

Ciencia, arte, tradición, opinión, reflexión y meditación...

Artículo: *Análisis geoespacial de defunciones causadas por el virus del dengue en México*

Autor(es): Miguel Alcaraz Vázquez
Jesús Emanuel Saldaña Pérez
Gustavo Adolfo Alonso Silverio

Publicación: No. 3T, vol. 2025, pp. 74 - 85

Reserva dederechos al uso exclusivo otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor (INDAUTOR): 04-2025-021418562600-102. ISSN: 2992-8648.

Las opiniones expresadas por los autores de artículos, no necesariamente reflejan la opinión del editor responsable o de los integrantes del Comité Editorial.

Se autoriza la reproducción total o parcial de los textos aquí publicados, bajo la condición ineludible de citar la fuente completa y la dirección electrónica de la publicación.

Análisis geoespacial de defunciones causadas por el virus del dengue en México

Miguel Alcaraz Vázquez 19275295@uagro.mx
Jesús Emanuel Saldaña Pérez jsaldanap2023@cic.ipn.mx
Gustavo Adolfo Alonso Silverio gsilverio@uagro.mx

*E*l dengue es una enfermedad viral transmitida principalmente por el mosquito *Aedes aegypti*, que puede manifestarse desde un cuadro febril leve hasta formas graves como dengue hemorrágico o síndrome de choque por dengue. A nivel mundial, se estima que ocurren cerca de 390 millones de infecciones cada año, de las cuales, aproximadamente 96 millones presentan síntomas clínicos (Bhatt et al., 2013).

En México, la enfermedad es endémica y su carga ha aumentado de forma sostenida durante las últimas dos décadas, con transmisión registrada en 28 de las 32 entidades federativas y presencia en casi todo el territorio nacional (Dantés et al., 2014). En los últimos años, el país ha enfrentado un incremento notable en los casos y la gravedad de los brotes, tan solo en 2023 se reportaron más de 54 000 casos confirmados, casi la mitad de ellos clasificados como graves. Por su parte, la incidencia nacional se incrementó de 29.4 a 279 casos por cada 100,000 habitantes entre 2022 y 2024 (Mendoza-Cano et al., 2025). Ese aumento ha implicado una carga de trabajo considerable para los servicios de salud, pues el dengue es responsable de miles de hospitalizaciones y genera costos directos e indirectos que en 2010 y 2011 alcanzaron un estimado de 170 millones de dólares anuales (Vazquez-Prokopec et al., 2017).

Los esfuerzos para combatir la enfermedad se centran en la vigilancia epidemiológica, el control del vector mediante la aplicación de insecticidas y la eliminación de criaderos en comunidades, complementados por campañas educativas y estrategias emergentes como la liberación de mosquitos

portadores de *Wolbachia*. La *Wolbachia* vive dentro de las células de los insectos y pasa de una generación a la siguiente a través de los huevos de un insecto. Es segura para los humanos y el medio ambiente, siendo una bacteria extremadamente común que se encuentra naturalmente en el 50% de las especies de insectos, incluidos algunos mosquitos. Se han mostrado resultados prometedores para reducir la transmisión viral en Latinoamérica (O'Neill et al., 2018). Sin embargo, la persistencia de brotes en regiones específicas evidencia que estas medidas no son suficientes sin un análisis profundo de los factores que condicionan la distribución del dengue.

Situación del dengue en el estado de Guerrero

El estado de Guerrero, en la costa del Pacífico mexicano, representa un caso emblemático: estudios con Sistemas de Información Geográfica (SIG) y análisis espacio-temporales identificaron *clusters* o grupos de alto riesgo en la región, incluyendo un conglomerado de dengue hemorrágico entre 2006 y 2015 con un riesgo relativo de 8.5. En algunos estados de la vertiente del golfo de México indica qué la incidencia es mayor que la incidencia esperada en el cluster. (Hernández-Gaytan et al., 2017). A pesar de ello, estas investigaciones no han abordado de forma integral las influencias climáticas o socioeconómicas, ni han incorporado métodos de teledetección para enriquecer la comprensión de los patrones de transmisión en la zona.

La relevancia de atender el dengue en Guerrero radica no solo en su histórica carga de casos y muertes, sino también en la presencia de poblaciones vulnerables con alta prevalencia de enfermedades crónico-degenerativas como diabetes e hipertensión, condiciones que incrementan el riesgo de complicaciones y mortalidad (Martínez-Vega et al., 2021).

