



SECCIÓN NATURALES Y EXACTAS

Artículo original de investigación

El clima y el espacio geográfico: su rol en la dinámica del virus dengue en Cuba

Yazenia Linares Vega ^{1*} <https://orcid.org/0000-0003-2980-5120>

Luisa Iñiguez Rojas ² <https://orcid.org/0000-0002-4645-1611>

Mayling Alvarez Vera ³ <https://orcid.org/0000-0002-8811-455X>

Paulo Lázaro Ortiz Bultó ⁴ <https://orcid.org/0000-0001-9449-3114>

¹ Centro Meteorológico Provincial La Habana-Artemisa-Mayabeque. Instituto de Meteorología. La Habana, Cuba

² Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales. Universidad de La Habana. La Habana, Cuba

³ Laboratorio Nacional de Referencia de Arbovirus del Instituto de Medicina Tropical Pedro Kouri. La Habana, Cuba

⁴ Centro del Clima. Instituto de Meteorología. La Habana, Cuba

*Autora para la correspondencia: lyazenia@gmail.com

RESUMEN

Introducción: El dengue constituye una de las principales amenazas sanitarias en Cuba, donde la variabilidad climática y el espacio geográfico condicionan la ecología del vector *Aedes aegypti* y la circulación del virus dengue, incrementando la exposición humana y el riesgo epidémico. **Objetivo:** Determinar el efecto de la variabilidad climática sobre la dinámica espacio-temporal del virus dengue en Cuba y proponer acciones de adaptación frente al clima cambiante. **Métodos:** Se realizó un estudio correlacional descriptivo mediante un enfoque híbrido que integra la bioclimatología médica y la geografía de la salud. Se analizaron series climáticas, entomológicas y microbiológicas correspondientes al periodo 1991-2024. Se aplicaron análisis de autocorrelación multivariado (Moran global y LISA), análisis de clúster y el índice de Bultó para evaluar la sensibilidad climática de la circulación viral. **Resultados:** Se evidenció una marcada estacionalidad de la circulación del virus dengue, con máximos entre septiembre y noviembre, así como ciclos de muy alta actividad viral con periodicidad aproximada de 2 años a 2,5 años. Se identificó un desfase temporal cercano a 1 mes entre anomalías climáticas y picos de circulación viral, con fuerte asociación espacial (Moran bivariado igual a 0,8-0,9). Se detectaron áreas calientes persistentes donde confluyen condiciones climáticas favorables, alta densidad poblacional, urbanización desordenada y pérdida de biodiversidad, amplificando la vulnerabilidad territorial. **Conclusiones:** La circulación del virus dengue en Cuba presenta patrones espaciales y estacionales bien definidos, modulada por la variabilidad climática. El enfoque híbrido empleado aporta información estratégica para fortalecer la vigilancia virológica y el desarrollo de sistemas de alerta temprana frente al clima cambiante.

Palabras claves: virus dengue; enfoque híbrido; geografía de la salud; bioclimatología; índice de Bultó

Editor

Lisset González Navarro
Academia de Ciencias de Cuba.
La Habana, Cuba

Traductor

Darwin A. Arduengo García
Academia de Ciencias de Cuba.
La Habana, Cuba

Climate and geographical space: their role in the dynamics of the dengue virus in Cuba

ABSTRACT

Introduction: Dengue is one of the main public health threats in Cuba, where climate variability and geographical space condition the ecology of the vector *Aedes aegypti* and the circulation of the dengue virus, increasing human exposure and epidemic risk. **Objective:** To determine the effect of climate variability on the spatio-temporal dynamics of the dengue virus in Cuba and to propose adaptation actions in response to a changing climate. **Methods:** A correlational-descriptive study was conducted using a hybrid approach integrating medical bioclimatology and health geography. Climatic, entomological, and microbiological time series corresponding to the period 1991–2024 were analyzed. Multivariate spatial autocorrelation analyses (Global Moran's I and LISA), cluster analysis, and the Bultó Index were applied to assess the climatic sensitivity of viral circulation. **Results:** A marked seasonality in dengue virus circulation was identified, with peaks between September and November, as well as cycles of very high viral activity with an approximate periodicity of 2 years to 2.5 years. A time lag of approximately one month was detected between climatic anomalies and peaks in viral circulation, with strong spatial association (Bivariate Moran's I = 0.8–0.9). Persistent hotspots were identified where favorable climatic conditions converge with high population density, unplanned urbanization, and biodiversity loss, amplifying territorial vulnerability. **Conclusions:** Dengue virus circulation in Cuba exhibits well-defined spatial and seasonal patterns modulated by climate variability. The hybrid approach provides strategic information to strengthen virological surveillance and to support the development of early warning systems under changing climate conditions.

Keywords: Dengue virus; hybrid approach; health geography; bioclimatology; Bultó Index.

INTRODUCCIÓN

El dengue ha emergido como una de las enfermedades transmitidas por vectores de mayor impacto en América Latina y el Caribe, tanto por su elevada carga epidemiológica como por su creciente complejidad espacial y temporal.^(1,2) La intensificación de su transmisión y la expansión geográfica del *Aedes aegypti*, vector altamente adaptado a entornos urbanos, constituyen un desafío crítico para los sistemas de salud pública en regiones tropicales y subtropicales.⁽³⁾ El clima ejerce una influencia directa sobre el ciclo biológico del vector, la replicación viral y la duración del periodo de incubación extrínseca. La temperatura condiciona el desarrollo, la supervivencia y la competencia vectorial, mientras que la humedad y precipitación influyen en la disponibilidad de criaderos y la persistencia de las formas inmaduras.^(4,5,6) Estas interacciones convierten al dengue en una enfermedad particularmente sensible a la variabilidad climática.

Si bien el dengue es una enfermedad multifactorial, diversos estudios coinciden en que el clima constituye el condicionante proximal que modula las variaciones rápidas en la proliferación del vector y la intensidad de la circulación del

virus dengue (VDen). A diferencia de factores socioambientales como la densidad urbana, el saneamiento, la movilidad humana o la estructura territorial que tienden a mantenerse relativamente estables en escalas mensuales o anuales, las variables climáticas presentan fluctuaciones de alta frecuencia que afectan directamente la ecología del *Aedes aegypti*.

Estas condiciones amplifican la capacidad vectorial, modifican el periodo de incubación extrínseca del virus, y favorecen la disponibilidad de los hábitats larvales. En este sentido, el clima actúa como el principal impulsor dinámico de transmisión, mientras que los factores sociales y territoriales definen la vulnerabilidad estructural del sistema.^(4,6)

En Cuba, esta relación entre el clima y la circulación viral se expresa sobre una base territorial heterogénea, caracterizada por contrastes en densidad poblacional, urbanización y condiciones ambientales. La coexistencia de un clima tropical con estas desigualdades espaciales ha favorecido la ocurrencia de epidemias desde los años 80 del pasado siglo, lo que evidencia la necesidad de comprender cómo la variabilidad climática interactúa con el territorio para configurar patrones diferenciados de riesgo.^(7,8) En este contexto, el ries-

go de transmisión del VDen se construye territorialmente a partir de la interacción entre la variabilidad climática, factores socioambientales y procesos de transformación del paisaje, incluyendo la gestión del agua, el saneamiento y la pérdida de la biodiversidad. ⁽⁹⁾

En el país la vigilancia del VDen se sustenta en un sistema integral basado en 4 pilares fundamentales: la clínica, la epidemiología, la entomología y la virología. Este sistema se apoya en la detección y el seguimiento de pacientes con un síndrome febril agudo para la notificación de casos con sospecha clínica de dengue y confirmar el virus circulante, lo que desencadena acciones intensivas de vigilancia y control integrado, incluidas la pesquisa entomológica y la lucha antivectorial. ⁽¹⁰⁾ No obstante, este enfoque operativo reactivo requiere completarse con análisis climáticos y espaciales que permitan anticipar escenarios de riesgo y avanzar hacia una vigilancia con capacidad predictiva.

