



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), Noviembre-Diciembre 2025,
Volumen 9, Número 6.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i6

DENGUE EN MÉXICO DURANTE 2023: UNA APROXIMACIÓN BASADA EN AUTOCORRELACIÓN ESPACIAL

**DENGUE IN MEXICO DURING 2023: AN APPROACH
BASED ON SPATIAL AUTOCORRELATION**

Alexis Gómez Martínez
Investigador independiente

Zoylo Morales Romero
Universidad Veracruzana

Ángel Fernando Argüello Ortiz
Universidad Veracruzana

Judith Guadalupe Montero Mora
Universidad Veracruzana

Rogger Antonio Andrade Zambrano
Universidad Veracruzana

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i6.21466

Dengue en México durante 2023: una aproximación basada en autocorrelación espacial

Alexis Gómez Martínez¹alx161316@gmail.com<https://orcid.org/0009-0007-0020-7107>

Investigador independiente

Ángel Fernando Argüello Ortizaarguello@uv.mx<https://orcid.org/0000-0003-3909-9653>

Universidad Veracruzana

Zoylo Morales Romerozmorales@uv.mx<https://orcid.org/0000-0001-6652-1480>

Universidad Veracruzana

Judith Guadalupe Montero Morajmontero@uv.mx<https://orcid.org/0000-0003-4855-3248>

Universidad Veracruzana

José Juan Muñoz Leónjuanmunoz@uv.mx<https://orcid.org/0000-0003-3557-8251>

Universidad Veracruzana

RESUMEN

En esta investigación se presenta un análisis estadístico para conocer la relación espacial de casos confirmados de Dengue en México en el año 2023. Sobre una base de datos de más de 19 mil registros obtenidos de la herramienta de consulta y construcción de información (cubos dinámicos) de la Dirección General de Información en Salud (DGIS), perteneciente a la Secretaría de Salud del Gobierno de México, se aplicó la técnica de autocorrelación espacial para generar información sobre cómo se distribuyó el fenómeno de contagios por dengue en todo el país y en qué medida los elementos locales influyeron en esa distribución. Se encontró una alta incidencia de casos en tres estados (Yucatan, Guerrero y Veracruz), principalmente en municipios de extrema pobreza y de limitada disponibilidad de información. El índice de Moran global permitió identificar una autocorrelación significativa en diversos municipios, principalmente en aquellos donde se repite un alto índice de pobreza y marginación. Además, se detectaron dos municipios con altos registros de dengue rodeados por áreas de baja incidencia, lo cual señala focos de infección que podrían requerir atención para evitar la propagación del virus a las áreas circundantes.

Palabras clave: dengue, autocorrelación espacial, índice de morán global, geoestadística

¹ Autor principalCorrespondencia: alx161316@gmail.com

Dengue in Mexico during 2023: an approach based on spatial autocorrelation

ABSTRACT

This study presents a statistical analysis aimed at identifying the spatial relationship of confirmed dengue cases in Mexico during 2023. Using a database containing more than 19,000 records obtained from the information query and construction tool (dynamic cubes) of the General Directorate of Health Information (DGIS), part of the Ministry of Health of the Government of Mexico, spatial autocorrelation techniques were applied to determine how dengue infections were distributed across the country and the extent to which local factors influenced this distribution. The results indicate a high incidence of cases in three states (Yucatán, Guerrero, and Veracruz), primarily in municipalities characterized by extreme poverty and limited data availability. The global Moran's Index revealed significant autocorrelation in several municipalities, especially those consistently showing high levels of poverty and marginalization. Additionally, two municipalities were identified with high dengue case counts surrounded by areas of low incidence, highlighting infection hotspots that may require targeted interventions to prevent the spread of the virus to neighboring regions.

Keywords: dengue, spatial autocorrelation, global moran's index, geostatistics.

*Artículo recibido 20 octubre 2025
Aceptado para publicación: 15 noviembre 2025*



INTRODUCCIÓN

El dengue es una enfermedad que ha experimentado un aumento alarmante en su incidencia a nivel mundial. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (2023) aproximadamente la mitad de la población global, alrededor de 4 mil millones de personas, enfrenta un riesgo potencial de contraer el virus. El dengue afecta a más de 100 países cada año, generando entre 50 y 100 millones de casos anuales. Durante el transcurso del año pasado, de enero a diciembre, se registraron un total de 5.5 millones de casos de dengue y 5000 muertes relacionadas en más de 80 países y las cinco regiones de la OMS, que abarcan América, Mediterráneo Oriental, Pacífico Occidental, Asia Sudoriental y África. La presencia y propagación del virus en México se atribuyen a diversos factores, que influyen en el ciclo de vida y la reproducción del virus. Por ejemplo, la temperatura que impacta en la maduración, replicación y el periodo de infección del virus. Además, la proliferación del mosquito vector está estrechamente relacionada con la humedad ambiental, la cual a su vez depende de la presencia de vegetación que proporcione un hábitat propicio para su desarrollo.

Otro aspecto crucial que contribuye al surgimiento de brotes de dengue es la concentración de población humana en una determinada área geográfica. A medida que aumenta el número de personas en una región, se facilita la transmisión del virus. El cambio climático también es otro factor. El impacto del cambio climático también es un componente significativo en la incidencia del dengue, ya que hay evidencia de que el mosquito vector ahora se encuentra en áreas con altitudes superiores a 1700 metros, donde antes no se registraba su presencia.

Otro estudio reveló que el incremento en los casos de dengue se atribuye parcialmente a la diversificación genética de los cuatro serotipos del virus. Cada uno exhibe una virulencia distinta y, por ende, influye de manera independiente en la gravedad de la infección por dengue. Asimismo, los serotipos con tasas de replicación más elevadas provocan la generación de anticuerpos a un ritmo acelerado, lo que conlleva a resultados más severos de dengue. En México, las zonas de mayor riesgo para todos los serotipos del virus del dengue se concentran principalmente en regiones específicas del noreste, centro-oeste y sureste del país (Annan et.al.,2023).

Por otro lado, Watts, Kotsila, Mortyn, Sarto & Urzi (2020) afirman que:



El DENV causa una enfermedad aguda similar a la gripe que afecta a personas de todas las edades. Aquellos que se recuperan de una infección por dengue pueden esperar inmunidad de por vida contra ese serotipo y cierta inmunidad cruzada parcial, pero temporal, contra los otros serotipos, aunque las infecciones secundarias por otros serotipos aumentan el riesgo de desarrollar dengue grave, lo que puede causar complicaciones letales y, a veces, la muerte (Pag.2).

El notable incremento en la incidencia del dengue en las Américas ha generado renovadas inquietudes acerca de esta enfermedad. El dengue, siendo el arbovirus más prevalente, constituye la principal causa de enfermedades transmitidas por vector en la región de las Américas, donde se observan brotes epidémicos de forma cíclica cada tres o cinco años. Actualmente, casi 500 millones de personas en las Américas se encuentran en riesgo de contraer cualquiera de los cuatro serotipos del virus del dengue (DENV-1, DENV-2, DENV-3 o DENV-4).

Es importante destacar que, en las últimas cuatro décadas, el número de casos de dengue ha experimentado un aumento significativo en las Américas, pasando de 1.5 millones de casos acumulados en la década de 1980 a 16.2 millones en el período comprendido entre 2000 y 2019. El año pasado fue particularmente notable en términos de registros de casos de dengue en las Américas, con un total de 4,565,911 casos reportados (la cifra más alta de historia), entre los cuales sobresalen 7,653 casos graves (0.17%) y 2,340 fallecimientos, lo que representa una tasa de letalidad del 0.051%.

Román *et al.* (2023) señalan que esta enfermedad surge de una compleja interacción entre el abandono ambiental, las condiciones climáticas que favorecen la propagación y el aumento de la pobreza. Ello complica los esfuerzos para eliminar al mosquito transmisor. El crecimiento de las áreas urbanas ha facilitado la formación de grandes conglomerados de población en entornos naturalmente propicios para la proliferación del vector. Sin embargo, este rápido crecimiento poblacional en las zonas urbanas no siempre se acompaña de una provisión adecuada y eficiente de servicios públicos, como el suministro de agua potable, el saneamiento y la gestión de residuos sólidos.

La incidencia del dengue se ve influenciada de manera independiente por factores como un bajo nivel socioeconómico de una población. Varios estudios han evaluado el producto interno bruto (PIB) como un indicador predictivo efectivo para la distribución del dengue, llegando a la conclusión de que está estrechamente relacionado con el riesgo de la enfermedad. (Aström *et al.*, 2012). No obstante, otro



investigador ha propuesto que indicadores socioeconómicos más detallados, como el acceso a la educación, a la información y la infraestructura tecnológica, también son variables predictivas importantes para entender la distribución del dengue (Watts et.al., 2020).