Ante este panorama, resulta urgente generar conocimiento que permita relacionar factores ambientales y comorbilidades con la mortalidad por dengue en contextos locales de alta vulnerabilidad. En este sentido, el campo de la ingeniería en computación, a través de enfoques de análisis geoespacial y

procesamiento inteligente de datos, ofrece herramientas poderosas para detectar patrones, modelar riesgos y apoyar la toma de decisiones en salud pública. Este artículo se inserta en ese vacío de conocimiento al proponer un análisis geoespacial de las defunciones por casos confirmados de dengue en pacientes con enfermedades crónico-degenerativas en el estado de Guerrero, integrando tecnologías de SIG y métodos de análisis de datos avanzados para aportar evidencia que oriente intervenciones focalizadas y estrategias de prevención más efectivas.

Análisis geoespacial

Un análisis geoespacial consiste en investigar un fenómeno o evento humano o natural considerando además de sus características como causa, efectos y temporalidad, las coordenadas del sitio en el que ocurre y las coordenadas de los lugares que de alguna u otra forma pueden verse afectados por dicho fenómeno. Para desarrollar este tipo de análisis que consideran coordenadas e información del suceso, se hace uso de los Sistemas de Información Geoespacial (SIG), software especializado que permite mezclar aspectos geográficos relacionados al área de ocurrencia del evento, con herramientas y algoritmos computacionales capaces de procesar y transformar esta información.

Existen diferentes tipos de Sistemas de Información Geoespacial, algunos de ellos son de licencia de uso libre, lo que permite usarlos sin que ello represente una inversión económica, mientras que otros requieren del pago de la licencia para su uso, además, actualmente algunos lenguajes de programación permiten desarrollar análisis geoespaciales y el manejo de datos geoespaciales, pese a no haber sido concebidos desde un inicio como SIG, tal es el caso del lenguaje de *Python*, que mediante diferentes bibliotecas como la de *Geopandas* permite representar datos geoespaciales.

Análisis geoespacial del dengue en México

En este artículo presentamos el análisis realizado a datos sobre el dengue en México mediante el uso de la biblioteca *Geopandas* de *Python*.

Los datos empleados en este estudio provienen de las Bases Históricas de Enfermedades Transmitidas por Vector (BHETV) de la Secretaría de Salud de México (Datos Abiertos Bases Históricas de Enfermedades Transmitidas por Vector, 2025), dichos datos fueron recopilados desde enero de 2020 hasta el 17 de julio de 2025. Lo que se aplicó sobre estos datos fueron las etapas que se describen en la Figura 1.

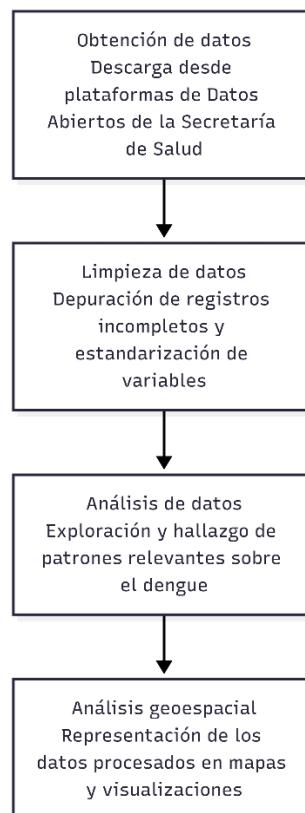


Figura 1. Metodología que sigue el análisis geoespacial de dengue en México

- Durante la Etapa 1, se recolectan los datos de las BHETV al visitar el sitio de datos abiertos de México (Datos Abiertos Dirección General de Epidemiología, 2025), los datos son descargados en formato XML.

- Durante la Etapa 2, se lleva a cabo la limpieza de los datos, esto consiste en identificar datos incompletos o faltantes para eliminarlos del conjunto, de modo que no causen problemas en análisis posteriores.
- La Etapa 3, enfocada en el análisis de datos, consiste en determinar, mediante técnicas de análisis de datos, hallazgos relevantes que permitan conocer de cerca el problema del dengue en México, identificando patrones de similitud entre los datos, coocurrencia y repetición de características.
- Finalmente, durante la Etapa 4, los datos procesados y analizados son representados geoespacialmente de manera que es posible identificar los sitios geográficos de interés en el caso del dengue.

