 1º de enero del 2000 y el 14 de agosto del 2022. Los criterios de inclusión fueron: 1) estudios que abordan la relación entre la variabilidad o cambio climático y la salud humana en México, 2) que incluyeran al menos una variable meteorológica, 3) que estuvieran escritos en español o inglés. De 1,878 artículos encontrados en las bases de datos PubMed y LILACS, 198 cumplieron los criterios de inclusión, excluyendo 6 por ser duplicados. Se analizaron 106 estudios descriptivos y 86 artículos analíticos.

Las principales instituciones de adscripción, ya sea como autor o co-autor fueron el Instituto Nacional de Salud Pública (INSP), que participó en 55 artículos; la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), en 42; el Instituto Politécnico Nacional (IPN), en 18; y el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), en 16 (véase **Figura 1**). En la UNAM, los principales centros o facultades de adscripción fueron la Facultad de Medicina en 10 artículos, el Instituto de Biología en seis artículos. Por su parte el Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático (ICAYCC), antes Centro de Ciencias de la Atmósfera, la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia y el Instituto de Ecología participaron en cuatro artículos respectivamente. Estas cifras no son excluyentes, ya que investigadores de dos o más instituciones pudieron haber participado en un mismo artículo.

^{1,2,3} Dirección de Salud Ambiental, Centro de Investigación en Salud Poblacional, Instituto Nacional de Salud Pública. Cuernavaca, Morelos, México.

Figura 1. Distribución de publicaciones de acuerdo a la institución del autor o coautor(es)



Fuente: Elaboración propia

Es importante destacar que algunos autores utilizan los términos variabilidad y cambio climático de manera similar, a pesar de que los estudios utilizan series de tiempo cortas y no incluyen proyecciones climáticas, de forma que hacen referencia a la variabilidad climática, factores meteorológicos y/o ambientales asociados a un evento en salud.

Enfermedades transmitidas por vector

La mayoría de la evidencia sobre clima y salud en México se enfoca en las enfermedades transmitidas por vector (ETV), incluyendo la influencia del clima en la fisiología de vectores, modelos estadísticos con análisis de series de tiempo para estimar o predecir cambios en la enfermedad o para abordar cambios potenciales en la distribución de vectores.

Dengue. La evidencia asocia la incidencia de dengue con cambios en la temperatura, la humedad y la precipitación (Díaz-Castro et al., 2017; Eisen et al., 2014; García et al., 2011; Hernández-Aguilar et al., 2021; Leduc-Galindo et al., 2015; Núñez-López et al., 2021; Robles-Fernández et al., 2021; Solís-Navarro et al., 2022), con la altitud de las viviendas (Betanzos-Reyes et al., 2018; Bowman et al., 2016; Escobar-Mesa & Héctor Gómez-Dantés, 2003; Laureano-Rosario et al., 2018; Moreno-Banda et al., 2017; Ordoñez-Sierra et al., 2020; Sánchez-González et al., 2018) y con el fenómeno de “El Niño-Oscilación del Sur” (Hurtado-Díaz et al., 2007; Brunkard et al., 2008; Colón-González et al., 2011). Se han

desarrollado modelos de nicho ecológico para explicar las condiciones propicias para el desarrollo del vector con variables como temperatura mínima del mes más frío, precipitación del mes más lluvioso y estacionalidad de la precipitación (Ordoñez-Sierra et al., 2020).

Paludismo. Se ha observado una asociación negativa entre la presencia de *Anopheles albimanus* que transmite el Paludismo y la altitud (Villarreal-Treviño et al., 2020). Además, al evaluar el índice de intensidad de transmisión de malaria en Oaxaca, se observó que los municipios con el valor más alto se relacionaron con áreas de clima tropical con lluvias en verano y evaporación baja (Hernández-Avila et al., 2006).

Enfermedad de Chagas. Entre las variables que determinan el área de distribución de *Triatoma recurva*, un vector de *Trypanosoma cruzi*, el agente causal de la enfermedad de Chagas, están la temperatura media anual, la precipitación durante el mes más seco, la estacionalidad de la temperatura, la temperatura máxima durante el mes más cálido, la altitud, la estacionalidad y la temperatura media durante el trimestre más seco (Garza et al., 2014; Moo-Llanes et al., 2020; Salazar Schettino et al., 2007; Torres et al., 2020). Además, se ha observado que los determinantes geo-climáticos influyen en su dispersión (Carmona-Castro et al., 2018; Chico-Avelino et al., 2022; Cruz-Reyes & Pickering-López, 2006; Flores-López et al., 2022; Ramsey et al., 2015; Valdez Tah et al., 2015). Estudios de correlación han identificado una asociación positiva de la lluvia y la temperatura con la infestación del vector que transmite esta enfermedad (Guzmán-Gómez et al., 2021). Adicionalmente, se ha observado que los patrones espaciales y temporales de los triatomos y que la distribución de las diferentes especies está influenciada por el clima, la temperatura y la precipitación y tienen un patrón estacional (Chico-Avelino et al., 2022); incluso se ha observado que el incremento de la temperatura en la relación entre el vector y el virus (de Fuentes-Vicente et al., 2018; González-Rete et al., 2019).