El virus del dengue puede causar una variedad de enfermedades, desde infecciones leves o asintomáticas hasta casos severos, especialmente cuando existen factores de riesgo como infecciones previas por dengue, edad y condiciones médicas como asma, diabetes mellitus o inmunosupresión. Los niños tienen un riesgo elevado de complicaciones severas como el síndrome de escape de plasma y el choque por dengue. Tras un período de incubación asintomática de 4-10 días, la enfermedad se inicia abruptamente y progres a través de las fases febril, crítica y de recuperación. El dengue es una enfermedad de naturaleza muy cambiante, aunque suele ser de corta duración. Sus manifestaciones pueden variar con el tiempo y empeorar de forma repentina; por lo tanto, el paciente requiere un seguimiento médico continuo, preferentemente a diario. Después de un periodo de incubación de 4 a 10 días, la enfermedad empieza de manera repentina y progres a través de tres etapas: la fase febril, la fase crítica y la fase de recuperación.

La fase febril del dengue comienza de manera brusca y usualmente dura entre 2 y 7 días. Se caracteriza por enrojecimiento facial, eritema generalizado, mialgias difusas, artralgias y cefalea. Algunos pacientes también experimentan dolor y enrojecimiento faríngeo, y son comunes las náuseas, vómitos y, en ocasiones, diarreas. La sintomatología es similar a la de otras infecciones virales, y una prueba positiva del lazo o del torniquete incrementa la probabilidad del diagnóstico de dengue.

Durante la fase crítica del dengue, que ocurre cuando la fiebre empieza a bajar, algunos pacientes pueden experimentar una fuga de líquido desde los vasos sanguíneos hacia los tejidos. Esto causa un aumento en la concentración de glóbulos rojos en la sangre. Además, pueden aparecer pequeños puntos rojos en la piel (petequias), moretones (equimosis) y erupciones cutáneas (exantemas). También hay una rápida disminución en el número de glóbulos blancos y plaquetas en la sangre. Dependiendo de la severidad de la fuga de líquido, pueden acumularse fluidos en los pulmones (derrame pleural) y en el abdomen (ascitis).

En la fase de recuperación, los pacientes que han pasado las 24-48 horas críticas y presentan signos de alarma o dengue grave comenzarán a reabsorber gradualmente el líquido del compartimiento



extravascular en las siguientes 48-72 horas. Este proceso se acompaña de una sensación de bienestar, recuperación del apetito, desaparición de molestias gastrointestinales, estabilización de los signos vitales y aumento de la producción de orina “diuresis” (Arbo, Ayala, Martínez, Borba & Chamorro, 2012).

La situación de alta transmisión del dengue se ha prolongado hasta el año 2024. Durante el período comprendido entre la semana epidemiológica (SE) 1 y 5, es decir, principios y finales de enero de 2024, se reportaron 673,267 casos de dengue, entre los cuales 700 han sido catalogados como graves (0.1%), y se han registrado 102 casos fatales, lo que equivale a una tasa de letalidad del 0.015%. Esta cifra representa un aumento del 157% en comparación con el mismo período del año 2023, y un incremento del 225% respecto al promedio de los últimos 5 años (Organización Panamericana de la Salud, 2024).

Durante el último año, México se posicionó como el tercer país con mayor número de contagios, después de Brasil y Perú. En la semana epidemiológica número 48, que abarca desde finales de noviembre hasta principios de diciembre, se registraron un total de 235,616 observaciones, equivalente a 179 casos por cada 100,000 habitantes, de los cuales 1272 casos (0.54%) fueron catalogados como graves (OMS, 2023). De acuerdo con el Panorama Epidemiológico del Dengue en México, emitido por la Secretaría de Salud Pública, actualmente se reportan casos de dengue en 30 de los 32 estados del país. Los estados con mayor número de casos confirmados en los últimos tres años varían: en 2021, destacan Sinaloa, Coahuila, Veracruz, Morelos y Tabasco; en 2022, son Sonora, Veracruz, Estado de México, Tabasco y Chiapas; y en 2023, se observan casos predominantes en Yucatán, Veracruz, Quintana Roo, Morelos y Guerrero.

Tanto el Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica (SINAVE) como el Sistema Integral de Monitoreo de Vectores (SIMV) en México se encargan de recopilar datos con el fin de convertirlos en información útil para identificar las áreas de riesgo de transmisión y emitir alertas utilizando datos meteorológicos y canales endémicos. Esto permite priorizar el control de vectores con los recursos disponibles. Sin embargo, los costos asociados al control de los vectores son elevados, lo que constituye un desafío adicional para combatir eficazmente esta enfermedad. Por lo tanto, es fundamental mejorar la gestión de estos recursos, especialmente en países endémicos con limitaciones económicas como México, donde el dengue sigue representando un importante desafío para la salud pública.



Es aquí donde la estadística toma un papel importante ya que brinda herramientas como la modelación geoestadística a los profesionales de la Secretaría de Salud. Permitiéndoles anticipar y prever la propagación del dengue en áreas del país con mayor vulnerabilidad. Esto posibilita abordar de manera eficaz el desafío del dengue mediante un enfoque predictivo y preventivo respaldado por análisis estadísticos rigurosos.

Por tanto, basándonos en lo expuesto anteriormente, surge la siguiente pregunta de investigación ¿Cómo varía la autocorrelación espacial de los casos de dengue a lo largo de las diferentes regiones de México durante el año 2023?

MATERIALES Y MÉTODOS

El conjunto de datos utilizado proviene de la herramienta de consulta y construcción de información (cubos dinámicos) de la Dirección General de Información en Salud (DGIS), perteneciente a la Secretaría de Salud del Gobierno de México. Este conjunto de datos abarca los egresos hospitalarios del año 2023 por diversas enfermedades, incluyendo el dengue.

Para acceder y consultar la información estadística de los cubos dinámicos, es necesario que el equipo de cómputo tenga instalados los componentes “OWC10”, “OWC11” y “SQLServer2008_ASOLEDB10”. Además, se deben realizar configuraciones específicas en el navegador Internet Explorer para asegurar una correcta visualización. La ruta de acceso a esta herramienta es: http://sinba08.salud.gob.mx/cubos/cubosaeh2023_plataforma.html.

La plataforma permite seleccionar información de diversas categorías como Defunciones, Muertes fetales, Egresos hospitalarios, Servicios otorgados, Unidades médicas, Lesiones y Urgencias, con la capacidad de filtrar los datos por origen (local, jurisdiccional, estatal o nacional).

En este caso, los datos se descargaron en formato de hoja de cálculo de Microsoft Excel (.xlsx) bajo el nombre de CLUES. Este archivo contiene 163 columnas, de las cuales 4 son variables cualitativas y 159 son variables cuantitativas, abarcando un total de 2754 filas que representan las observaciones registradas en toda la República Mexicana. Adicionalmente, el archivo incluye el total de egresos por fila y por columna para cada variable.

Para trabajar con los datos, retomando lo propuesto en Muñoz y Burgueño (2025), primero se deben estructurar, organizar, limpiar y filtrar. Se identificaron las variables de interés en la matriz de datos



CLUES: "dengue", "unidad médica", "municipio" y "estado". Posteriormente, se organizaron las observaciones en el libro de Excel donde estaban almacenadas. Se eliminaron los encabezados vacíos y se descombinaron celdas. Se filtraron los datos para obtener el total de casos confirmados de dengue por municipio y se descartaron las variables no relacionadas con los egresos hospitalarios por enfermedades transmitidas por vectores, como el dengue. Entre las variables descartadas se encuentran anemia, hipertensión arterial, abortos, diabetes, VIH-SIDA, depresión, ansiedad, desnutrición, difteria, entre otras. Una vez estructurados y limpios, los datos se movieron y guardaron en una nueva hoja de cálculo de Excel. Se buscaron las claves de las áreas geoestadísticas municipales en el proyecto básico de información del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en formato DBF.