En este estudio, el dengue se aborda desde el cuarto pilar a partir de la circulación espacial del VDen (DENV), entendida como un componente intermedio del sistema clima-vector-virus, previo a la manifestación clínica. El enfoque híbrido desde la geografía de la salud y la bioclimatología aplicada permite analizar la modulación climática y territorial de la actividad viral. ^(11,12) Aísla la señal espacial del clima y aportando información estratégica para la vigilancia virológica y el desarrollo de sistemas de alerta temprana.

El cambio climático introduce un contexto que tiende a intensificar y reconfigurar los patrones de transmisión del VDen, lo que favorece un incremento progresivo de los casos en la región. ^(13,14) En Cuba el aumento sostenido de la temperatura media, la modificación en el régimen de precipitaciones y mayor frecuencia de eventos extremos, amplían la ventana temporal de transmisión del vector, incluso fuera del periodo lluvioso tradicional. ⁽¹⁵⁾

En este contexto el objetivo del presente estudio es determinar el efecto de la variabilidad climática sobre la dinámica espacial y temporal del VDen en Cuba. El análisis se realiza a escala nacional, con el propósito de aportar evidencias útiles para la vigilancia virológica y planificación sanitaria, particularmente relevante en un escenario de clima cambiante, que tiende a modificar los patrones tradicionales de transmisión y amplificar los periodos estacionales de la circulación viral.

MÉTODOS

Se realizó un estudio observacional, retrospectivo y correlacional-descriptivo, desarrollado en Cuba durante el periodo 1991-2024. La metodología integró análisis de series temporales y análisis espacial, con énfasis en estadística espacial descriptiva para la identificación de patrones, tendencias y

asociaciones territoriales, en coherencia con enfoques contemporáneos de análisis geoestadístico. ⁽¹⁶⁾

Se adoptó un enfoque híbrido que articula la climatología médica y la geografía de la salud, con énfasis en la geografía cuantitativa. La bioclimatología permitió identificar la influencia integrada de la variabilidad climática sobre la dinámica vectorial y la circulación del VDen, mientras que la geografía de la salud aportó el análisis en la distribución espacial del VDen y sus desigualdades territoriales. ^(12,11,17) La geografía cuantitativa sustentada en los principios geográficos para la aplicación de métodos y técnicas de autocorrelación espacial permitió cuantificar y analizar la circulación viral modulada por el clima, lo que facilitó la interpretación objetiva de la coherencia y asociación entre patrones espaciales complejos. ^(18,19) Este enfoque integrado ha sido ampliamente respaldado en estudios previos que analizan la interacción clima-territorio-salud. ⁽²⁰⁾

Área de estudio

Cuba se localiza en el Caribe tropical, entre los 19°49' y 23°17' de latitud Norte y los 74°07' y 84°54' de longitud Oeste, y presenta un clima tropical estacionalmente húmedo, con marcada heterogeneidad territorial. El periodo lluvioso se extiende de mayo a octubre, mientras que el periodo poco lluvioso de noviembre a abril. La temperatura media anual oscila entre 24 °C y 26 °C y la precipitación media anual es de aproximadamente 1335 mm. ⁽¹⁵⁾ Estudios recientes evidencian una señal clara de cambio climático caracterizada por un incremento de 0,8 °C a 1 °C en la temperatura media, una reducción del número de días lluviosos y un aumento en la frecuencia e intensidad de las sequías, lo que constituye un factor de fondo relevante para el análisis de la dinámica del VDen. ^(14,15)

La población cubana, estimada en 9,7 millones de habitantes en 2024, representa una distribución espacial desigual, con altas densidades en áreas urbanas y asentamientos dispersos en zonas rurales y de mayor influencia orográfica. Estas diferencias influyen directamente en la exposición vectorial y en la heterogeneidad del riesgo de transmisión. ⁽²¹⁾

Información climática

La información climática provino de la red de estaciones meteorológicas del Instituto de Meteorología de Cuba (INS-MET), con registros mensuales para el periodo 1991-2024. Se emplearon las siguientes:

- temperatura máxima y mínima media (°C),
- oscilación térmica diaria (°C),
- humedad relativa media (%),
- presión atmosférica a nivel del mar (hPa),
- tensión de vapor de agua (hPa),
- precipitación total mensual (mm),

- número de días con precipitación mayor e igual que 0,1 mm, y
- densidad de oxígeno disuelto en el aire (g/m^3).

Estas variables permiten caracterizar el estado térmico, hídrico y biofísico del ambiente, relevante para la dinámica vectorial. Con el propósito de integrar la información y evitar la multicolinealidad, se utilizó el índice climático de Bultó ($\text{IB}_{1,t,c}$) como indicador integral del estado climático, derivado de un análisis de componentes principales (ACP). Sus rangos oscilan entre ± 3 , con valores negativos para el periodo poco lluvioso y valores positivos para el periodo lluvioso. ^(22,23) El $\text{IB}_{1,t,c}$ se empleó como variable climática integrada en los análisis de asociación clima-salud.

Indicadores entomológicos y virológicos

Los datos entomológicos se obtuvieron del Programa nacional de vigilancia y control de *Aedes aegypti*, con cobertura nacional para el periodo 2010-2024. Se emplearon los indicadores estandarizados por la Organización Mundial de la Salud (OMS): ⁽²⁴⁾

- número de focos larvarios de *Ae. aegypti* (NFAe), indicador de la presencia y dispersión del vector;
- índice de casa (IC), número de viviendas en las que existían larvas del vector, por cada 100 viviendas visitadas;
- índice de Breteau (IBr), número de recipientes con larvas del vector, por cada 100 viviendas visitadas;
- indicador de la circulación del VDen, se utilizaron las muestras serológicas positivas a VDen, diagnosticadas mediante el método ELISA de captura de IgM; reportados por el Laboratorio Nacional de Referencia de Arbovirus del Instituto de Medicina Tropical Pedro Kourí. El periodo de análisis comprendido abarcó desde 2010 al 2024. ^(3,24)

Fundamentación metodológica

El análisis se basó en la metodología bioclimática desarrollada por Bultó, que integra variables climáticas en índices complejos para representar la variabilidad climática mensual, estacional e interanual de un territorio. Este enfoque permite evaluar la acción conjunta del clima sobre los organismos vivos y facilita la integración multiescalar de indicadores climáticos, entomológicos y virológicos, así como la generación de mapas para la planificación sanitaria. ^(20,22)

Procesamiento y análisis de datos

El proceso se estructuró en 3 etapas:

Análisis exploratorio de datos (AED) y de series temporales: se realizó una descripción univariada de las series, análisis de estacionalidad, complementado con diagramas de caja y gráficos de perfiles. Las tendencias se evaluaron mediante las pruebas de Mann-Kendall y Spearman, y los cambios abruptos mediante la prueba de Ward-Wolfowitz. ⁽²⁵⁾