Chikungunya. Respecto a la transmisión por chikungunya se ha sugerido que en ciudades a mayor latitud la transmisión no es eficiente (Campbell et al., 2015).

Zika. Estudios han observado que la temperatura del trimestre más cálido contribuye al riesgo de transmisión de Zika (Cunze et al., 2019). No obstante, se ha reportado que el incremento de la temperatura disminuye la capacidad vectorial de los mosquitos (Onyango et al., 2020).

Enfermedad de Lyme. Se ha observado que las regiones de gran altitud y baja temperatura tienen mayor potencial de transmisión de la enfermedad de Lyme (Illoldi-Rangel et al., 2012). También, que la temperatura máxima del mes más cálido, la precipitación del mes más húmedo y la precipitación del trimestre más húmedo determinan en gran proporción la distribución de *Ixodes scapularis*, la garrapata que transmite la enfermedad (Feria-Arroyo et al., 2014)

Leishmaniasis. La leishmaniasis es una enfermedad se ha relacionado con la temperatura y precipitación (González et al., 2010), sugiriéndose que el nicho ecológico podría cambiar con el cambio climático (Moo-Llanes et al., 2013). Adicionalmente, se ha observado que la estacionalidad de la temperatura y la precipitación representan predictores claves de la distribución de la leishmaniasis cutánea, mientras que para la leishmaniasis visceral fueron la estacionalidad de la temperatura y la temperatura media anual (Purse et al., 2017).

Enfermedades infecciosas intestinales

Los agentes patógenos involucrados en las enfermedades infecciosas intestinales son virus, parásitos y bacterias, siendo los más conocidos la Salmonella, Shigella, Escherichia, Vibrio, Campylobacter y Yersinia, que se han asociado con altas temperaturas y precipitación extrema.

P. ej.: se ha identificado que la prevalencia más alta de *Salmonella spp*, se presenta en áreas con temperaturas entre los 35 y 37 °C en el Noroeste de México, así como con precipitaciones superiores a los 1000 mm. No obstante, se ha identificado que el territorio clasificado como árido y xérico, que implica que la humedad comprende solo 180 días al año, limitan su prevalencia y distribución geográfica, por presentar un bajo porcentaje de materia orgánica (Flores Monter et al., 2021).

Eventos respiratorios

Las enfermedades crónicas de las vías respiratorias inferiores (p. ej.: enfermedad pulmonar obstructiva crónica –EPOC–, asma, bronquitis y enfisema pulmonar) son una de las principales causas de muerte en México y se han asociado a los cambios en la temperatura como con la exposición a ozono (O₃).

Estudios han observado el incremento de un 10 % en síntomas respiratorios en niños asmáticos asociados al incremento en los niveles de ozono (O₃), uno de los contaminantes climáticos de vida corta (Escamilla-Núñez et al., 2008) También se ha observado una asociación entre el incremento de O₃ y la mortalidad respiratoria en niños de bajo nivel socioeconómico residentes en la Ciudad de México (Carbajal-Arroyo et al., 2011). Respecto a las variables meteorológicas, las temperaturas superiores a 33.2 °C se han asociado a un incremento en las infecciones respiratorias agudas en menores de 5 años (Escamilla-Núñez et al., 2019).

Asimismo, una revisión rápida de los efectos de la variación de la temperatura y la humedad en la morbilidad y mortalidad por Covid-19 identificó que el aumento de 1 °C en la temperatura reduce 13 % la transmisión del virus, así como 7.5 % su mortalidad; mientras que el incremento de 1g/m³ en la humedad absoluta se asoció con una disminución de 11.41 % en la mortalidad por COVID-19 (Hurtado-Díaz et al., 2020). Adicionalmente, un estudio multi-país que incluyó México, asoció que los casos y la mortalidad por COVID-19 se correlacionaron negativamente con la velocidad del viento (Vali et al., 2021). En la Ciudad de México se sugiere que el número de infecciones diarias confirmadas se relaciona negativamente con la temperatura y que existe una relación positiva con el flujo de entrada de aire (Salcido, A. & Castro, T., 2022), así como una asociación positiva de la exposición a O₃ con los casos de infecciones y muertes por COVID-19 (Kutralam-Muniasamy et al., 2021).

Enfermedades cardiovasculares

Las enfermedades del corazón se ubicaron como la principal causa de mortalidad a nivel nacional y se han asociado tanto con el decremento como el incremento en la temperatura.

La evaluación de la asociación entre la mortalidad por causas cardiovasculares y la temperatura ambiental señaló que la mortalidad por dichas causas en Zonas

Metropolitanas de México fue 7.1 % para temperaturas frías (IC 95 %: 0.01, 14.7) y 7.1 % para temperaturas cálidas (IC 95 %: 0.6, 14.0), respectivamente (Hurtado-Díaz et al., 2019). Adicionalmente se ha generado evidencia sobre la asociación entre las visitas a urgencias por causas cardiovasculares y la exposición a contaminantes climáticos de vida corta. Los resultados sugieren consistentemente una asociación positiva entre la exposición a corto plazo de O₃ con un aumento en las visitas al servicio de urgencias por causas cardiovasculares (Ugalde-Resano et al., 2022).