En la Tabla 1, se muestran los resultados preliminares de muertes confirmadas por dengue en cada una de las entidades federativas de México que reportó casos. En esos resultados, es posible observar que el estado con mayor cantidad de casos reportados es Morelos con 498, y que el estado de Guerrero se encuentra entre los cinco con mayor cantidad de reportes al tener 347 defunciones por dengue, tan solo 121 casos menos que Morelos. El mapa mostrado en la Figura 2, expresa, con colores y mediante un mapa de *coropletas* el número de reportes de defunciones en cada estado, se observa que, los estados de Morelos y Oaxaca son los que mayor cantidad de decesos por dengue reportaron a la Secretaría de Salud en el país.

Tabla 1. La tabla muestra las entidades federativas con reportes de defunciones causadas por Dengue ordenadas de la que mayor caso reporta, hasta la entidad con menos casos reportados.

Resultados preliminares
Tabla de muertes confirmadas por dengue por entidad

Entidades	Muertes	Entidades	Muertes
Morelos	498	Campeche	79
Oaxaca	478	Nayarit	63
Veracruz	408	Estado de México	55
Guerrero	347	Colima	41
Quintana Roo	321	Ciudad de México	40
Yucatán	197	San Luis Potosí	22
Sinaloa	178	Baja California Sur	14
Tabasco	155	Tamaulipas	14
Jalisco	140	Guanajuato	9
Michoacán	138	Aguascalientes	8
Chiapas	111	Baja California	6
Puebla	103	Coahuila	4
Sonora	101	Nuevo León	3

*Coropletas Mapa temático en el que se usan colores o patrones para representar la intensidad de un fenómeno dentro de áreas geográficas delimitadas.

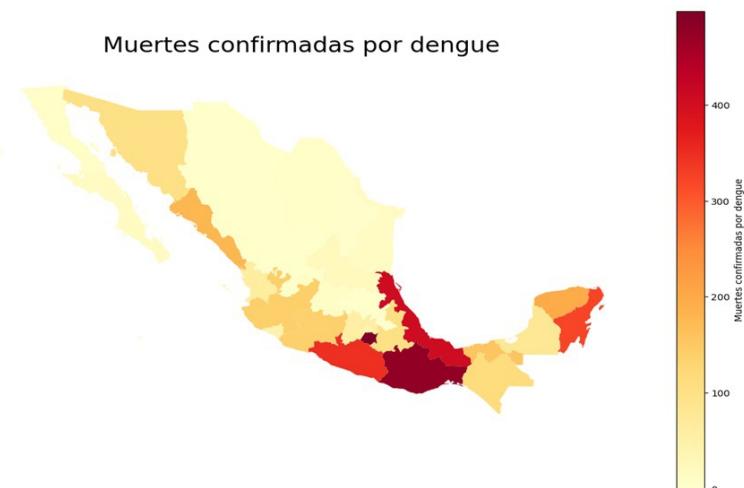


Figura 2. Mapa de distribución geoespacial de reportes de defunción por Dengue. Los cinco estados más afectados son Morelos con 498 casos, Oaxaca con 478 casos, Veracruz con 408 casos, Guerrero con 347 casos y Quintana Roo con 321 casos. Los estados menos afectados se ubican al norte del país con Nuevo León con 3 casos. Coahuila con 4 casos y Baja California con 6 casos.

Una de las enfermedades crónico-degenerativas que más afecta a los mexicanos es la diabetes, de acuerdo con el Instituto Nacional de Salud Pública (INSP) el 95% de los pacientes con *Diabetes Mellitus* la padecen en grado dos, esta enfermedad es tan grave que ha alcanzado al 18.4% de la población adulta del país. Entre las afectaciones que genera están ceguera e insuficiencia renal, entre otras (UNAM Global, 2024). Dado que es una enfermedad común, se analizaron aquellos casos en los que el dengue, al contagiar a pacientes con diabetes, causó

su defunción. El mapa de la Figura 3, muestra la distribución geoespacial en México de decesos de personas con diabetes que fueron contagiadas de dengue. Es importante observar que un organismo ya enfermo con diabetes requiere de mayores cuidados y esfuerzo del propio organismo para combatir el dengue. El mapa muestra una vez más que Morelos, Oaxaca y Veracruz tienen el mayor número de decesos, sin embargo, se puede observar también que Guerrero no presenta un gran número de decesos por dengue de pacientes con diabetes, por el contrario, Michoacán se une a los primeros cinco estados con pacientes de diabetes que perecieron a causa del dengue. Es interesante observar cómo la combinación del dengue con otros padecimientos previos de los pacientes, puede complicar su cuadro clínico.