Integración y análisis espacial con el fin de homogeneizar las escalas y permitir el análisis espacial integrado, se procedió de la siguiente manera:

- Interpolación y desagregación: los valores del $\text{IB}_{1,t,c}$ puntuales se interpolaron a una malla regular de 20 km mediante kriging ordinario. ^(26,27) Para los datos de salud se empleó Poisson kriging con el objetivo de suavizar la variabilidad y facilitar la identificación de patrones regionales de circulación viral. ^(28,29)
- Matriz de referencia: la malla regular se utilizó como soporte espacial analítico común para la integración de variables y reducir el efecto de las unidades político-administrativas. ^(27,29)
- Matriz de pesos espaciales (W): se construyó una matriz basada en el criterio de contigüidad tipo Reina. ^(29,30)
- Análisis de dependencia espacial: Se evaluó la autocorrelación espacial global mediante el índice de Moran bivariado y la autocorrelación local bivariado (LISA), para identificar clústeres espaciales significativos y valores atípicos del VDen asociados a la variabilidad climática. ⁽³⁰⁾

Software y sistema de referencias

El procesamiento y análisis de los datos se realizó mediante programas especializados:

- ArcGIS Desktop 10.3 (ESRI): gestión de la base de datos cartográfica, georreferenciación, interpolación (kriging), construcción de la grilla de análisis y la generación de mapas temáticos;
- TIBCO Spotfire S+® 8.1: análisis estadístico avanzado y análisis de exploración de datos (AED);
- GeoDa 1.22.0.49 (2023): construcción de la matriz de pesos espaciales (W) y el cálculo de los índices de autocorrelación espacial global y local bivariado.

Toda la información se trabajó bajo un sistema de coordenadas único UTM zona 17N (EPSG:32617), garantizando coherencia y precisión espacial en el análisis.

RESULTADOS

Se presentan los resultados temporales y espaciales que permitieron caracterizar la dinámica del VDen en Cuba, a partir de la identificación de los patrones de circulación viral y abundancia de *Aedes aegypti*, así como la interacción de estos con la variabilidad climática modulada por el espacio geográfico.

Estacionalidad y comportamiento multianual

La circulación del VDen y la abundancia de *Aedes aegypti* expresada mediante el índice de Breteau, mostraron incrementos significativos durante el periodo lluvioso (mayo-octubre), en correspondencia con valores positivos del índice climático. La

mayor intensidad de transmisión se concentró entre septiembre-noviembre, meses de transición caracterizados por un marcado contraste en las anomalías climáticas (figura 1A)

El análisis multianual reveló la intensidad de la actividad viral con picos de mayor magnitud aproximadamente de 2 años a 2,5 años (figura 1B), lo que sugiere una ciclicidad en la circulación del VDen. El análisis de tendencia mediante estadígrafos no paramétricos mostró un comportamiento significativo en la serie temporal de las muestras confirmadas a VDen, indicando una tendencia ascendente sostenida (figura 1C). La prueba de Ward-Wolfowitz evidenció una desviación significativa respecto a la aleatoriedad (estadístico = 9,1; $p = 0,0001$), corroborada por los coeficientes de Spearman (estadístico = 7,3; $p = 0,0003$) y Kendall-Mann (estadístico = 8,21; $p = 0,0001$), que confirman una tendencia monótona creciente durante el periodo analizado.

Asociación temporal con anomalías climáticas y desfase

Los valores elevados del índice de Bultó coincidieron con los momentos de mayor intensidad viral detectada (figura 1D y E), lo que confirma la asociación entre la estacionalidad de la variabilidad climática, la dinámica vectorial y la circulación viral. Se identificaron dos picos diferentes: uno asociado a condiciones cálidas y húmedas, y otro vinculado a condiciones cálidas y secas.

La correlación temporal entre el índice climático ($IB_{1,t,c}$) y la circulación del VDen fue moderada-alta entre 0,6 y 0,8, con un desfase temporal aproximado de un mes entre la ocurrencia de las anomalías climáticas y el incremento de la actividad viral, lo que sugiere un efecto acumulativo del clima sobre el desarrollo del vector y la amplificación de la circulación viral.

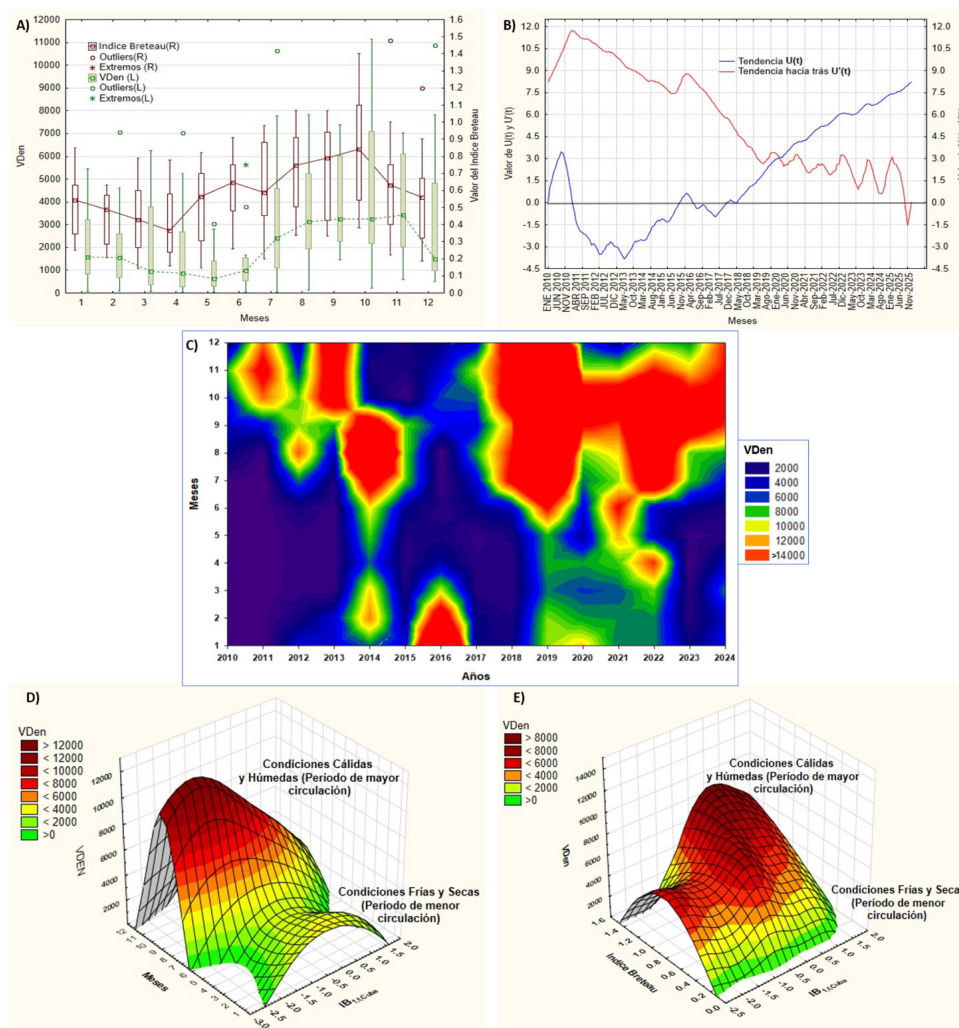


Fig. 1. Dinámica temporal de la circulación del virus dengue y la variabilidad climática expresada según índice de Bultó en Cuba

Variabilidad espacio-temporal en la circulación del virus dengue

La figura 2 resume la variabilidad espacial de la circulación del VDen mediante diagramas de caja mensuales, contruidos a partir de su variación a lo largo de los gradientes latitudinal y longitudinal del territorio. Se evidencia una heterogeneidad espacial marcada, expresada en cambios en la mediana, la dispersión y la presencia de valores extremos entre los distintos meses del año. Durante los primeros meses, se observan medianas más bajas y menor dispersión espacial, mientras que entre julio y noviembre se registra un aumento progresivo de la mediana y de la variabilidad espacial. Este comportamiento refleja una modulación estacional de la variabilidad espacial de la circulación viral, sin implicar uniformidad espacial ni la presencia de focos geográficos fijos.