Enfermedad renal

En años recientes, el incremento de la temperatura ha sido considerados entre los factores de riesgo de la enfermedad renal (ER), debido a los periodos de deshidratación y el metabolismo de ciertas hormonas, como la vasopresina que es esencial para mantener el equilibrio hídrico.

Este padecimiento se ha asociado a episodios repetidos de exposición a temperaturas elevadas, por lo que un estudio evaluó la heterogeneidad espacial por ER en Mesoamérica, observando una tendencia al incremento de la carga de ER a temperaturas máximas medias anuales por encima de los 30 °C y con los cultivos de la caña de azúcar en las costas del Pacífico, principalmente en los hombres (Hansson et al., 2021).

Suicidios

Se ha observado que el patrón de suicidios tiene fluctuaciones estacionales que podrían relacionarse con los cambios en las actividades sociales y la exposición a variables como temperatura y luz solar.

En México la estacionalidad puede incrementar el riesgo de suicidio (RR: 1.24; IC 95 %: 1.16, 1.32) (Yu et al., 2020). Adicionalmente, se ha observado que los días sin lluvia y temperaturas entre 30 °C y 40 °C también se asocian con el suicidio en hombres (Fernández-Arteaga et al., 2016). A pesar de que existe un vacío importante en la investigación sobre la salud mental y la exposición a cambio climático en México, se ha reportado una asociación entre la temperatura y los riesgos asociados a la salud mental como son las tasas de suicidio (Burke et al., 2018). Por otro lado, también se ha evaluado el rol que podría desempeñar la exposición a contaminación atmosférica y la mortalidad

por suicidio. Si bien los resultados de un estudio reportaron asociaciones nulas, se requiere más evidencia que confirme, o no, estos resultados (Astudillo-García et al., 2019).

Alacranismo

La incidencia temporal de las picaduras de alacrán muestra un fuerte patrón estacional que se correlaciona con variables climatológicas.

Resultados de un estudio sobre la incidencia de picaduras de alacrán y variables climatológicas observó menores picaduras de alacrán a temperaturas por debajo de los 16 °C (Chowell et al., 2005). De igual forma se observó que, en las regiones con las temperaturas más altas en el estado de Morelos, por cada 1 °C de aumento en la temperatura se incrementaban los casos de picaduras de alacrán un 9,8 % (Hurtado-Díaz et al., 2017).

Mortalidad por todas las causas

La exposición a temperaturas no óptimas se ha asociado con un incremento en la mortalidad por todas las causas, así como por causas específicas.

Estudios han utilizado la temperatura mínima de mortalidad (TMM) para conocer el mínimo riesgo de mínima mortalidad y, por ende, como indicador de temperatura no óptima. Tobías y cols. (2021) estimaron en un estudio multi país que incluye datos de México, que el rango de la TMM varía entre 14.2 y 31.1 °C y proporciona evidencia sobre la adaptación a largo plazo al clima local (Tobías et al., 2021). En un estudio de series de tiempo se observó que la relación entre la exposición a corto plazo de la temperatura con la mortalidad en las zonas metropolitanas de México era no lineal con forma de U o J invertida; estimando un riesgo de mortalidad por todas las causas de 6.3% para temperaturas frías y 10.2 % para temperaturas cálidas (Hurtado-Díaz et al., 2019). Por otro lado, uno de los pocos estudios con escenarios de cambio climático señaló un incremento en la mortalidad relacionada con el calor entre 3.0 % (-3.0 a 9.3) en América Central a 12.7% (-4.7 a 28.1) en el sureste de Asia bajo el escenario de emisión más alto (Gasparriani et al., 2017).

Sistemas alimentarios

La precipitación y la temperatura se han asociado al consumo de alimentos procesados.

En México se ha reportado que la reducción anual de 0.5 mm en la precipitación y un incremento anual de 0.1 °C, se asociaron con un menor consumo de alimentos no procesados y un mayor consumo de alimentos ultraprocesados, principalmente en las regiones tropicales (López-Olmedo et al., 2021).

Conclusiones y recomendaciones

En los últimos años se ha observado un incremento en la investigación sobre clima y salud en México, utilizando de manera similar los términos de cambio climático y variabilidad climática; aunque, en la mayoría de los estudios, la asociación de interés se evalúa con la variabilidad climática.

La investigación sobre cambio climático se centra principalmente en enfermedades transmitidas por vector y mortalidad con diseños de estudios ecológicos y análisis de series de tiempo, no obstante, se observan estudios con desenlaces en salud que son prioridad en la salud pública.