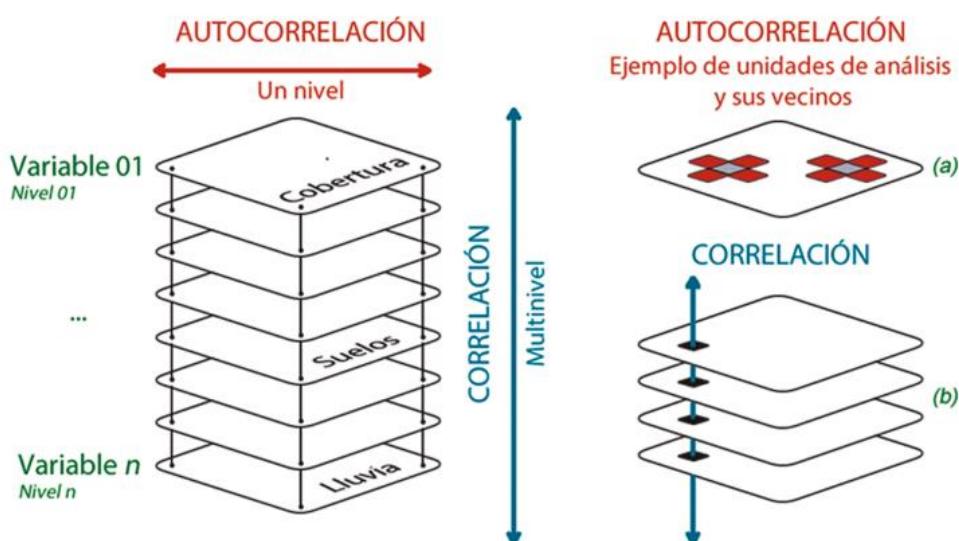
Se abrió el archivo de base para obtener las claves (CVGEO) y se añadió esta variable a nuestro conjunto de datos, buscando la clave correspondiente a cada municipio donde se registraron casos confirmados de dengue de manera manual, debido a que los nombres de los municipios en nuestros datos no contenían símbolos, a diferencia del archivo base de los municipios de todo el país, lo cual no permitió unirlos en el software Mapa Digital de México. Con la clave geoestadística integrada a los datos, se guardaron como un archivo CSV delimitado por comas. Se exportó el Shapefile de la capa municipal de la República Mexicana al software geoestadístico GeoDa y se unió con la base de datos de los casos confirmados de dengue en formato CSV. Una vez unidos, se guardó como proyecto. Después, se generó la matriz de pesos espaciales en contigüidad Reina y se realizó el índice de Moran global y local univariado. El análisis descriptivo se realizó en el software estadístico R-Studio versión 4.0.3 utilizando la paquetería ggplot2.

Por otra parte, la autocorrelación espacial (Ruelas Mesa et al, 2025), indica si los valores de una variable en ubicaciones geográficas más cercanas se relacionan entre sí en comparación de las más distantes. De manera formal, evalúa el nivel de relación que una variable presenta a lo largo de un espacio determinado, como un marco geográfico. Su objetivo principal es examinar la variabilidad de un fenómeno dentro de ese espacio para identificar patrones espaciales y describir su comportamiento. En otras palabras, la autocorrelación sirve para entender cómo se distribuye el fenómeno en el área analizada y en qué medida los elementos locales pueden influenciarse mutuamente.



Frecuentemente, se produce confusión entre los conceptos de autocorrelación y correlación espacial. Algunos utilizan el término autocorrelación para referirse a métodos que buscan identificar patrones espaciales y realizar análisis tanto locales como globales. Otros emplean el término correlación para describir la técnica que mide la relación entre dos variables. Además, algunos combinan ambos enfoques para abordar preguntas de investigación univariadas y multivariadas. Es importante aclarar que las técnicas de correlación fueron diseñadas para mostrar las relaciones entre variables, mientras que las de autocorrelación se crearon para identificar correlaciones dentro de una misma variable a lo largo del espacio. La diferencia principal entre estos conceptos es que, al realizar un análisis de autocorrelación de un fenómeno georreferenciado, solo se consideran los valores observados en las áreas vecinas de la variable en estudio. La autocorrelación describe el comportamiento de una única variable en un plano horizontal delimitado por un marco geográfico. Por otro lado, la correlación mide el grado de asociación entre dos o más variables dentro de un mismo marco, pero de manera vertical. Cada variable representa un fenómeno geográfico diferente, como temperatura, lluvia o tipo de suelo. Así, la autocorrelación espacial analiza las relaciones entre los valores de una misma variable en diferentes ubicaciones (representación horizontal), mientras que la correlación examina diferentes pares de variables en la misma ubicación (representación vertical). Esto se puede ilustrar con la figura 1 (Guzmán & Manrique, 2018).

Figura 1. Conceptualización de la autocorrelación espacial frente a la correlación espacial.

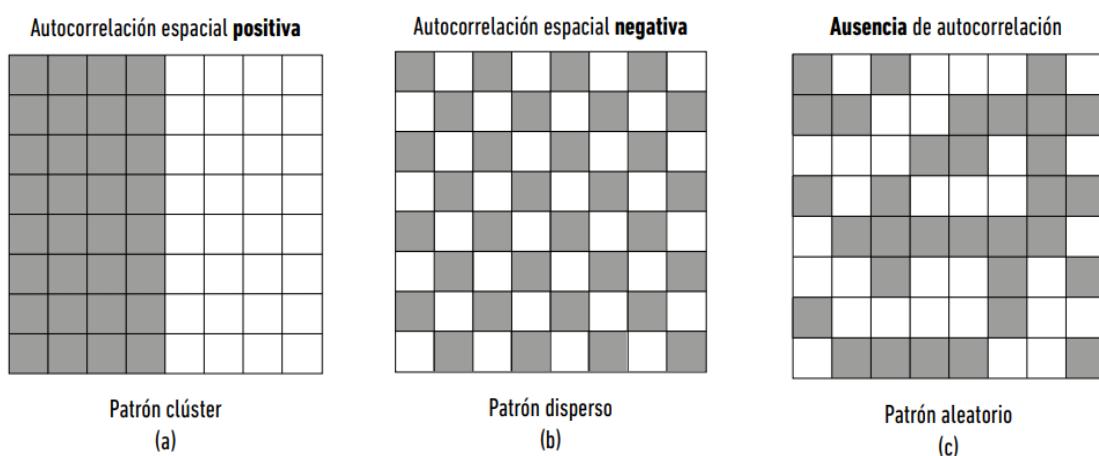


Tomada de: "La autocorrelación espacial y el desarrollo de la geografía cuantitativa" por J. Guzmán & W. Manrique. 2018, *Análisis espacial: autocorrelación y patrones espaciales*. Página. 3.

En general, la autocorrelación espacial ocurre cuando los valores de una variable muestran una variación sistemática a través de un mapa, lo que significa que hay un patrón en su comportamiento dependiendo de la ubicación geográfica. Según la teoría de la Autocorrelación Espacial (AE), al medir cómo una variable está correlacionada con diferentes unidades espaciales adyacentes, se pueden distinguir las siguientes categorías:

- a. Autocorrelación espacial positiva: las unidades espaciales vecinas muestran valores similares de la variable en estudio, lo que sugiere una tendencia al agrupamiento (patrón clúster).
- b. Autocorrelación espacial negativa: las unidades espaciales vecinas tienen valores muy diferentes, indicando una tendencia hacia la dispersión (Patrón disperso).
- c. Sin autocorrelación: es cuando ninguna de las situaciones anteriores ocurre, por lo tanto, los valores de las unidades espaciales vecinas parecen distribuidos al azar (Patrón aleatorio), como se ilustra en la figura 2 (Avilés, 2017).

Figura 2. Patrones espaciales y su relación con la autocorrelación espacial.



Tomada de: "La autocorrelación espacial y el desarrollo de la geografía cuantitativa" por J. Guzmán & W. Manrique. 2018, *Índices estadísticos de autocorrelación criterios de vecindad y matriz de contigüidad*. Página. 5.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de este estudio; en primer lugar, se realiza un análisis descriptivo mediante dos tablas de frecuencia absoluta de los casos confirmados de dengue en toda la República Mexicana por estado y municipio durante el año 2023, junto con sus respectivas visualizaciones en gráficos de barras. En segundo lugar, se describen los resultados del análisis geoestadístico, utilizando el índice de autocorrelación espacial global y local. Estos resultados se acompañan de los siguientes gráficos correspondientes: el gráfico de dispersión de Moran (Moran plot), el mapa de agrupaciones espaciales (Clúster espacial) y el gráfico de significancia espacial.

Durante el año 2023, se registraron un total de 19,727 casos confirmados de dengue, distribuidos en 30 de los 32 estados de la República Mexicana. Los estados con mayor incidencia fueron Yucatán, con 4,336 registros, siendo éste el estado con más casos confirmados durante todo el año. Le siguieron Guerrero, con 2,318 casos; Veracruz, con 2,152; Chiapas, con 1,900; Morelos, con 1,855; Oaxaca, con 1,714; Quintana Roo, con 1,549; Campeche, con 1,037; y Tabasco, con 965. En la Tabla 2 se muestra el total de casos por estado, y en la Figura 4 se visualiza su dispersión. Cabe destacar que los estados de Chihuahua y Zacatecas no reportaron casos de dengue durante este período.