Efecto de la variabilidad climática sobre la distribución espacial de la circulación del virus del dengue

La distribución espacial de la variabilidad climática y la circulación del VDen durante los periodos poco lluvioso y lluvioso muestran contrastes territoriales marcados (figura 3). En el periodo poco lluvioso predominan amplias áreas con valores bajos del $IB_{1,t,C}$ y baja o nula circulación viral, reflejando condiciones climáticas menos favorables para la actividad del virus.

En el periodo lluvioso se observa una expansión territorial de anomalías climáticas positivas, expresadas por valores elevados de $IB_{1,t,C}$, que coinciden espacialmente con un incremento de áreas con circulación viral moderada a alta. Esta correspondencia indica un aumento simultáneo en la intensidad y la extensión geográfica de la circulación del VDen bajo condiciones climáticas favorables (cálidas y húmedas), lo que

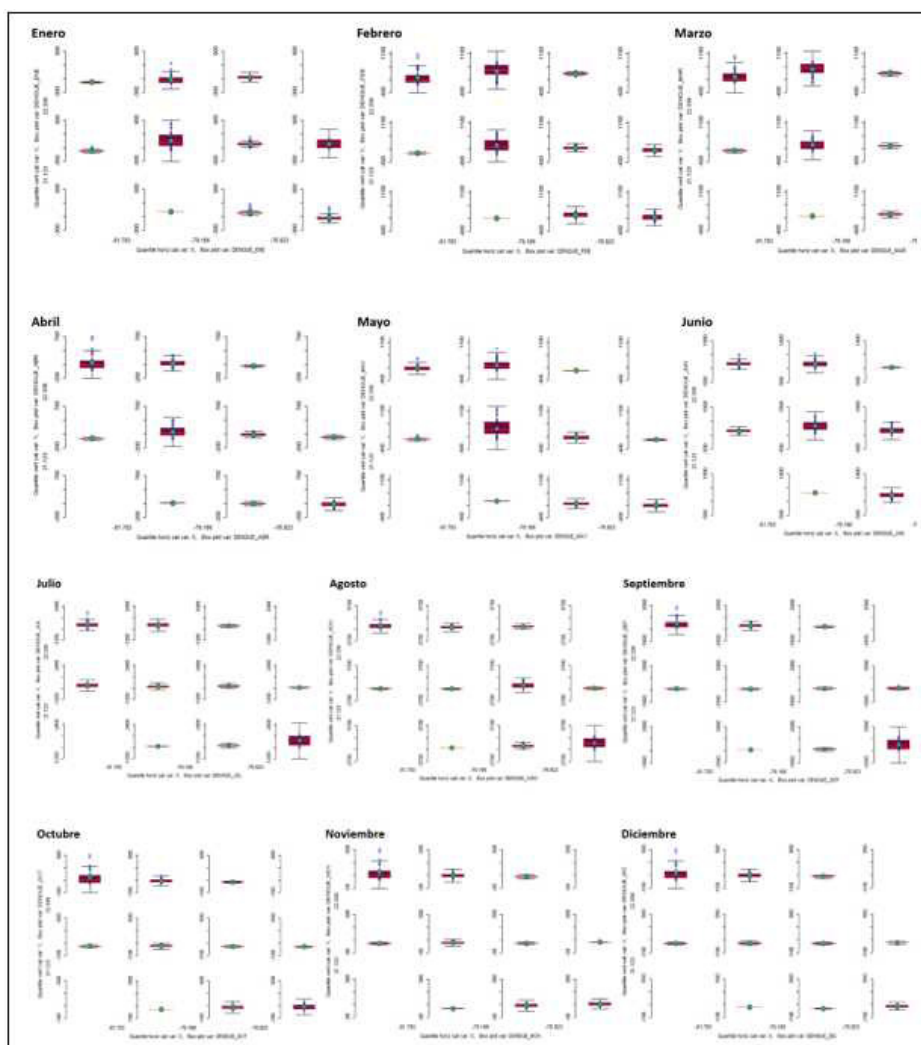


Fig. 2. Variabilidad espacio-temporal de la circulación del virus del dengue

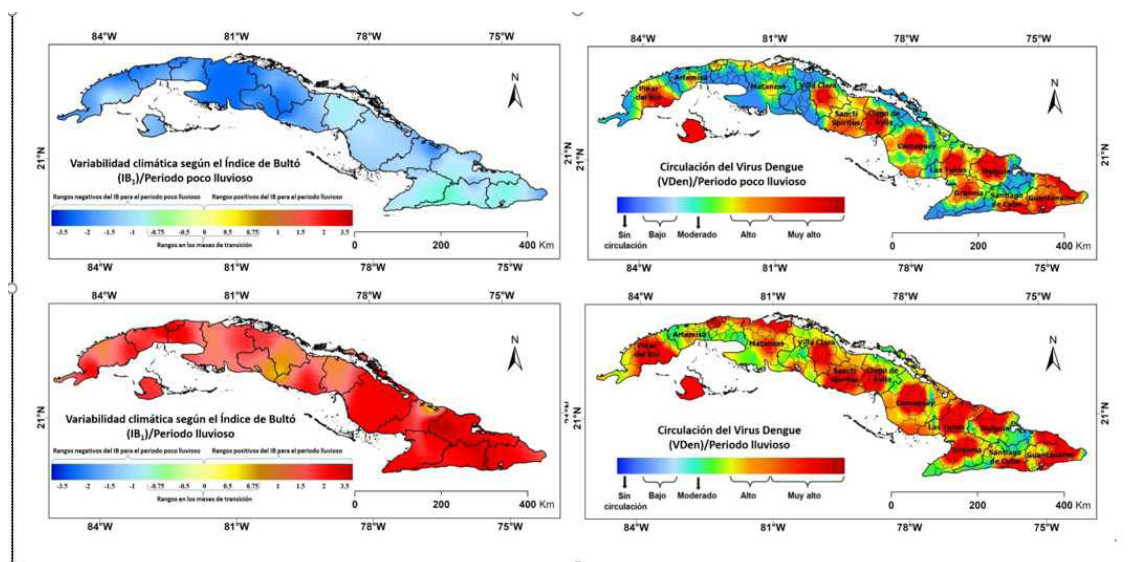


Fig. 3. Distribución espacial de la variabilidad climática y la circulación del virus del dengue durante los periodos poco lluvioso y lluvioso

se traduce en una respuesta viral más continua y coherente a escala territorial. Este patrón descriptivo observado en la figura 3 es confirmado y cuantificado mediante el análisis

de autocorrelación espacial bivariado (figura 4), que permite evaluar la significación estadística y la persistencia local de la asociación entre variabilidad climática y circulación viral.