Falta evidencia sobre otros eventos en salud, otras regiones y otros abordajes:

- P. ej. por ejemplo enfermedades crónicas no transmisibles, desnutrición o mal nutrición, etc.
- Estudios epidemiológicos con mayor causalidad, como los estudios de cohorte.
- Mayor investigación en contaminantes climáticos de vida corta, principalmente en medianas y grandes ciudades.
- Considerar en los estudios la inclusión de potenciales modificadores de efecto. P. ej.: radiación solar.
- Intervenciones de adaptación al cambio climático y sus beneficios en salud.

Es recomendable incidir en la política pública del país con los resultados de estudios desarrollados y promover las colaboraciones entre los distintos grupos de investigación.

Referencias

- Alvarez-Filip, L., González-Barríos, F. J., Pérez-Cervantes, E., Molina-Hernández, A., & Estrada-Saldívar, N. (2022). Stony coral tissue loss disease decimated Caribbean coral populations and reshaped reef functionality. *Communications Biology*, 5(1), 1–10.
- Astudillo-García, C. I., Rodríguez-Villamizar, L. A., Cortez-Lugo, M., Cruz-De la Cruz, J. C., & Fernández-Niño, J. A. 2019. Air Pollution and Suicide in Mexico City: A Time Series Analysis, 2000-2016. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(16). <https://doi.org/10.3390/IJERPH16162971>
- Betanzos-Reyes, Á. F., Rodríguez, M. H., Romero-Martínez, M., Sesma-Medrano, E., Rangel-Flores, H., & Santos-Luna, R. 2018. Association of dengue fever with *Aedes* spp. abundance and climatological effects. *Salud Publica de Mexico*, 60(1), 12–20. <https://doi.org/10.21149/8141>
- Bowman, L. R., Tejada, G. S., Coelho, G. E., Sulaiman, L. H., Gill, B. S., McCall, P. J., Olliaro, P. L., Ranzinger, S. R., Quang, L. C., Ramm, R. S., Kroeger, A., & Petzold, M. G. 2016. Alarm Variables for Dengue Outbreaks: A Multi-Centre Study in Asia and Latin America. *PloS One*, 11(6). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0157971>
- Brunkard, J. M., Cifuentes, E., & Rothenberg, S. J. 2008. Assessing the roles of temperature, precipitation, and ENSO in dengue re-emergence on the Texas-Mexico border region. *Salud Publica de Mexico*, 50(3), 227–234. <https://doi.org/10.1590/S0036-36342008000300006>
- Burke, M., González, F., Baylis, P., Heft-Neal, S., Baysan, C., Basu, S., & Hsiang, S. 2018. Higher temperatures increase suicide rates in the United States and Mexico. *Nature climate change*, 8(8), 723-729.
- Campbell, L. P., Luther, C., Moo-Llanes, D., Ramsey, J. M., Danis-Lozano, R., & Peterson, A. T. 2015. Climate change influences on global distributions of dengue and chikungunya virus vectors. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 370(1665), 1–9. <https://doi.org/10.1098/RSTB.2014.0135>
- Carmona-Castro, O., Moo-Llanes, D. A., & Ramsey, J. M. 2018. Impact of climate change on vector transmission of *Trypanosoma cruzi* (Chagas, 1909) in North America. *Medical and Veterinary Entomology*, 32(1), 84–101. <https://doi.org/10.1111/MVE.12269>
- Carbajal-Arroyo, L., Miranda-Soberanis, V., Medina-Ramón, M., Rojas-Bracho, L., Tzintzun, G., Solís-Gutiérrez, P., ... & Romieu, I. 2011. Effect of PM10 and O3 on infant mortality among residents in the Mexico City Metropolitan Area: a case-crossover analysis, 1997–2005. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 65(8), 715-721.
- Chico-Avelino, M., López-Mejía, A., Ramos-Frías, J., Villafuentes-Téllez, H. A., Menchaca-Armenta, I., Montoya-Ayala, R., Martínez-Calvillo, S., & Manning-Cela, R. G. 2022. Synanthropic triatomines in Hidalgo state, Mexico: Spatial-temporal distribution, domestic transmission cycle, and natural infection with *Trypanosoma cruzi*. *Acta Tropica*, 234, 106618. <https://doi.org/10.1016/J.ACTATROPICA.2022.106618>
- Chowell, G., Hyman, J. M., Díaz-Dueñas, P., & Hengartner, N. W. 2005. Predicting scorpion sting incidence in an endemic region using climatological variables. *International Journal of Environmental Health Research*, 15(6), 425–435.