Tabla 2. Casos absolutos de Dengue en México por Estado-2023

ID	Estado	Casos confirmados
1	YUCATAN	4,336
2	GUERRERO	2,318
3	VERACRUZ	2,152
4	CHIAPAS	1,900
5	MORELOS	1,855
6	OAXACA	1,714
7	QUINTANA ROO	1,549
8	CAMPECHE	1,037
9	TABASCO	965
10	PUEBLA	483



Tabla 2. Casos absolutos de Dengue en México por Estado-2023

ID	Estado	Casos confirmados
11	ESTADO DE MÉXICO	263
12	SAN LUIS POTOSI	186
13	COLIMA	172
14	BAJA CALIFORNIA SUR	161
15	MICHOACAN	150
16	GUANAJUATO	92
17	JALISCO	69
18	SINALOA	66
19	NAYARIT	63
20	HIDALGO	52
21	TAMAULIPAS	47
22	COAHUILA	25
23	SONORA	23
24	CIUDAD DE MÉXICO	17
25	AGUASCALIENTES	12
26	NUEVO LEON	12
27	DURANGO	3
28	QUERETARO	2
29	TLAXCALA	2
30	BAJA CALIFORNIA	1
	Total	19,727

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado se identifican los registros por municipio. De los 2,446 municipios de México, solo 385 reportaron casos confirmados de dengue. Entre los municipios con mayor incidencia de fiebre de dengue



se encuentran: Mérida, con 1,607 casos; Valladolid, con 862 casos; y Tizimín, con 854 casos, todos pertenecientes al estado de Yucatán. El municipio de Benito Juárez, del estado de Quintana Roo, reportó 647 casos; Cuernavaca y Jojutla, ambos del estado de Morelos, reportaron 443 y 419 casos, respectivamente. Otros municipios con alta incidencia incluyen Córdoba, del estado de Veracruz, con 363 casos, y Oaxaca de Juárez, con 347 casos. El comportamiento de esta enfermedad endémica en los primeros 50 municipios puede observarse en la Figura 3.

Figura 3. Distribución de los casos confirmados de Dengue en México por Estado-2023

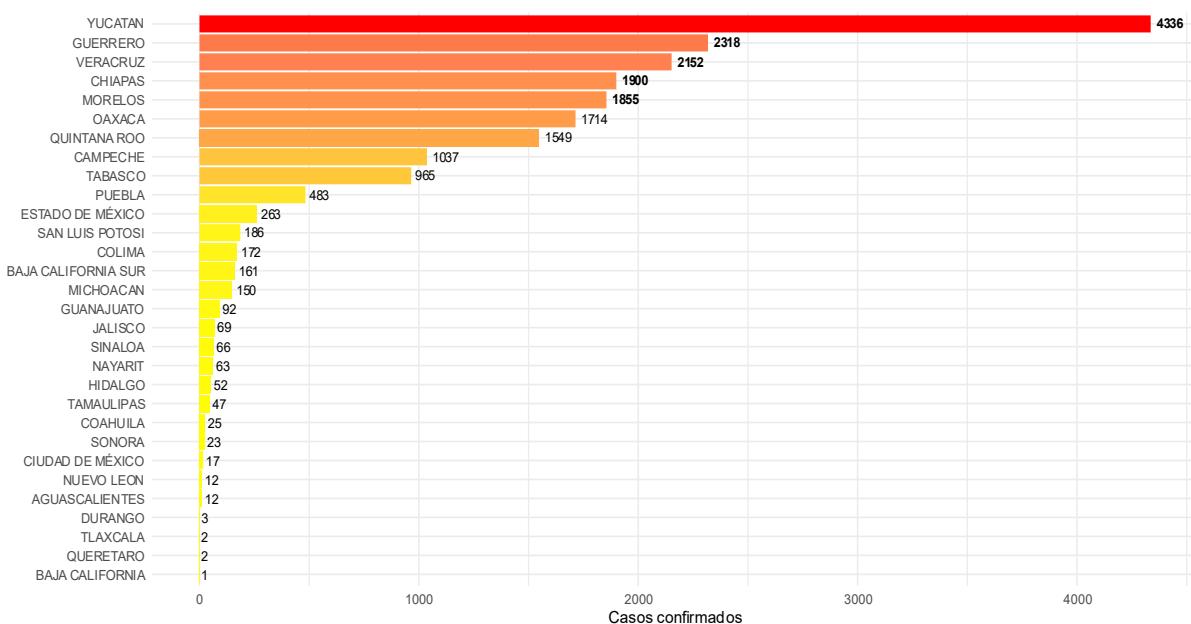
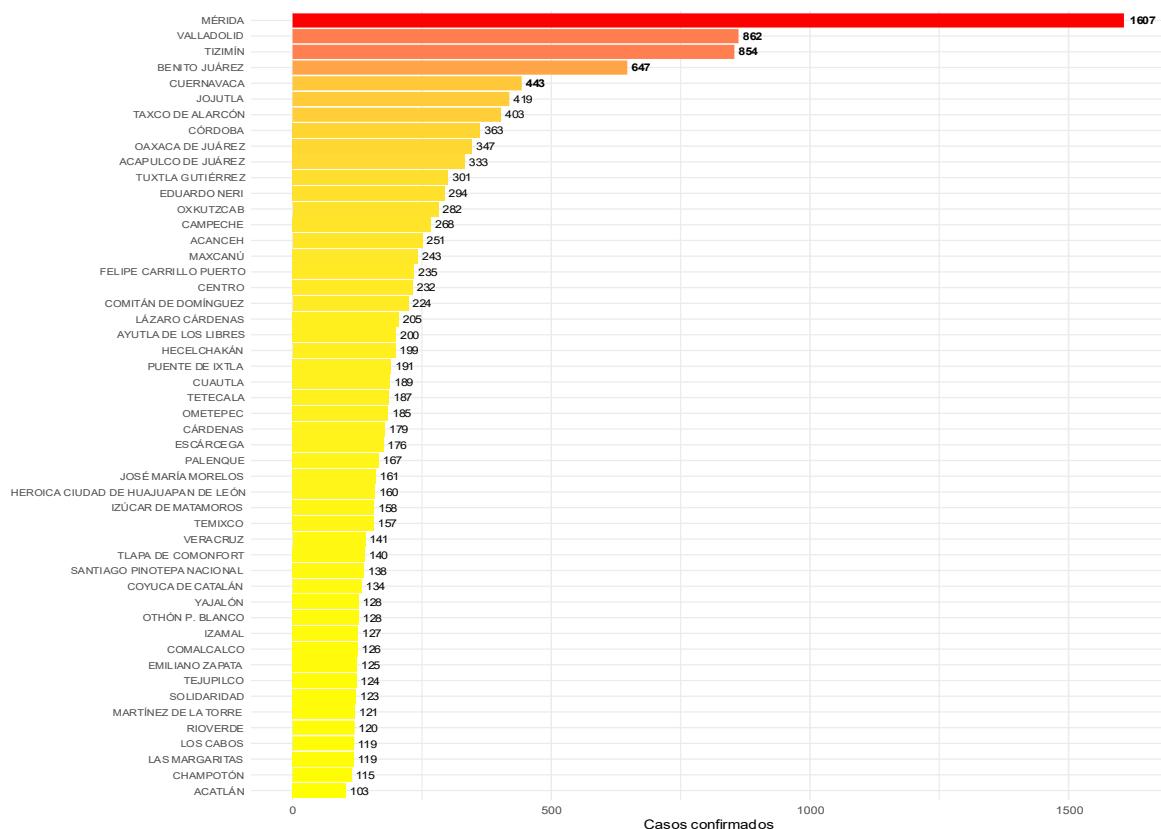


Figura 4. Distribución de los casos confirmados de Dengue en México por Municipio-2023



En la figura 5 se puede observar el valor del Índice de Moran global univariado (Moran's I) junto con su respectivo diagrama de dispersión. Para su elaboración se utilizó una matriz de pesos espaciales tipo reina, con la cual se establecieron los vecinos de cada municipio de la República Mexicana. Es importante mencionar que 61 municipios fueron identificados como aislados o "islas", lo que significa que no tienen municipios vecinos cercanos con los cuales establecer relaciones de vecindad en este contexto espacial.

Los resultados muestran que el índice global de Moran es positivo, con un valor de 0.176, lo cual indica que existe una autocorrelación espacial positiva entre los municipios en términos del número de casos confirmados de dengue. Esto sugiere que los casos confirmados de dengue en México están influenciados por factores espaciales. Una autocorrelación positiva implica que hay una tendencia a la aglomeración o agrupación espacial, es decir, los municipios con un alto número de casos confirmados de dengue tienden a estar cerca de otros municipios con un alto número de casos confirmados, y lo mismo ocurre con los municipios con un bajo número de casos.

La figura 5 también permite visualizar la distribución de los municipios de la República Mexicana en los distintos cuadrantes, en términos de los casos confirmados de dengue:

Cuadrante I (alto-alto): Municipios con un alto número de casos confirmados de dengue que se relacionan con municipios vecinos que también tienen un alto número de casos.