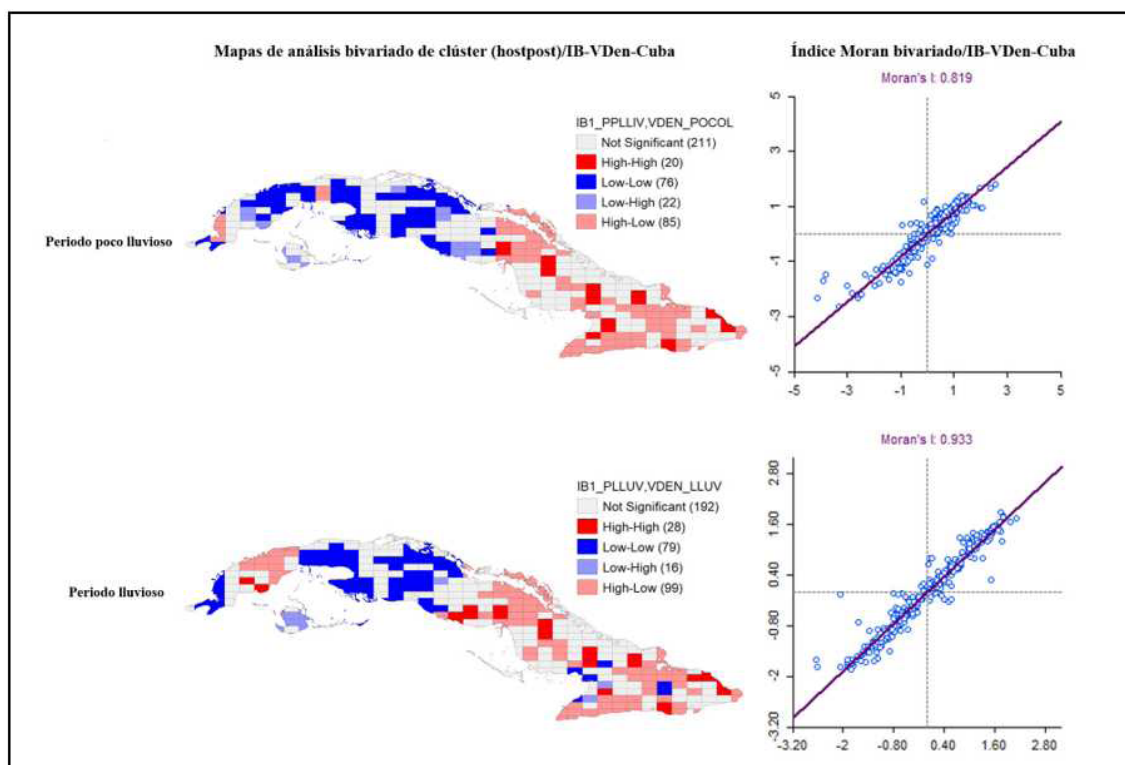


Fig. 4. Autocorrelación espacial bivariada (Moran global y LISA) entre la variabilidad climática ($IB_{t,C}$) y la circulación del virus del dengue para los periodos estacionales poco lluvioso y lluvioso, y áreas calientes persistentes de circulación del virus asociadas a condiciones climáticas favorables y factores territoriales en Cuba

Agrupaciones espaciales y persistencia del patrón viral

El análisis bivariado confirmó una dependencia espacial positiva y estadísticamente significativa entre la variabilidad climática y la circulación viral (I de Moran bivariado = 0,8 a 0,9; $p < 0,01$). Ello evidencia la coherencia espacial entre unidades vecinas con condiciones climáticas similares y niveles comparables de actividad viral (figura 4). Los mapas LISA identificaron clústeres alto-alto y bajo-bajo persistentes en ambos periodos, con mayor continuidad espacial de los clústeres alto-alto durante el periodo lluvioso. En el periodo poco lluvioso predominó un patrón más fragmentado, con mayor presencia de áreas bajo-bajo y no significativas, aunque persistieron focos localizados de circulación viral. Estos resultados confirman el rol modulador del clima en la distribución espacial del VDen.

DISCUSIÓN

Los resultados prueban que la dinámica del VDen en Cuba está claramente modulada por la variabilidad climática, aunque su expresión concreta depende del espacio geográfico. El incremento de las anomalías climáticas, caracterizadas por temperaturas elevadas e irregularidad en el régimen de precipitaciones favorece la expansión de *Aedes aegypti* y prolonga las ventanas de transmisión del VDen.⁽¹⁴⁾ Estos hallazgos confirman la interacción estrecha entre la variabilidad climática, el vector y el espacio geográfico que actúa como modulador de la circulación viral.

Dinámica temporal del virus dengue y del vector

La estacionalidad observada en el índice Breteau y en la circulación viral durante el periodo lluvioso coincide con condiciones óptimas para el desarrollo del vector y la transmisión del virus, en concordancia con estudios realizados en climas tropicales.^(5,6) El patrón multianual identificado puede explicarse por fluctuaciones en la inmunidad de la población y la alternancia de serotipos virales.⁽³¹⁾ Ello aporta un valor operativo a estos resultados al anticipar años de mayor riesgo y optimizar la planificación de las intervenciones.

Estudios recientes sobre la vigilancia genómica del VDen en Cuba, junto a la incidencia según reportes históricos de vigilancia, identificaron brotes relevantes en los años 2015; 2016; 2019 y 2022. El potencial teórico de transmisión, estimado mediante un índice climático de idoneidad de mosquito-virus, mostró una marcada estacionalidad impulsada por fluctuaciones climáticas naturales, como ha sido descrito previamente en el Caribe.^(32,33) El análisis retrospectivo de la idoneidad climática (1979-2022) evidenció una ventana prolongada de alta idoneidad entre mayo y noviembre, con con-

trastes espaciales entre temporadas, coherentes con los patrones espaciales observados en este estudio.⁽¹⁰⁾

El desfase aproximado de 1 mes entre anomalías climáticas y picos de circulación viral confirma el papel del clima como factor anticipador del riesgo, y respalda el uso de índices bioclimáticos como herramientas tempranas para la detección de áreas con circulación del VDen. Este comportamiento permite diferenciar estrategias de intervención, priorizando el control vectorial intensivo durante los meses lluviosos y reforzando las acciones preventivas en periodos menos favorables. Se ha observado que condiciones cálidas con baja fluctuación térmica incrementa la transmisión viral con retardo temporal aproximado de 1 mes.

Los análisis de tendencia refuerzan que la dinámica del VDen en Cuba responde a un proceso de intensificación gradual del riesgo en el tiempo, junto a la estacionalidad climática y a la ciclicidad multianual asociada a la inmunidad poblacional. La significación de los estadígrafos Kendall-Mann, Spearman y Wald-Wolfowitz es consistente con la capacidad de los métodos no paramétricos para detectar incrementos sostenidos en series autocorrelacionadas.⁽²⁵⁾ Este comportamiento coincide con la evidencia internacional sobre la expansión persistente de la circulación del VDen asociada al aumento de la temperatura, la irregularidad de las precipitaciones y el cambio en los patrones urbanos que favorecen una mayor disponibilidad del hábitat del vector. Ello subraya la necesidad de enfoques predictivos y sistemas de alerta temprana.^(35,36)

Diferenciación territorial de la circulación viral

Desde una perspectiva geográfica los resultados confirman que la circulación del VDen en Cuba presenta una marcada heterogeneidad espacial modulada por la variabilidad climática. La incorporación del $IB_{1,tC}$ fortaleció la interpretación espacial, al evidenciar que las áreas con anomalías climáticas positivas coinciden con áreas de mayor actividad viral durante el periodo lluvioso. Este comportamiento indica que el clima no solo incrementa la magnitud de la circulación viral, sino que también refuerza su coherencia espacial, lo que contribuye a una expansión territorial más continua del patrón viral.