<https://doi.org/10.1080/09603120500392475>

- Colón-González, F. J., Lake, I. R., & Bentham, G. 2011. Climate variability and dengue fever in warm and humid Mexico. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 84(5), 757–763. <https://doi.org/10.4269/AJTMH.2011.10-0609>
- Cruz-Reyes, A., & Pickering-López, J. M. 2006. Chagas disease in Mexico: an analysis of geographical distribution during the past 76 years - A review. *Memórias Do Instituto Oswaldo Cruz*, 101(4), 345–354. <https://doi.org/10.1590/S0074-02762006000400001>
- Cunze, S., Kochmann, J., Koch, L. K., Genthner, E., & Klimpel, S. 2019. Vector distribution and transmission risk of the Zika virus in South and Central America. *PeerJ*, 7(11). <https://doi.org/10.7717/PEERJ.7920>
- de Fuentes-Vicente, J. A., Gutiérrez-Cabrera, A. E., Flores-Villegas, A. L., Lowenberger, C., Benelli, G., Salazar-Schettino, P. M., & Córdoba-Aguilar, A. 2018. What makes an effective Chagas disease vector? Factors underlying Trypanosoma cruzi-triatomine interactions. *Acta Tropica*, 183, 23–31. <https://doi.org/10.1016/J.ACTATROPICA.2018.04.008>
- Díaz-Castro, S., Moreno-Legorreta, M., Ortega-Rubio, A., & Serrano-Pinto, V. 2017. Relation between dengue and climate trends in the Northwest of Mexico. *Tropical Biomedicine*. <http://dSPACE.cibnor.mx:8080/handle/123456789/1915>
- Eisen, L., García-Rejón, J. E., Gómez-Carro, S., Vázquez, M. D. R. N., Keefe, T. J., Beaty, B. J., & Loroño-Pino, M. A. 2014. Temporal correlations between mosquito-based dengue virus surveillance measures or indoor mosquito abundance and dengue case numbers in Mérida City, México. *Journal of Medical Entomology*, 51(4), 885–890. <https://doi.org/10.1603/ME14008>
- Escamilla-Nuñez, M. C., Barraza-Villarreal, A., Hernandez-Cadena, L., Moreno-Macias, H., Ramirez-Aguilar, M., Sienra-Monge, J. J., ... & Romieu, I. 2008. Traffic-related air pollution and respiratory symptoms among asthmatic children, resident in Mexico City: the EVA cohort study. *Respiratory Research*, 9(1), 1-11.
- Escamilla-Núñez, C., Delgado-Sánchez, G., Castro-Porras, L. v., Ferreira-Guerrero, E., Hernández-Cadena, L., Mongua-Rodríguez, N., Flores-Luna, L., Ferreyra-Reyes, L., Rojas-Martínez, R., Cruz-Hervert, P., Barbosa-Sánchez, L., Texcalac-Sangrador, J. L., Romero-Martínez, M., & García-García, L. 2019. Trends in the prevalence of ARIs and ADDs in early childhood and associated factors: Ensanut 2012 and 100k. *Salud Pública de México*, 61(6), 798–808. <https://doi.org/10.21149/10572>
- Escobar-Mesa, J., & Héctor Gómez-Dantés. 2003. Determinantes de la transmisión de dengue en Veracruz: un abordaje ecológico para su control. *Salud Pública de México*, 45(1), 43–53. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36342003000100006&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Feria-Arroyo, T. P., Castro-Arellano, I., Gordillo-Perez, G., Cavazos, A. L., Vargas-Sandoval, M., Grover, A., Torres, J., Medina, R. F., de León, A. A. P., & Esteve-Gassent, M. D. 2014. Implications of climate change on the distribution of the tick vector Ixodes scapularis and risk for Lyme disease in the Texas-Mexico transboundary region. *Parasites & Vectors*, 7(1). <https://doi.org/10.1186/1756-3305-7-199>
- Fernández-Arteaga, V., Tovilla-Zárate, C. A., Fresán, A., González-Castro, T. B., Juárez-Rojop, I. E., López-Narváez, L., & Hernández-Díaz, Y. 2016. Association between completed suicide and

environmental temperature in a Mexican population, using the Knowledge Discovery in Database approach. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 135, 219–224. <https://doi.org/10.1016/J.CMPB.2016.08.002>