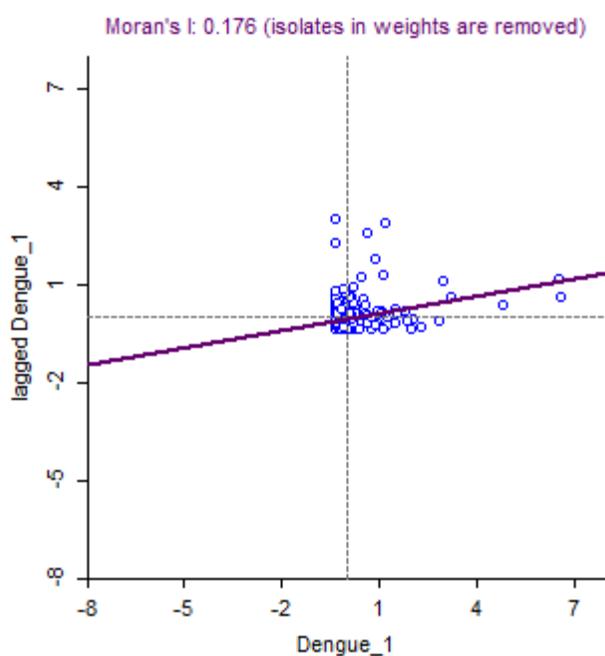
Cuadrante II (bajo-alto): Municipios con un bajo número de casos confirmados de dengue que se relacionan con municipios vecinos que tienen un alto número de casos.

Cuadrante III (bajo-bajo): Municipios con un bajo número de casos confirmados de dengue que se relacionan con municipios vecinos que también tienen un bajo número de casos.

Cuadrante IV (alto-bajo): Municipios con un alto número de casos confirmados de dengue que se relacionan con municipios vecinos que tienen un bajo número de casos.

Estos patrones reflejan la existencia de relaciones de vecindad que influyen en los casos confirmados de dengue en los municipios.

Figura 5. Diagrama de dispersión del Índice de Moran Global univariado de los casos confirmados de dengue por Municipio en México-2023



Una vez comprobada la existencia de autocorrelación espacial mediante el índice de Moran global, se aplicó el índice de Moran local o análisis LISA (Local Indicators of Spatial Association, por sus siglas en inglés) para identificar clústeres locales y posibles outliers en el conjunto de datos bajo estudio. En

la figura 6 se puede observar que existen 22 municipios en un clúster espacial bajo-bajo. Estos municipios muestran niveles bajos de casos confirmados de dengue, y además están rodeados por municipios vecinos que también tienen niveles bajos de casos confirmados de dengue. Por el contrario, se identificó una aglomeración espacial en el cuadrante alto-alto, donde se ubican 17 municipios. Esto indica que son municipios con niveles altos de casos confirmados de dengue, los cuales están circundados por vecinos que también presentan niveles altos de casos confirmados de dengue. Para conocer específicamente qué municipios están incluidos en estos clústeres, se puede consultar la tabla 3.

Figura 6. Clúster espacial de los casos confirmados de dengue por Municipio en México-2023

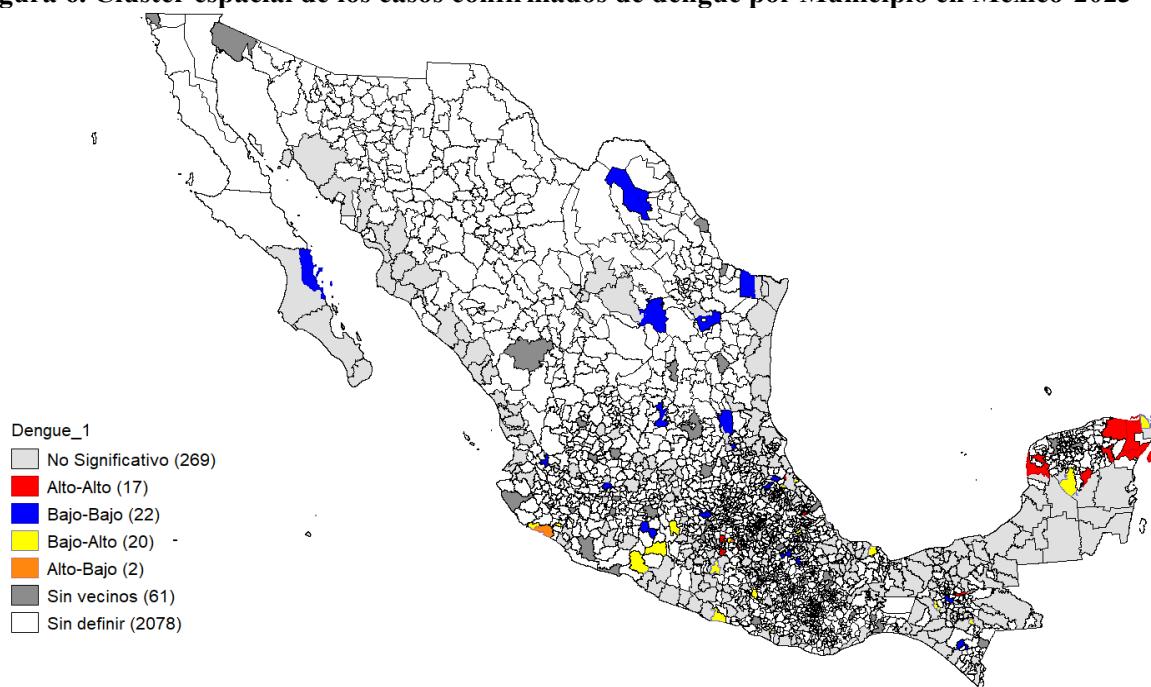


Tabla 3. Clasificación de los municipios de México por clústeres de casos confirmados de dengue-2023

Clústeres	Municipios
Alto-Alto	Calkiní, Simojovel, Cuernavaca, Emiliano zapata, Jojutla, Jonacatepec de Leandro Valle, Puente de Ixtla, Temixco, Cozumel, Lázaro Cárdenas, Solidaridad, Xalapa, Poza Rica de Hidalgo, Peto, Maxcanú, Valladolid y Tizimín.
Bajo-Bajo	Loreto, Múzquiz, Saltillo, San Juan de Sabinas, Ángel Albino Corzo, Bochil, La Barca, Ixtlahuaca, Jiquipilco, Nocupéitaro, Tacámbaro, Ixtlán del Río, Linares, Coxcatlán, Ixtepec, Tehuacán, Venustiano Carranza, Xicotepec, San Luis Potosí, Ciudad Valles, Axtla de Terrazas y Reynosa.
Bajo-Alto	Villa de Álvarez, Berriozábal, Las Rosas, Alcozauca de Guerrero, Coahuayutla de José María Izazaga, San Marcos, Tepecoacuilco de Trujano, Cihuatlán, Huetamo, Tuzantla, Yautepec, Pinotepa de Don Luis, Isla Mujeres, La Antigua, Catemaco, Coscomatepec, Espinal, Gutiérrez Zamora, Teocelo y Tekax.
Alto-Bajo	Manzanillo y Cuautla.

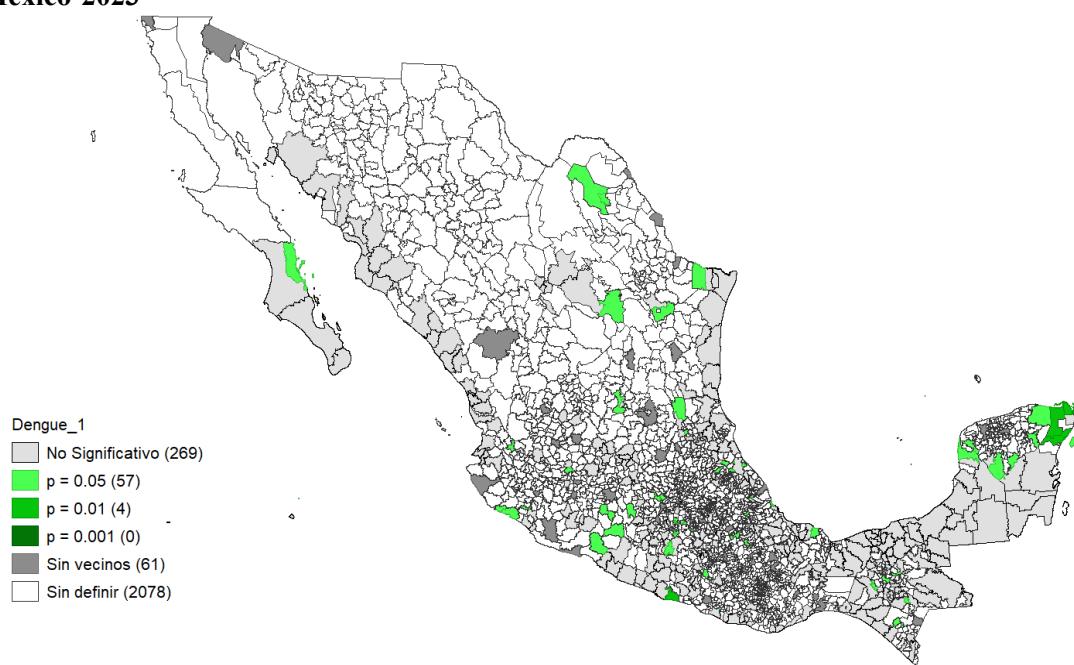
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 6 se muestra que hay 269 municipios donde los valores no son significativos ($p > 0.05$). En estos municipios, no hay evidencia estadística de autocorrelación espacial, esto quiere decir que los casos de dengue están distribuidos aleatoriamente. Adicionalmente, se identificaron 57 municipios con un valor p igual a 0.05, lo que indica un nivel de significancia del 5%. Esto significa que existe evidencia estadística de autocorrelación espacial en estas zonas y la presencia de un patrón de agrupamiento