Los mapas espaciales muestran 2 patrones de agrupamiento claramente diferenciados y modulados por la condición climática (periodo poco lluvioso y periodo lluvioso), lo que confirma la influencia del clima en la circulación del VDen. Ello indica desde el punto de vista geográfico, mayor extensión de áreas con mayor circulación viral (alta a muy alta).

La intensificación y continuidad de los clústeres alto-alto durante el periodo lluvioso, refleja un proceso de amplificación espacial de la circulación del VDen bajo condiciones bioclimá-

ticas favorables como temperaturas elevadas, mayor humedad relativa y estabilidad térmica. ^(4,8) En contraste, el patrón más fragmentado observado en el periodo poco lluvioso sugiere una reducción de la dependencia espacial, aunque persisten focos localizados de circulación viral, lo que indica procesos territoriales activos incluso en condiciones climáticas menos favorables.

Los clústeres bajo-bajo se mantienen en ambos periodos, en especial en áreas del occidente, centro-occidental y sectores del oriente del país. Ello sugiere la influencia de factores espaciales estructurales que limitan la circulación viral de manera relativamente independiente de la estacionalidad climática. Este hallazgo apunta a mecanismos de regulación territorial según dinámicas ambientales, económicas, sociales y climáticas que requieren ser explorados en análisis posteriores de mayor amplitud. Este comportamiento es coherente con la influencia de la estacionalidad climática sobre la dinámica del vector y del virus, ampliamente documentada en contextos tropicales. ⁽³⁷⁾

Aunque el análisis espacial no incorpora explícitamente variables socioespaciales, La localización geográfica de los clústeres alto-alto sugiere la convergencia de contextos territoriales específicos, como la de alta densidad poblacional, procesos de urbanización intensiva, limitaciones en la infraestructura de drenaje y saneamiento, así como la exposición a condiciones climáticas específicas (lluvias intensas y temperaturas elevadas durante el periodo lluvioso). ^(6,9) Esta combinación de factores socioespaciales y ambientales amplifica la transmisión viral a nivel territorial, sin constituir una inferencia directa sobre la ocurrencia de la enfermedad en la población. Por el contrario, las áreas con mayor influencia orográfica tienden a presentar menor circulación viral, asociada a climas relativamente más frescos, mayor cobertura vegetal y mayor diversidad ecológica, elementos que respaldan la hipótesis de la regulación biológica del vector. ^(38,39)

En conjunto los hallazgos refuerzan el valor del enfoque híbrido de la geografía de la salud y la bioclimatología reforzado con métodos y técnicas de análisis espaciales avanzados para comprender al territorio como un sistema ecológico-climático activo en la dinámica del VDen. Los resultados argumentan la necesidad de avanzar hacia sistemas de alerta temprana basados en la integración de variables climáticas, entomológicas y virológicas, con capacidad predictiva y enfoque territorial. ⁽⁴⁰⁾ En este contexto, experiencias recientes en Cuba han demostrado la viabilidad de implementar sistemas de alerta temprana sensibles al clima para el dengue, integrando información multisectorial para la toma de decisiones.

En particular el Sistema de alerta temprana bioclimática para la prevención del dengue (SAT-DENCLIM) constituye una aplicación operativa del enfoque híbrido desarrollado en

este estudio. Este sistema integra índices climáticos de Bultó como variables predictoras junto con indicadores entomológicos, virológicos y epidemiológicos georreferenciados, por lo que permite generar alertas diferenciadas según niveles de riesgo territorial. Su implementación ha mostrado resultados promisorios en la anticipación de escenarios de transmisión y en la optimización de las acciones de control vectorial, lo que refuerza el potencial de este tipo de herramientas como estrategia de adaptación frente al cambio climático. ⁽¹³⁾

Propuesta de acciones de adaptación frente al dengue en un contexto de clima cambiante

La evidencia generada confirma que las condiciones climáticas y el espacio geográfico influyen de forma decisiva en la dinámica del VDen, modulando la distribución espacial del vector, la densidad larvaria y la estacionalidad de la actividad viral. Ante este escenario resulta imprescindible fortalecer las capacidades de adaptación del sistema de salud y de los territorios expuestos mediante un enfoque integral, preventivo y multisectorial. Las acciones que integran la estrategia de adaptación basada en el riesgo climático y espacial anticipan escenarios desfavorables, así como, reduce la exposición de las comunidades y la posibilidad de aumentar la resiliencia frente a los efectos del cambio climático sobre el VDen y sus vectores. A continuación, se exponen propuestas de acciones.

Vigilancia climática-entomológica integrada y sistemas de alerta temprana: Fortalecer los sistemas de vigilancia climática-sanitaria que combinen información climática, entomológica, virológica y epidemiológica desde un enfoque proactivo es esencial para anticipar brotes y orientar intervenciones. Incorporar el desarrollo de plataformas geoespaciales (SIG) que incorporen índices bioclimáticos integrados y generen mapas dinámicos para la toma de decisiones. Asimismo, resulta prioritario implementar sistemas de alerta temprana basados en impacto, vinculando umbrales climáticos con riesgo entomológico y virológico.

Gestión ambiental y control vectorial adaptativo: Las acciones de control deben ajustarse a las variaciones espaciales del riesgo y a las condiciones ambientales locales. Se deben reorganizar los programas de control vectorial según áreas de riesgo climático, intensificando las intervenciones en áreas de alta circulación durante los meses críticos y manteniendo vigilancia preventiva en áreas de menor riesgo. La frecuencia de inspecciones y fumigaciones debe ajustarse a las proyecciones climáticas locales, incorporando tecnologías sostenibles de control biológico. La gestión comunitaria del agua y los residuos, junto con la integración de criterios de biodiversidad y regulación natural, constituye un componente esencial de esta estrategia.

Ordenamiento territorial y urbanismo resiliente: El espacio geográfico desempeña un rol determinante en la configuración del riesgo vectorial, por lo que la planificación territorial debe incorporar criterios de adaptación climática y sanitaria. Se incluye la promoción de infraestructura verde y sistemas de drenaje urbano sostenibles, normas de construcción resiliente que reduzcan la acumulación de agua, y una gestión planificada de las áreas verdes que equilibre funciones ecológicas y sanitarias. La gestión integrada de los recursos hídricos resulta fundamental para prevenir focos vectoriales.

Educación, comunicación y participación comunitaria: La efectividad de las medidas de adaptación depende del compromiso social y de la percepción del riesgo climático. Es prioritario implementar estrategias de educación y comunicación que fortalezcan la comprensión de la relación entre clima, territorio y salud, fomentar la participación comunitaria en la vigilancia local y capacitar a líderes comunitarios, docentes y personal sanitario. El empoderamiento comunitario contribuye a la sostenibilidad de las acciones y a la corresponsabilidad frente al riesgo.