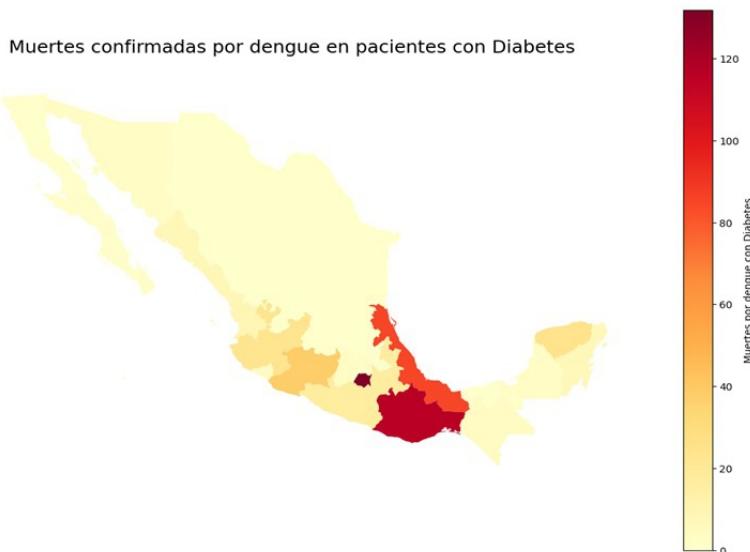


Figura 3. Distribución geoespacial de decesos de pacientes con Diabetes causada por Dengue. Morelos es el estado con mayor número de defunciones de pacientes con Diabetes que fueron contagiados con Dengue con 132 casos, seguido por Oaxaca con 116 casos, en este caso Guerrero reporta solo 17 casos, muy por debajo de los estados que lideran este análisis.

Una de las principales adicciones en el país es el alcohol; a nivel internacional el alcoholismo es uno de los diez factores principales de riesgo de muerte (Portal INSP, s.f.). El consumo de alcohol puede causar diversas enfermedades como cirrosis hepática, cáncer, enfermedades cardiovasculares, y diversos trastornos mentales de conducta. De manera parecida al caso de análisis anterior, un organismo que se encuentra ya ocupado en resistir enfermedades que padece

desde tiempo atrás, al ser contagiado por el Vector del dengue, requiere de mayores cuidados para poder salir adelante y tiene mayor probabilidad de perecer. En el mapa que se muestra en la Figura 4, se muestra que, de los estados que reportan decesos por dengue, en tres entidades federativas los decesos por el Vector fueron de personas que además padecían cirrosis hepática, si bien la causa de ello puede ser el alcoholismo, dicho padecimiento puede tener otros orígenes.

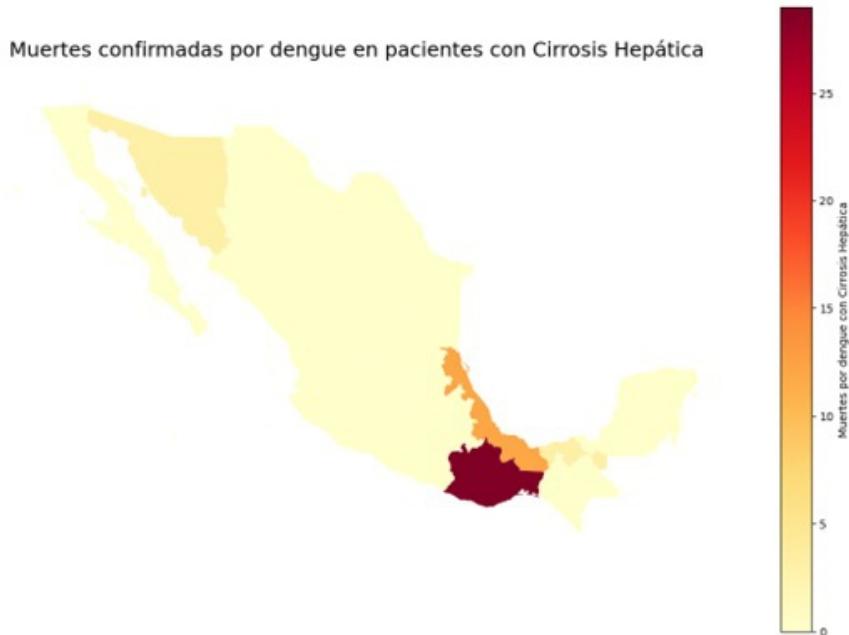


Figura 4. Muertes confirmadas de pacientes con cirrosis hepática. En el mapa se observa que el estado con mayor número de defunciones es Oaxaca con 29 casos, seguido por Veracruz con 12 casos, Sonora con 3 casos y Tabasco con 3 casos.