significativo en la distribución de los casos de dengue. Por otro lado, en 4 municipios se presentaron valores p iguales a 0.01, mostrando un nivel de significancia del 1%. Esto representa una fuerte evidencia de autocorrelación espacial, revelando que los casos de dengue en estos sitios siguen un patrón clúster más pronunciado. Es importante destacar que no se identificaron municipios con un valor p igual a 0.001. Además, se encontraron 61 municipios que no tienen vecinos, es decir que están aislados o son considerados islas. Finalmente, en el mapa también se puede ver que 2,078 municipios están sin definir en el análisis, debido a la ausencia de registros de casos de dengue por parte del sector de salud.

Figura 7. Mapa de significancia espacial de los casos confirmados de dengue por Municipio en México-2023

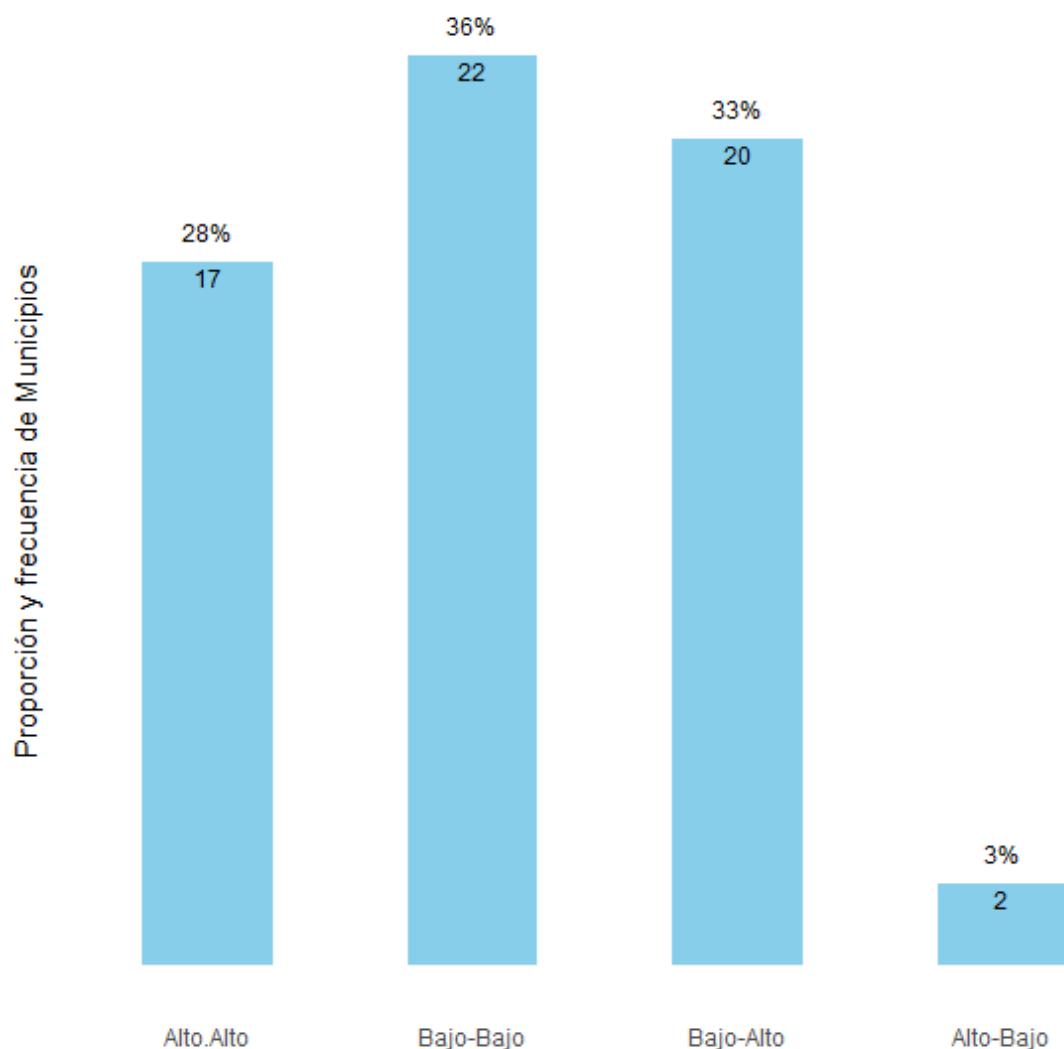


En el presente estudio, se analizaron los casos confirmados de dengue en México durante el año 2023. A continuación, se destacan los municipios con mayor y menor incidencia de la enfermedad. Los seis municipios con el mayor número de casos confirmados de dengue durante el año 2023 fueron Mérida, Valladolid y Tizimín, del estado de Yucatán; Benito Juárez, de Quintana Roo; y Jojutla y Cuernavaca, de Morelos. Por otro lado, los seis municipios con el menor número de casos confirmados de dengue en el mismo período fueron Zapotlán el Grande, del estado de Jalisco; Axtla de Terrazas, de San Luis Potosí; Álamos, de Sonora; Piedras Negras, de Coahuila; Coatepec Harinas, del estado de México; y Tijuana, de Baja California.

Estos resultados permiten identificar tanto las regiones de mayor preocupación como aquellas menos afectadas, lo cual es esencial para la implementación de estrategias de prevención y control del dengue en el país. La identificación de municipios con alta incidencia es crucial para dirigir los recursos y esfuerzos de salud pública, mientras que el monitoreo de municipios con baja incidencia ayuda a asegurar que se mantengan libres de brotes significativos.

De acuerdo con la figura 8, se observó que 17 municipios (28%) presentaron un clúster Alto-Alto, también conocido como hot spot, mientras que 22 municipios (36%) exhibieron un clúster Bajo-Bajo, o cold spot. Además, 20 municipios (33%) mostraron un agrupamiento Bajo-Alto, y únicamente 2 municipios (3%) fueron clasificados en un clúster Alto-Bajo.

Figura 8. Distribución de Municipios por clúster espacial de los casos de dengue en Mexico-2023



La tabla 4 presenta el nivel de significancia por clúster de los casos confirmados de dengue. A un nivel de significancia del 5%, se identificaron 14 municipios en un patrón clúster Alto-Alto, 22 en Bajo-Bajo, 20 en Bajo-Alto y 1 en Alto-Bajo. A un nivel del 1%, se encontraron 3 municipios en Alto-Alto y 1 en Alto-Bajo, mientras que no se detectaron clústeres significativos a un nivel del 0.1%. En total, de los 61 municipios con clústeres significativos, la mayoría se agrupa en Bajo-Bajo y Alto-Alto, demostrando regiones con alta y baja incidencia de dengue, respectivamente, que están geográficamente concentradas.

Tabla 4. Nivel de significancia por clúster de los casos confirmados de dengue por Municipio en México-2023

Valor-p	Alto-Alto	Bajo-Bajo	Bajo-Alto	Alto-Bajo	Total
0.05	14	22	20	1	57
0.01	3	0	0	1	4
0.001	0	0	0	0	0
Total	17	22	20	2	61

Fuente: Elaboración propia.

Ahora nos centraremos en el análisis detallado del primer cuadrante que representa el patrón de agrupamiento Alto-Alto. Los puntos ubicados en el cuadrante (+,+) en el contexto del plano cartesiano espacial de la figura 9 representan regiones con niveles altos de casos confirmados de dengue. De acuerdo con las figuras 10 y 11, la mayoría de los municipios identificados por el análisis LISA como pertenecientes a este grupo se encuentran en el sur de México, con algunos adicionales en el centro del país. En detalle, 14 municipios mostraron un valor-p menor o igual a 0.05, indicando un nivel de significancia del 5%, mientras que 3 municipios presentaron un valor-p menor o igual a 0.01, correspondiente a un nivel de significancia del 1%.