Fortalecimiento del sistema de salud pública y la gobernanza multisectorial: El sistema de salud pública debe adaptarse a escenarios climáticos cambiantes mediante una visión prospectiva basada en riesgo, fortaleciendo la capacitación del personal, la vigilancia epidemiológica con indicadores climáticos y la integración de datos climáticos y sanitarios en los sistemas de información. La adaptación requiere además una gobernanza multisectorial sólida, que incorpore el riesgo climático vectorial en los planes de desarrollo. El acceso a fondos de adaptación climática y la cooperación regional resultan esenciales para fortalecer las capacidades locales.

En síntesis, la propuesta integra la dimensión climática y espacial en la gestión del dengue, y reconoce al territorio como modulador del riesgo. La adopción coordinada de medidas adaptativas desde el nivel local hasta el nacional permitirá anticipar escenarios desfavorables y optimizar las intervenciones. Ello fortalecerá la resiliencia frente al impacto de un clima cambiante agudizado por el cambio climático sobre la circulación del virus dengue y sus vectores.

Limitaciones

El presente estudio integra análisis bioclimáticos y espaciales aplicados a la vigilancia virológica del VDen, lo que aporta una fortaleza metodológica en la comprensión del riesgo territorial. El análisis y modelado espacial multivariado no incorpora de forma explícita variables socioeconómicas debido a la indisponibilidad de los datos para el periodo analizado. Esta información socioeconómica fue considerada en la interpretación de los resultados, lo que permitió contex-

tualizar la heterogeneidad espacial observada sin afectar la consistencia de los hallazgos. La resolución de algunas series temporales puede limitar la identificación de variaciones espacio-temporales de mayor resolución, aunque no compromete la detección de patrones generales de circulación modulados por el clima. Estos elementos representan oportunidades de mejora para futuros desarrollos de sistemas integrados de vigilancia bioclimática.

Conclusiones

La circulación del VDen en Cuba presenta una marcada estacionalidad y tendencia ascendente estadísticamente significativa, con picos recurrentes entre septiembre y noviembre, coincidentes con el periodo lluvioso y condiciones ambientales favorables para el desarrollo de *Aedes aegypti*. Asimismo, se identificó una ciclicidad multianual en la intensidad de la actividad viral con mayor magnitud aproximadamente de (2 a 2,5) años, asociada a la interacción entre la variabilidad climática y la dinámica inmunitaria.

La circulación viral mostró una clara diferenciación territorial, con *hotspots* persistentes en áreas donde coincide condiciones climáticas favorables y alta circulación viral. En estos converge una alta densidad poblacional, procesos de urbanización intensiva y pérdida de cobertura vegetal. En contraste, áreas con mayor diversidad ecológica, menor densidad urbana y condiciones climáticas más reguladas mostraron una circulación viral relativamente baja.

Los hallazgos confirman que la vulnerabilidad a la circulación del VDen en Cuba está determinada por la interacción dinámica entre la variabilidad climática y el espacio geográfico. El enfoque híbrido empleado que integra el análisis bioclimático y espacial, mediante índices climáticos compuestos y herramientas de estadística espacial avanzada, se consolida como una vía efectiva para analizar y cuantificar posibles predictores para futuros modelos de pronósticos que permitan anticipar escenarios de riesgo, focalizar intervenciones y fortalecer la vigilancia sanitaria en un contexto de clima cambiante.

Recomendaciones

Los resultados obtenidos respaldan la necesidad de incorporar de forma sistemática el análisis bioclimático y socioespacial en la gestión del riesgo de la circulación viral, fortaleciendo la capacidad predictiva y preventiva del sistema de salud mediante enfoques proactivos.

En este sentido, se recomienda fortalecer la implementación y escalamiento del SAT-DENCLIM integrando información climática, entomológica y virológica para la toma de decisiones en los territorios. Esta herramienta se perfila con alto potencial de replicabilidad, flexibilidad y escalabi-

lidad en otros territorios de Cuba y en países del Caribe expuestos a peligros climáticos similares.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Organización Panamericana de la Salud. ARBO Portal. Dengue: data and analysis [Internet]. Washington: OPS/OMS; 2025. [citado 12 ago 2025]. Disponible en: <https://www.paho.org/en/arbo-portal/dengue-data-and-analysis/dengue-analysis-country>
2. Linares-Vega Y, Ortiz Bulto PL. Dengue and SARS-CoV-2 co-circulation early warning according to climate variations in Cuba. J Mycol Mycol Sci. [Internet]. 2021;4(3):000149. Disponible en: <https://medwinpublishers.com/OAJMMS/dengue-and-sars-cov-2-co-circulation-early-warning-according-to-climate-variations-in-cuba.pdf>
3. World Health Organization. WHO guidelines for clinical management of arboviral diseases: dengue, chikungunya, Zika and yellow fever [Internet]. Geneva: WHO; 2025. [citado oct 2025]. Disponible en: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240111110>
4. Mordecai EA, Cohen JM, Evans MV, Gudapati P, Johnson LR, Lippi CA, *et al.* Detecting the impact of temperature on transmission of Zika, dengue, and chikungunya using mechanistic models. PLoS Negl Trop Dis. 2017;11(4):e0005568. Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0005568>
5. Rocklöv J, Dubrow R. Climate change: an enduring challenge for vector-borne disease prevention and control. Nat Immunol. 2020;21(5):479-483. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41590-020-0648>
6. Morin CW, Comrie AC, Ernst K. Climate and dengue transmission: evidence and implications. Environ Health Perspect. 2013;121(11-12):1264-72. Disponible en: <https://doi.org/10.1289/ehp.1306556>
7. Álvarez M, Rodríguez-Roche R, Bernardo L, Morier L, Guzmán MG, Kourí G. la epidemiología del dengue en Cuba: 1900–2006. Rev Panam Salud Pública. 2006;19(4):246–253. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/S1020-49892006000400008>
8. Sánchez-Lara E, Pascual-Armiñán ME, Expósito-Boue LM, González-Ramírez R. Variabilidad climática y su influencia en la aparición del dengue en la provincia de Guantánamo. Rev Inf Cient [Internet]. 2022;101(6). Disponible en: <https://www.revinfcientifica.sld.cu/index.php/ric/article/view/3777>
9. Barrera R, Amador M, MacKay AJ. Population dynamics of Aedes aegypti and dengue as influenced by weather and human behavior in San Juan, Puerto Rico. PLoS Negl Trop Dis. 2011;5(12):e1378. Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0001378>
10. Guzmán MG, Vázquez S, Álvarez M, Pelegrino JL, Ruiz D, Martínez PA, Pupo M *et al.* Vigilancia de laboratorio de dengue y otros arbovirus en Cuba, 1970-2017. Rev Cubana Med Trop [Internet]. 2019;71(1). Disponible en: https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es_ES
11. Iñiguez L. Geografía y salud en Cuba: tendencias y prioridades. Rev Cubana Salud Pública [Internet]. 2003;29(4). Disponible en: https://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662003000400002
12. Maarouf AR, Munn RE. Bioclimatology. In: Oliver JE, editor. Encyclopedia of World Climatology. Dordrecht: Springer; 2025. Disponible en: https://doi.org/10.1007/1-4020-3266-8_29
13. Organización Panamericana de la Salud. Alerta temprana para el dengue: Cuba fortalece la prevención desde la comunidad [Internet]. Washington: OPS/OMS; 2025 [citado 21 nov 2025]. Disponible en: <https://www.paho.org/es/historias/alerta-temprana-para-dengue-cuba-fortalece-prevencion-desde-comunidad>
14. Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 2022: Mitigation of climate change. Contribution of Working Group III to the sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Internet]. Geneva, Switzerland: IPCC; 2022. [citado sep 2025]. Disponible en: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-3/>
15. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medioambiente. Tercera Comunicación Nacional de Cuba [Internet]. La Habana: UNFCCC; 2020. [citado 26 sep 2025]. Disponible en: <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Third%20National%20Communication.%20Cuba.pdf>
16. Gaetan C, Guyon X. Spatial Statistics and Modeling [Internet]. New York: Springer; 2010. Disponible en: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-0-387-92257-7.pdf>
17. Vine MM, Mulligan K, Harris R, Dean JL. The Impact of Health Geography on Public Health Research, Policy, and Practice in Canada. Int J Environ Res Public Health. 2023;20(18):6735. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ijerph20186735>
18. Buzai GD, Cacace G, Humacata L, Lanzelotti S. Teoría y métodos de la geografía cuantitativa [Internet]. Buenos Aires: MCA Libros; 2015. Disponible en: <https://www.geografia.cucsh.udg.mx/?q=noticia/libro-en-formato-digital-teoria-y-metodos-de-la-geografia-cuantitativa>
19. Begham F. Methodological Approaches in Integrated Geography [Internet]. Springer; 2023. Disponible en: <https://dokumen.pub/methodological-approaches-in-integrated-geography-springer-texts-in-social-sciences-1sted-2023-3031287835-9783031287831.html>
20. Ortiz-Bultó PL, Linares-Vega Y. Cuban approaches to climate and health studies in tropics: early warning system and learned lessons. J Virol Immunol [Internet]. 2021;5(3):000282. Disponible en: <https://medwinpublishers.com/VIJ/cuban-approaches-to-climate-and-health-studies-in-tropics-early-warning-system-and-learned-lessons.pdf>
21. Oficina Nacional de Estadísticas e Información. Anuario Estadístico de Cuba 2024 [Internet]. Disponible en: <https://www.onei.gob.cu/anuario-estadistico-de-cuba-2024>
22. Ortiz-Bultó P, Pérez-Rodríguez AE, Rivero-Valencia A, León-Vega N, Díaz-González M, Pérez-Carrera A. Assessment of human health vulnerability to climate variability and change in Cuba. Environ Health Perspect [Internet]. 2006;114(12):1942-9. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1764156/pdf/ehp0114-001942.pdf>
23. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Salud y cambio climático: metodologías y políticas públicas (LC/MEX/TS.2021/24) [Internet]. Ciudad de México: CEPAL; 2021. [consultado: 30 sep 2025]. Disponible en: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/47534-salud-cambio-climatico-metodologias-politicas-publicas>
24. Centers for Disease Control and Prevention. Clinical testing guidance for dengue [Internet]. 2025 [citado 26 ago 2025]. Disponible en: <https://www.cdc.gov/dengue/diagnosis-testing/index.html>