Como se observa en los análisis realizados, existen diferentes factores que pueden influir en la gravedad de los pacientes que presentan el virus del dengue. Una propuesta de clasificación de esos factores puede ser como factores socio-culturales y factores de historial médico. Los factores socio-culturales como tener cuidado de no estar cerca de sitios de contagio, prevenir el hacinamiento de agua, asistir a centros médicos en caso de contagio para recibir tratamiento médico. Los factores de historial médico son aquellos factores de salud que pueden agravar las condiciones de los pacientes infectados, entre ellos el padecimiento de enfermedades crónico-degenerativas, adicciones, o padecimientos propios del paciente.

Aunque no se cuenta con muchos casos reportados, en esta última clasificación, podemos agregar los reportes de fallecimiento por dengue de personas con enfermedades de inmunosupresión. La inmunosupresión es una situación en la que el sistema inmune del paciente disminuye su capacidad para combatir enfermedades y el contagio por virus y bacterias. Puede tener distintos orígenes, es una condición que comúnmente se presenta en personas con virus de insuficiencia humana (VIH), que han recibido quimioterapia, que consumen medicamentos inmunosupresores para atacar enfermedades específicas, o bien presentan enfermedades autoinmunes. En el mapa de la Figura 5, se muestran las defunciones de pacientes de Dengue que además presentaban una condición de inmunosupresión.



Figura 5. Mapa de decesos de pacientes que reportaron contagio de Dengue e inmunosupresión. Es importante resaltar que esta combinación de padecimientos poco usual, hace que esta representación cartográfica sea diferente a las anteriores, ya que el estado con mayor número de decesos es el Estado de México con 12 casos, seguido del estado de Morelos que reportó 11 casos en el periodo de tiempo en que se recabaron los datos.

Conclusiones

El virus del dengue afecta a gran parte de la población mexicana, pese a que la difusión de campañas de atención y prevención para este tipo de enfermedad

que se da a través de la picadura del mosco del dengue, se llevan a cabo principalmente en las zonas costeras del sur del país; esto no limita su presencia en otras entidades del centro y norte del territorio mexicano.

El que actualmente existe el portal de datos abiertos, permite a ciudadanos y profesionales acceder a diversos datos sobre situaciones de interés social, tal es el caso de los contagios y defunciones por dengue. El análisis geoespacial de los datos permite identificar las zonas con mayor número de defunciones por este virus, además de identificar posibles agravantes en los pacientes que una vez infectados por el dengue perecen debido a su condición previa de salud.

Es un hecho que el gobierno, la Secretaría de Salud, y la sociedad mexicana se enfrentan a retos muy importantes como son el control de las adicciones y la prevención del padecimiento de Diabetes Mellitus, dos problemas de salud que afectan a los mexicanos sin distinción de edad, género y condición económica. El análisis geoespacial presentado, refuerza las iniciativas del gobierno y entidades sociales en los programas de prevención mencionados. Es posible observar en los mapas generados, cómo es que la lista de los cinco estados con más casos de defunción por dengue, que además se encuentran en las zonas de mayor contagio al sur del país como es el caso del estado de Guerrero, cambia significativamente al comenzar a considerar variables que parecerían independientes a la enfermedad del dengue por sí misma, tal como las defunciones de pacientes contagiados por dengue que además padecían enfermedades crónico-degenerativas o causadas por adicciones, por mencionar dos casos relevantes del estudio.

El presente análisis geoespacial de datos, permite identificar las zonas con más defunciones causadas por el virus del dengue en México, a partir de los datos abiertos que proporciona la Secretaría de Salud, de modo que es posible apoyar a entidades interesadas con las representaciones generadas en el estudio, que permiten identificar de forma rápida y visual cómo el dengue afecta a las entidades federativas de la república.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo de la Secretaría de Investigación y Posgrado del IPN a través del proyecto 20250037, a la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación de la CDMX a través del proyecto SECTEI/2023/084, y a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación por la beca 2034451.