- Flores Monter, Y. M., Chaves, A., Arellano-Reynoso, B., López-Pérez, A. M., Suzán-Azpíri, H., & Suzán, G. 2021. Edaphoclimatic seasonal trends and variations of the *Salmonella* spp. infection in Northwestern Mexico. *Infectious Disease Modelling*, 6, 805–819. <https://doi.org/10.1016/J.IDM.2021.05.002>
- Flores-López, C. A., Moo-Llanes, D. A., Romero-Figueroa, G., Guevara-Carrizales, A., López-Ordoñez, T., Casas-Martínez, M., & Samy, A. M. 2022. Potential distributions of the parasite *Trypanosoma cruzi* and its vector *Dipetalogaster maxima* highlight areas at risk of Chagas disease transmission in Baja California Sur, Mexico, under climate change. *Medical and Veterinary Entomology*. <https://doi.org/10.1111/MVE.12591>
- García, C., García, L., Espinosa-Carreón, L., & Ley, C. 2011. Abundancia y distribución de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) y dispersión del dengue en Guasave Sinaloa, México. *Revista de Biología Tropical*, 59(4), 1609–1619. http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442011000400015&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Garza, M., Feria Arroyo, T. P., Casillas, E. A., Sanchez-Cordero, V., Rivaldi, C. L., & Sarkar, S. 2014. Projected future distributions of vectors of *Trypanosoma cruzi* in North America under climate change scenarios. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 8(5). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PNTD.0002818>
- Gasparrini, A., Guo, Y., Sera, F., Vicedo-Cabrera, A. M., Huber, V., Tong, S., de Sousa Zanotti Stagliorio Coelho, M., Nascimento Saldiva, P. H., Lavigne, E., Matus Correa, P., Valdes Ortega, N., Kan, H., Osorio, S., Kyselý, J., Urban, A., Jaakkola, J. J. K., Rytí, N. R. I., Pascal, M., Goodman, P. G., ... Armstrong, B. 2017. Projections of temperature-related excess mortality under climate change scenarios. *The Lancet Planetary Health*, 1(9), e360–e367. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(17\)30156-0](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(17)30156-0)
- González, C., Wang, O., Strutz, S. E., González-Salazar, C., Sánchez-Cordero, V., & Sarkar, S. 2010. Climate change and risk of leishmaniasis in north america: predictions from ecological niche models of vector and reservoir species. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 4(1). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PNTD.0000585>
- Guzmán-Gómez, D., Salas-González, G., López-Monteón, A., Welsh-Rodríguez, C. M., Torres-Montero, J., Dumonteil, E., Waleckx, E., & Ramos-Ligonio, A. 2021. Risk factors for infestation by *Triatoma dimidiata* in a rural locality of Veracruz, Mexico, with active transmission of *Trypanosoma cruzi*: weather and rain as factors. *Tropical Medicine & International Health : TM & IH*, 26(8), 916–926. <https://doi.org/10.1111/TMI.13589>
- Hansson, E., Mansourian, A., Farnaghi, M., Petzold, M., & Jakobsson, K. 2021. An ecological study of chronic kidney disease in five Mesoamerican countries: associations with crop and heat. *BMC Public Health*, 21(1). <https://doi.org/10.1186/S12889-021-10822-9>
- Hernández-Aguilar, I., Lorenzo, C., Santos-Moreno, A., Gutiérrez, D. N., & Naranjo, E. J. 2021. Current Knowledge and Ecological and Human Impact Variables Involved in the Distribution of the Dengue Virus by Bats in the Americas. *Vector Borne and Zoonotic Diseases* (Larchmont, N.Y.), 21(4), 217–231. <https://doi.org/10.1089/VBZ.2020.2696>

- Hernández-Avila, J. E., Rodríguez, M. H., Betanzos-Reyes, A. F., Danis-Lozano, R., Méndez-Galván, J. F., Velázquez-Monroy, O. J., & Tapia-Conyer, R. 2006. Determinant factors for malaria transmission on the coast of Oaxaca State, the main residual transmission focus in Mexico. *Salud Publica de Mexico*, 48(5), 405–417.
<https://doi.org/10.1590/S0036-36342006000500007>
- Hurtado-Díaz, M., Riojas-Rodríguez, H., Rothenberg, S. J., Gomez-Dantés, H., & Cifuentes, E. 2007. Short communication: impact of climate variability on the incidence of dengue in Mexico. *Tropical Medicine & International Health : TM & IH*, 12(11), 1327–1337.
<https://doi.org/10.1111/J.1365-3156.2007.01930.X>
- Hurtado-Díaz M., Guzmán-Ontiveros J., Arias-Medellín, L.A., Hernández-Cadena, L., Moreno-Banda, G. L. , Rodriguez-Dozal, S. A., Texcalac-Sangrador, J. L., Zúñiga-Bello, P. E., Riojas-Rodríguez, H. 2017. Influence of increasing temperature on the scorpion sting incidence by climatic regions. *International Journal of Climatology*, 38 (5), 2167-2173.
<https://doi.org/10.1002/joc.5318>.
- Hurtado-Díaz, M., Cruz, J. C., Texcalac-Sangrador, J. L., Félix-Arellano, E. E., Gutiérrez-Ávila, I., Briseño-Pérez, A. A., Saavedra-Lara, N., Tobías, A., & Riojas-Rodríguez, H. 2019. Short-term effects of ambient temperature on non-external and cardiovascular mortality among older adults of metropolitan areas of Mexico. *International Journal of Biometeorology*, 63(12), 1641–1650. <https://doi.org/10.1007/S00484-019-01778-Y>
- Hurtado-Díaz, M., de la Cruz, J. C., Blanco-Muñoz, J., Azamar-Arizmendi, R. A., & Riojas-Rodríguez, H. 2020. Revisión rápida de los efectos de la variación de la temperatura y la humedad en la morbilidad y mortalidad por Covid-19. *Salud Publica de Mexico*, 63(1, ene-feb), 120–125.
<https://doi.org/10.21149/11569>
- Illoldi-Rangel, P., Rivaldi, C. L., Sissel, B., Trout Fryxell, R., Gordillo-Pérez, G., Rodríguez-Moreno, A., Williamson, P., Montiel-Parra, G., Sánchez-Cordero, V., & Sarkar, S. 2012. Species distribution models and ecological suitability analysis for potential tick vectors of lyme disease in Mexico. *Journal of Tropical Medicine*, 2012.
<https://doi.org/10.1155/2012/959101>
- Kutralam-Muniasamy, G., Pérez-Guevara, F., Roy, P. D., Elizalde-Martínez, I., & Shruti, V. C. 2021. Impacts of the COVID-19 lockdown on air quality and its association with human mortality trends in megapolis Mexico City. *Air Quality, Atmosphere, & Health*, 14(4), 553–562.
<https://doi.org/10.1007/S11869-020-00960-1>
- Laureano-Rosario, A. E., Duncan, A. P., Mendez-Lazaro, P. A., Garcia-Rejon, J. E., Gomez-Carro, S., Farfan-Ale, J., Savic, D. A., & Muller-Karger, F. E. 2018. Application of Artificial Neural Networks for Dengue Fever Outbreak Predictions in the Northwest Coast of Yucatan, Mexico and San Juan, Puerto Rico. *Tropical Medicine and Infectious Disease*, 3(1).
<https://doi.org/10.3390/TROPICALMED3010005>
- Leduc-Galindo, D., Rincón-Herrera, U., Ramos-Jiménez, J., Garcia-Luna, S., Arellanos-Soto, D., Mendoza-Tavera, N., Tavitás-Aguilar, I., Garcia-García, E., Galindo-Galindo, E., Villarreal-Perez, J., Fernandez-Salas, I., Santiago, G. A., Muñoz-Jordan, J., & Rivas-Estilla, A. M. 2015. Characterization of the dengue outbreak in Nuevo Leon state, Mexico, 2010. *Infection*, 43(2), 201–206. <https://doi.org/10.1007/S15010-014-0700-7>
- López-Olmedo, N., Diez-Roux, A. v., Pérez-Ferrer, C., Prado-Galbarro, F. J., Riojas-Rodríguez, H., Rivera-Dommarco, J., & Barrientos-Gutierrez, T. 2021. Climate Trends and Consumption of