Los municipios con un valor-p menor o igual a 0.05 son: Calkiní, Campeche (valor-p=0.03); Simojovel, Chiapas (valor-p=0.04); Cuernavaca (valor-p=0.04), Emiliano Zapata (valor-p=0.02) y Jonatepec de Leandro Valle (valor-p=0.03) del estado de Morelos; Cozumel (valor-p=0.02) y Solidaridad (valor-p=0.007) de Quintana Roo; Lázaro Cárdenas, Michoacán (valor-p=0.009); Xalapa (valor-p=0.04) y Poza



Rica de Hidalgo (valor-p=0.04), del estado de Veracruz; y Peto (valor-p=0.01), Maxcanú (valor-p=0.03), Valladolid (valor-p=0.02) y Tizimín (valor-p=0.01) del estado de Yucatán. Mientras tanto, los municipios con un valor-p menor o igual a 0.01 son: Jojutla (valor-p=0.01), Puente de Ixtla (valor-p=0.01) y Temixco (valor-p=0.01), todos pertenecientes al estado de Morelos.

Figura 9. Diagrama de dispersión del cuadrante I (Alto-Alto) del Índice de Moran Global univariado de los casos confirmados de dengue por Municipio en México-2023

Moran's I: 0.176 (isolates in weights are removed)

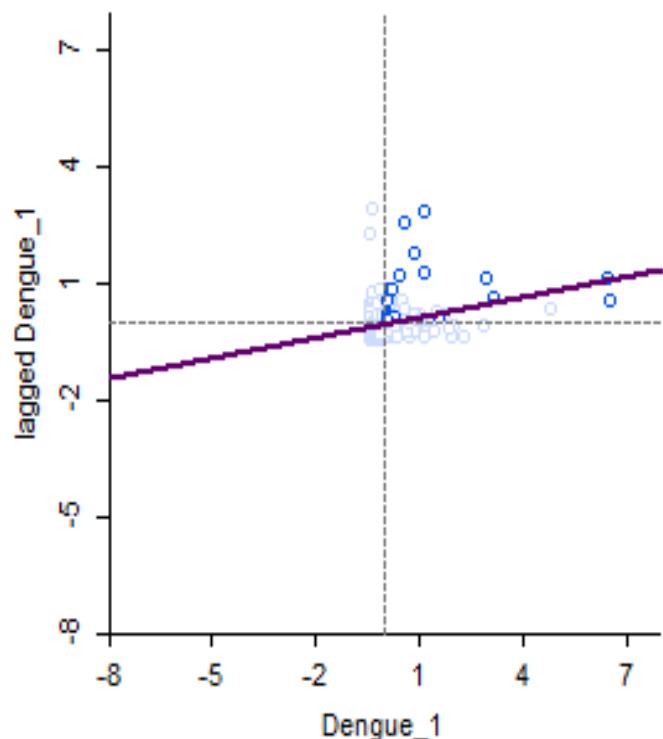


Figura 10. Clúster espacial Alto-Alto de los casos confirmados de dengue por Municipio en México-2023

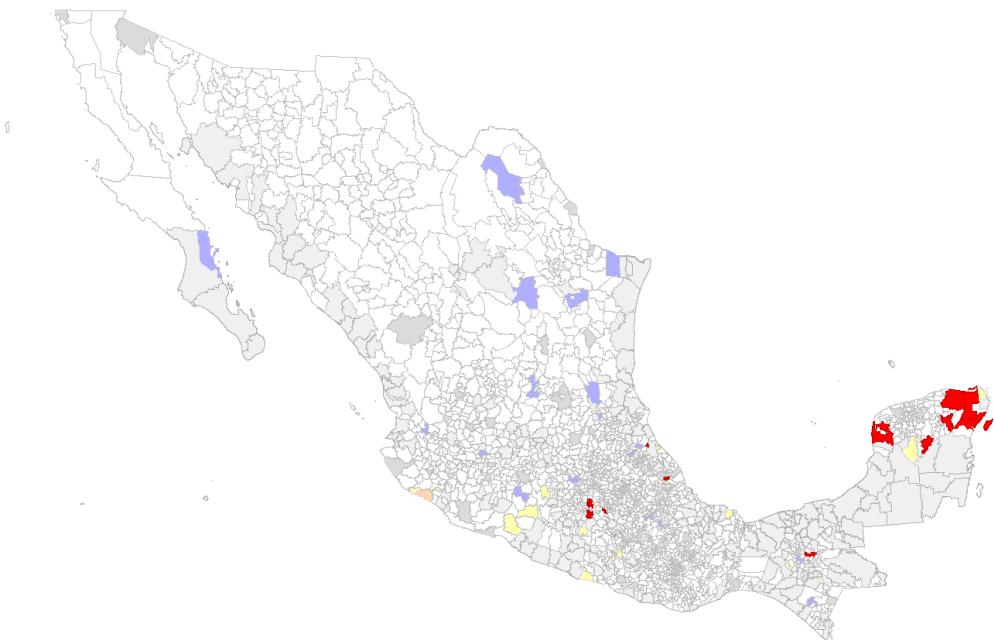
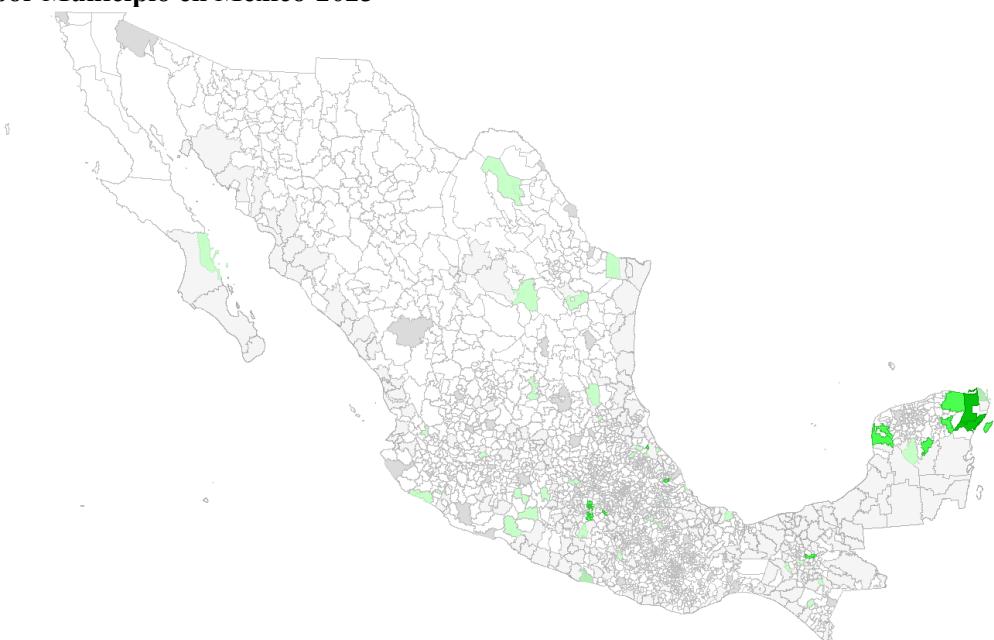


Figura 11. Mapa de significancia espacial de los clústeres Alto-Alto de los casos confirmados de dengue por Municipio en México-2023



CONCLUSIONES

Mediante la aplicación del análisis geoestadístico en este estudio, se concluye que, de enero a diciembre de 2023, hubo una serie de contagios alarmantes al sur de México, principalmente en regiones de los estados de Yucatán, Guerrero y Veracruz, que se posicionaron entre los tres primeros estados con más registros. Si bien el mosquito que transmite el virus del dengue es catalogado como un organismo poiquilotermo, es decir, que se adapta a los cambios de temperatura en el ambiente. Quizá factores como la falta de adherencia a las medidas preventivas propuestas por las autoridades, la carencia de servicios básicos en zonas de extrema pobreza, y la limitada disponibilidad de información sobre cómo prevenir esta enfermedad, pueden estar influyendo en el aumento de contagios en el país.

A pesar de que tanto el índice de Moran global como el local revelaron un patrón disperso en la distribución general de los casos de dengue, se logró identificar una autocorrelación significativa en ciertos municipios. Otro aspecto relevante es que hubo 20 municipios que presentaron un patrón de agrupamiento de casos bajos de dengue rodeados de áreas con alta incidencia, lo que indica que la efectividad de las medidas preventivas o la influencia de factores específicos pueden estar limitando la propagación en estas zonas. Asimismo, se detectaron 2 municipios con altos registros de dengue rodeados por áreas de baja incidencia, lo cual señala focos de infección que podrían requerir atención para evitar la propagación del virus a las áreas circundantes.