Para conocer más, consulta:

- 1) Bhatt, S., Gething, P. W., Brady, O. J., Messina, J. P., Farlow, A. W., Moyes, C. L., Drake, J. M., Brownstein, J. S., Hoen, A. G., Sankoh, O., Myers, M. F., George, D. B., Jaenisch, T., Wint, G. R. W., Simmons, C. P., Scott, T. W., Farrar, J. J., & Hay, S. I. (2013). The global distribution and burden of dengue. *Nature*, 496(7446), 504–507. <https://doi.org/10.1038/nature12060>
- 2) Dantés, H. G., Farfán-Ale, J. A., & Sarti, E. (2014). Epidemiological Trends of Dengue Disease in Mexico (2000–2011): A Systematic Literature Search and Analysis. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 8(11), e3158. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0003158>
- 3) Hernández-Gaytan, S. I., Hernández-Gaytán, S. I., Díaz-Vásquez, F. J., Díaz-Vásquez, F. J., Durán-Arenas, L., Durán-Arenas, L., Cervantes, M. L., Cervantes, M. L., Rothenberg, S. J., & Rothenberg, S. J. (2017). 20 Years Spatial-Temporal Analysis of Dengue Fever and Hemorrhagic Fever in Mexico. *Archives of Medical Research*. <https://doi.org/10.1016/j.arcmed.2018.01.003>
- 4) Mendoza-Cano, O., Danis-Lozano, R., Trujillo, X., Huerta, M., Ríos-Silva, M., Lugo Radillo, A., Bricio-Barrios, J. A., Benites-Godínez, V., Cuevas-Arellano, H. B., Uribe-Ramos, J. M., Solano-Barajas, R., Cárdenas, Y., Venegas-Ramírez, J., Ríos-Bracamontes, E. F., García-Solórzano, L. A., Camacho-delaCruz, A. A., & Murillo-Zamora, E. (2025). Spatial patterns and clustering of dengue incidence in Mexico: Analysis of Moran's index across 2,471 municipalities from 2022 to 2024. *PLOS One*, 20(5), e0324754. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0324754>
- 5) Vazquez-Prokopec, G. M., Montgomery, B. L., Horne, P., Clennon, J. A., & Ritchie, S. A. (2017). Combining contact tracing with targeted indoor residual spraying significantly reduces dengue transmission. *Science Advances*, 3(2), e1602024. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1602024>
- 6) O'Neill, S. L., Ryan, P. A., Turley, A. P., Wilson, G., Retzki, K., Iturbe-Ormaetxe, I., Dong, Y., Kenny, N., Paton, C. J., Ritchie, S. A., & Brown, K. M. (2018). Scaled deployment of Wolbachia to protect the community from dengue and other Aedes transmitted arboviruses. *Gates Open Research*, 2, 36. <https://doi.org/10.12688/gatesopenres.12844.2>

- 7) Amaya-Larios, I. Y., Martínez-Vega, R. A., Diaz-Quijano, F. A., Sarti, E., Puentes-Rosas, E., Chihu, L., & Ramos-Castañeda, J. (2020). Risk of dengue virus infection according to serostatus in individuals from dengue endemic areas of Mexico. *Scientific Reports*, 10(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-75891-z>
- 8) Martínez-Vega, R. A., Díaz-Quijano, F. A., Coronel-Ruiz, C., & Muñoz, Á. C. (2021). Chronic conditions and risk of severe dengue: A systematic review and meta-analysis. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 115(2), 113–122. <https://doi.org/10.1093/trstmh/traa081>
- 9) Datos Abiertos Bases Históricas de Enfermedades Transmitidas por Vector. (2025). Bases históricas de enfermedades transmitidas por vector. Secretaría de Salud. <https://www.gob.mx/salud/documentos/datos-abiertos-bases-historicas-de-enfermedades-transmitidas-por-vector>
- 10) Datos Abiertos Dirección General de Epidemiología. (2025). Datos abiertos. Secretaría de Salud. <https://www.gob.mx/salud/documentos/datos-abiertos-152127>
- 11) Redacción UNAM Global. (13 de noviembre de 2024). Diabetes en México: una crisis de salud pública y su impacto en la población. UNAM Global Revista. https://unamglobal.unam.mx/global_revista/la-diabetes-en-mexico-una-crisis-de-salud-publica-y-su-impacto-en-la-poblacion/
- 12) Instituto Nacional de Salud Pública (INSP). (s.f.). Consumo excesivo de alcohol entre jóvenes mexicanos. Recuperado de <https://www.insp.mx/avisos/consumo-excesivo-de-alcohol-entre-jovenes-mexicanos>