Foods and Beverages by Processing Level in Mexican Cities. *Frontiers in Nutrition*, 8. <https://doi.org/10.3389/FNUT.2021.647497>

- Moo-Llanes, D. A., Montes de Oca-Aguilar, A. C., & Rodríguez-Rojas, J. J. 2020. Pattern of climate connectivity and equivalent niche of Triatominae species of the Phyllosoma complex. *Medical and Veterinary Entomology*, 34(4), 440–451. <https://doi.org/10.1111/MVE.12461>
- Moo-Llanes, D., Ibarra-Cerdeña, C. N., Rebollar-Téllez, E. A., Ibáñez-Bernal, S., González, C., & Ramsey, J. M. 2013. Current and future niche of North and Central American sand flies (Diptera: psychodidae) in climate change scenarios. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 7(9). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PNTD.0002421>
- Moreno-Banda, G. L., Riojas-Rodríguez, H., Hurtado-Díaz, M., Danis-Lozano, R., & Rothenberg, S. J. 2017. Effects of climatic and social factors on dengue incidence in Mexican municipalities in the state of Veracruz. *Salud Publica de Mexico*, 59(1), 41–52. <https://doi.org/10.21149/8414>
- Núñez-López, M., Alarcón Ramos, L., & Velasco-Hernández, J. X. 2021. Migration rate estimation in an epidemic network. *Applied Mathematical Modelling*, 89, 1949. <https://doi.org/10.1016/J.APM.2020.08.025>
- Onyango, M. G., Bialosuknia, S. M., Payne, A. F., Mathias, N., Kuo, L., Vigneron, A., DeGennaro, M., Ciota, A. T., & Kramer, L. D. 2020. Increased temperatures reduce the vectorial capacity of *Aedes* mosquitoes for Zika virus. *Emerging Microbes & Infections*, 9(1), 67–77. <https://doi.org/10.1080/22221751.2019.1707125>
- Ordoñez-Sierra, R., Mastachi-Loza, C. A., Díaz-Delgado, C., Cuervo-Robayo, A. P., Ortiz, C. R. F., Gómez-Albores, M. A., & Torres, I. M. 2020. Spatial Risk Distribution of Dengue Based on the Ecological Niche Model of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in the Central Mexican Highlands. *Journal of Medical Entomology*, 57(3), 728–737. <https://doi.org/10.1093/JME/TJZ244>
- Purse, B. v., Masante, D., Golding, N., Pigott, D., Day, J. C., Ibañez-Bernal, S., Kolb, M., & Jones, L. 2017. How will climate change pathways and mitigation options alter incidence of vector-borne diseases? A framework for leishmaniasis in South and Meso-America. *PLoS One*, 12(10). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0183583>
- Ramsey, J. M., Townsend Peterson, A., Carmona-Castro, O., Moo-Llanes, D. A., Nakazawa, Y., Butrick, M., Tun-Ku, E., de la Cruz-Félix, K., & Ibarra-Cerdeña, C. N. 2015. Atlas of Mexican Triatominae (Reduviidae: Hemiptera) and vector transmission of Chagas disease. *Memórias Do Instituto Oswaldo Cruz*, 110(3), 339. <https://doi.org/10.1590/0074-02760140404>
- Robles-Fernández, Á. L., Santiago-Alarcon, D., & Lira-Noriega, A. 2021. American Mammals Susceptibility to Dengue According to Geographical, Environmental, and Phylogenetic Distances. *Frontiers in Veterinary Science*, 8. <https://doi.org/10.3389/FVETS.2021.604560>
- Salazar Schettino, P. M., Rosales Piña, J. S., Rojas Wastavino, G., Cabrera Bravo, M., Vences Blanco, M., & López Cárdenas, J. 2007. *Triatoma mexicana* (Hemiptera: Reduviidae) in Guanajuato, Mexico: house infestation and seasonal variation. *Memorias Do Instituto Oswaldo Cruz*, 102(7), 803–807. <https://doi.org/10.1590/S0074-02762007005000118>
- Sánchez-González, G., Condé, R., Moreno, R. N., & López Vázquez, P. C. 2018. Prediction of dengue outbreaks in Mexico based on entomological, meteorological and demographic data. *PLoS One*, 13(8). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0196047>