Por otro lado, algunos municipios no presentaron un patrón de agrupamiento, no porque no haya habido casos confirmados, sino porque no tienen vecinos que compartan las mismas características de contagio, lo que los clasifica como "sin vecinos". Además, hubo municipios donde los resultados no fueron estadísticamente significativos, porque indican que no se encontró una relación clara entre los casos observados y su distribución espacial. Finalmente, los municipios clasificados como "sin definir" representan áreas donde los datos no fueron suficientes o no se ajustaron a los patrones esperados. Dado que se presentó autocorrelación en algunos municipios como ya se mencionó anteriormente. Para abordar eficazmente esta situación y reducir la propagación del virus, se propone realizar estudios más profundos en estas regiones, de años anteriores y de los próximos años para comprender las causas subyacentes de los altos contagios. Donde se pueden incluir variables ambientales, socioeconómicas y de enfermedades no transmitibles, para entender mejor su comportamiento espacial e incluso temporal



o indexado. Además de una evaluación exhaustiva de la efectividad de las medidas preventivas actuales. Desarrollar nuevas estrategias específicas para los municipios afectados. Incluir campañas de educación sobre el dengue, destinar recursos para repelentes, instalación y trampas para mosquitos. Implementar el suministro de agua limpia y la gestión de desechos, para reducir los criaderos de mosquito y mejorar las condiciones de los ciudadanos en riesgo. De igual manera se podría intensificar la vigilancia en las áreas con mayor concentración de casos. Ejecutar sistemas de monitoreo en tiempo real y realizar fumigaciones más frecuentes para controlar los contagios. Considero que estas acciones coordinadas permitirán una respuesta más efectiva en los municipios con autocorrelación significativa. Ayudando a reducir la propagación del dengue y a mejorar la salud pública de esas zonas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Annan, E., Bukhari, M. H., Treviño, J., Abad, Z. S. H., Lubinda, J., da Silva, E. A., & Haque, U. (2023). The ecological determinants of severe dengue: A Bayesian inferential model. *Ecological Informatics*, 74, 101986. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1574954123000158?casa_token=O7JVHd2nvhgAAAAA:SpV5_6Eyn1dZk5LKDqvs6km5RIF3KfVwLu37aZwk3eSlfgcYckYAGfXQI_FCyY8eoYkyoAC41dfp
- Antonio, V. M. G. (2014). *Centro de investigaciones socioeconómicas doctorado en economía regional* (Doctoral dissertation, UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE COAHUILA).
- Arbo, A., Ayala, F., Martínez de Cuellar, C., Borba, J., & Chamorro, G. (2012). DENGUE: Guía de manejo clínico. Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social.
- Åström, C., Rocklöv, J., Hales, S., Béguin, A., Louis, V. y Sauerborn, R. (2012). Distribución potencial del dengue en escenarios de cambio climático y desarrollo económico. *Ecosalud*, 9 , 448-454. <https://doi.org/10.1007/s10393-012-0808-0>
- Aviles, G. V. (2017). El Índice de Moran en el desempleo juvenil por entidad federativa en México, 2005-2015 II.
- Bohorquez, M., Santa, F., & Rodríguez, F. (2020). Estadística espacial y espacio-temporal para campos aleatorios escalares y funcionales. *Notas de Clase. Curso estadística espacial*.



- Celemín, J. P. (2009). Autocorrelación espacial e indicadores locales de asociación espacial: Importancia, estructura y aplicación. *Revista universitaria de geografía*, 18(1), 11-31.
- Christakos, G. (1992). Random Field Models in Earth Sciences. Academic Press. Recuperado de http://ndl.ethernet.edu.et/bitstream/123456789/15682/1/George%20Christakos_1992.pdf
- Cressie, N. (1993). Statistics for Spatial Data (Revised edition). Wiley. Recuperado de <https://thuviensho.hoasen.edu.vn/bitstream/handle/123456789/9667/Contents.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- García Pascual, L. (2010). *El espacio-tiempo de Einstein*. Revista Anales ICAI. Recuperado de https://revista-anales.icai.es/web/n_1/pdf/espacio_tiempo.pdf
- Garrocho, C., & Campos-Alanís, J. (2013). Réquiem por los indicadores no espaciales de segregación residencial. *Papeles de población*, 19(77), 269-300.
- Gelfand, A. E., Diggle, P. J., Fuentes, M., & Guttorp, P. (2010). Handbook of Spatial Statistics. CRC Press. Recuperado de <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/9781420072884/handbook-spatial-statistics-peter-guttorp-montserrat-fuentes-alan-gelfand-peter-diggle>
- Grillo, D. Y. Distribución Espacial del Dengue y su Relación con el Índice de Marginación Urbano y la Temperatura Superficial del Suelo en dos Ciudades de Sonora, 2007-2017.
- Hernández, R. V. (2021). Procesos de modelación matemática y modelación estadística en tiempos contemporáneos: similitudes y diferencias. *Boletín Redipe*, 10(7), 334-356.
- López, P. E. B. (2021). Autocorrelación espacial-Índices para determinar su presencia en datos geográficos: Breve revisión de la literatura. *Universidad-Verdad*, 1(78), 48-61.
- Mata, G. B., Redondo, S. H., & López, R. G. (2020). Actualización de la fiebre del Dengue. *Revista Médica Sinergia*, 5(1), 12.
- Morales, J., & Martínez, M. A. (2021). Modelos Estadísticos. Universidad Miguel Hernández de Elche.
- Muñoz León, J. J., & Burgueño Theurel, D. (2025). Physical Self-Concept and Sports Performance in University Students: An Approach Based on Binary Logistic Modeling. *Revista Veritas De Difusão Científica*, 6(3), 1227–1243. <https://doi.org/10.61616/rvdc.v6i3.989>



Ojeda, M. M. (2004). *La Modelación Estadística*. Universidad Veracruzana. Recuperado de ResearchGate:

https://www.researchgate.net/publication/295010680_La_modelacion_estadistica

Organización Panamericana de la Salud. (2024). Dengue. <https://www.paho.org/es/temas/dengue>

Organización Mundial de la Salud. (2023). Dengue-Situación mundial.

<https://www.who.int/es/emergencies/disease-outbreak-news/item/2023-DON498>

Organización Panamericana de la Salud. (2023). Dengue-Región de las Américas.

<https://www.who.int/es/emergencies/disease-outbreak-news/item/2023-DON475>

Organización Panamericana de la Salud. (2024). Alerta Epidemiológica - Aumento de casos de dengue en la Región de las Américas - 16 de febrero del 2024.

<https://www.paho.org/es/documentos/alerta-epidemiologica-aumento-casos-dengue-region-americas-16-febrero-2024>

Román-Pérez, S., Aguirre-Gómez, R., Hernández-Ávila, JE, Íñiguez-Rojas, LB, Santos-Luna, R., & Correa-Morales, F. (2023). Identificación de Áreas de Riesgo de Transmisión del Dengue en Culiacán, México. *Revista Internacional de Geoinformación de ISPRS*, 12 (6), 221.

Romo, J. E. (2019). *Modelos espaciales y espacio-temporales para modelación de datos con exceso de ceros* (Doctoral dissertation, Tesís de maestría, Centro de Investigación en Matemáticas (CIMAT)).

Ruelas Mesa, I., Hernández Suárez, J., Muñoz León, J. J., & Argüello Ortiz, Ángel F. (2025). Análisis de los factores de riesgo de la brucelosis en México en 2020, 2021 y 2022. *Emergentes - Revista Científica*, 5(1), 333–347. <https://doi.org/10.60112/erc.v5.i1.325>

Servín, C. C., García, A. T., & Mendoza, M. G. G. (2018). Cambio climático y escenarios futuros de la expansión del dengue en México. Geomedicina y la tecnología espacial aplicada al caso de los vectores en salud humana. Universidad Autónoma, San Luis Potosí, 161-180.

Siabato, W., & Guzmán-Manrique, J. (2019). La autocorrelación espacial y el desarrollo de la geografía cuantitativa. Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía, 28(1), 1-22.

Vazquez Brust, A. (2020). *Ciencia de Datos para Gente Sociable: Una introducción a la exploración, análisis y visualización de datos*.



Watts, M. J., Kotsila, P., Mortyn, P. G., Sarto i Monteys, V., & Urzi Brancati, C. (2020). Influence of socio-economic, demographic and climate factors on the regional distribution of dengue in the United States and Mexico. *International journal of health geographics*, 19, 1-15.

Yrigoyen, C. C. (2006). Análisis estadístico de datos geográficos en geomarketing: el programa GeoDa. Distribución y consumo, 178, 34.

Wikle, C. K., Zammit-Mangion, A., & Cressie, N. (2019). Spatio-temporal statistics with R. Chapman and Hall/CRC. Recuperado de

https://legacy.nimbios.org/workshops/synchrony/ST_book_short.pdf