- Solís-Navarro, M., Vargas-De-León, C., Gúzman-Martínez, M., & Corzo-Gómez, J. 2022. A Bayesian Prediction Spatial Model for Confirmed Dengue Cases in the State of Chiapas, Mexico. *Journal of Tropical Medicine*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/1971786>
- Tobías, A., Hashizume, M., Honda, Y., Sera, F., Ng, C. F. S., Kim, Y., Roye, D., Chung, Y., Dang, T. N., Kim, H., Lee, W., Íñiguez, C., Vicedo-Cabrera, A., Abrutzky, R., Guo, Y., Tong, S., de Sousa Zanotti Stagliorio Coelho, M., Saldiva, P. H. N., Lavigne, E., ... Gasparrini, A. 2021. Geographical Variations of the Minimum Mortality Temperature at a Global Scale: A Multicountry Study. *Environmental Epidemiology (Philadelphia, Pa.)*, 5(5), E169. <https://doi.org/10.1097/EE9.000000000000169>
- Torres, M. E., Rojas, H. L., Alatorre, L. C., Bravo, L. C., Iván, M., González, M. O., Wiebe, L. C., & Granados, A. 2020. Biogeographical factors determining *Triatoma recurva* distribution in Chihuahua, México, 2014. *Biomédica*, 40(3), 516. <https://doi.org/10.7705/BIOMEDICA.5076>
- Ugalde-Resano R, Riojas-Rodríguez H, Texcalac-Sangrador JL, Cruz JC, Hurtado-Díaz M. 2022. Short term exposure to ambient air pollutants and cardiovascular emergency department visits in Mexico city. *Environ Res*, 207 : 112600. doi: 10.1016/j.envres.2021.112600.
- Valdez Tah, A. R., Huicochea Gómez, L., Nazar Beutelspacher, A., Ortega Canto, J., & Ramsey, J. M. 2015. La vulnerabilidad humana a la transmisión vectorial de *Trypanosoma cruzi* a través de los procesos de salud-enfermedad y la apropiación social del territorio. *Salud Colectiva*, 11(2), 191–210. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-82652015000200004&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Vali M, Hassanzadeh J, Mirahmadizadeh A, Hoseini M, Dehghani S, Maleki Z, Méndez-Arriaga F, Ghaem H. 2021. Effect of meteorological factors and Air Quality Index on the COVID-19 epidemiological characteristics: an ecological study among 210 countries. *Environ Sci Pollut Res Int*, 28(38):53116-53126. doi: 10.1007/s11356-021-14322-6.
- Villarreal-Treviño, C., Ríos-Delgado, J. C., Penilla-Navarro, R. P., Rodríguez, A. D., López, J. H., Nettel-Cruz, J. A., Moo-Llanes, D. A., Fuentes-Maldonado, G., Villarreal-Treviño, C., Ríos-Delgado, J. C., Penilla-Navarro, R. P., Rodríguez, A. D., López, J. H., Nettel-Cruz, J. A., Moo-Llanes, D. A., & Fuentes-Maldonado, G. 2020. Composition and abundance of anopheline species according to habitat diversity in Mexico. *Salud Pública de México*, 62(4), 388–401. <https://doi.org/10.21149/10111>
- Yu, J., Yang, D., Kim, Y., Hashizume, M., Gasparrini, A., Armstrong, B., Honda, Y., Tobias, A., Sera, F., Vicedo-Cabrera, A. M., Kim, H., Íñiguez, C., Lavigne, E., Ragettli, M. S., Scovronick, N., Acquaotta, F., Chen, B., Guo, Y. L., de Sousa Zanotti, S. C. M., ... Chung, Y. 2020. Seasonality of suicide: a multi-country multi-community observational study. *Epidemiology and Psychiatric Sciences*, 29. <https://doi.org/10.1017/S2045796020000748>