25. Wilks DS. Statistical methods in the atmospheric sciences. 3rd ed. New York: Academic Press; 2011. Disponible en: <https://shop.elsevier.com/books/statistical-methods-in-the-atmospheric-sciences/wilks/978-0-12-385022-5>
26. Oliver MA, Webster R. Kriging: a method of interpolation for geographical information systems. *Int J Geogr Inf Syst*. 1990;4(3):313–32. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/02693799008941549>
27. Ortiz PL, Rivero A, Linares Y, Vázquez JR. Spatial models for prediction and early warning of *Aedes aegypti* proliferation from data on climate change and variability in Cuba. *MEDICC Rev* [Internet]. 2015;17(2):20-7. [citado jun 2025] Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/medicreview/mrw-2015/mrw152f.pdf>
28. Goovaerts, P. Medical Geography: A Promising Field of Application for Geostatistics. *Math Geosci* [Internet]. 2009;41:243-64. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11004-008-9211-3>
29. Smith M, Goodchild M, Longley P. *Geospatial Analysis: A comprehensive guide to principles, techniques and software tools*. 4a ed. London: UK; 2013.
30. Anselin L. Local indicators of spatial association-LISA. *Geogr Anal* [Internet]. 1995;27(2):93–115. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x>
31. Thai KT, Cazelles B, Nguyen NV, Vo LT, Boni MF, Farrar J, *et al*. Dengue dynamics in Binh Thuan Province, Vietnam: periodicity, synchronicity and climate variability. *PLoS Negl Trop Dis* [Internet]. 2010;4(7):e747. Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0000747>
32. Ministerio de Salud Pública de la República de Cuba. Actualización sobre situación epidemiológica y programas priorizados [Internet]. La Habana: MINSAP; 2022. [citado 30 ago 2022] Disponible en: <https://salud.msp.gob.cu/ofrece-ministro-de-salud-publica-actualizacion-sobre-situacion-epidemiologica-y-programas-priorizados>
33. Pérez M, Álvarez M, Pérez L, Benítez AJ, Serrano S, Adelino T, *et al*. Establishing a dengue genomic monitoring in Cuba: uncovering virus dynamics to enhance local response. *IJID Reg*. 2025;16:100683. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijregi.2025.100683>
34. Xu C, Xu J, Wang L. Long-term effects of climate factors on dengue fever over a 40-year period. *BMC Public Health*. 2024;24:1451. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12889-024-18869-0>
35. Zhang SX, Li Z, Yang GB, Zhang RJ, Zheng JX, Yang J, Lv S, Lei Duan L, *et al*. Global, regional and national burden of dengue, 1990–2021: Findings from the global burden of disease study 2021. *Decoding Infection and Transmission*. 2024;2:100021. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.dci.2024.100021>
36. Khan MB, Yang ZS, Lin CY, Hsu MC, Urbina AN, Assavalapsakul W, *et al*. Dengue overview: An updated systemic review. *J Infect and Pub Health*. 2023;16(10):1625-42. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2023.08.001>
37. Douglas K, Payne K, Sabino-Santos G, Chami P, Lorde T. The Impact of Climate on Human Dengue Infections in the Caribbean. *Pathogens*. 2024;13:756. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/pathogens13090756>
38. Liu-Helmersson J, Stenlund H, Wilder-Smith A, Rocklöv J. Vectorial Capacity of *Aedes aegypti*: Effects of Temperature and Implications for Global Dengue Epidemic Potential. *PLOS ONE*. 2014;9(3):e89783. Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0089783>
39. Facchinelli L, Badolo A, McCall PJ. Biology and Behaviour of *Aedes aegypti* in the Human Environment: Opportunities for Vector Control of Arbovirus Transmission. *Viruses*. 2023;15:636. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/v15030636>
40. Allen CF, West RM, Gordon-Strachan G, Hassan S, McFarlane S, Polson-Edwards K, *et al*. Research for Action on Climate Change and Health in the Caribbean: A Public, Private, People's and Planetary Agenda. *Research for Action on Climate Change and Health in the Caribbean Project*, 2024 [Internet]. Disponible en: https://www.paho.org/sites/default/files/research-for-action-on-climate-change-and-health-in-the-caribbean_2024_0.pdf

Recibido: 2/05/2026

Aprobado: 12/05/2026

Agradecimientos

Este estudio forma parte de los resultados de la tesis doctoral de la autora principal, apoyado en sendos proyectos que tienen el propósito de mejorar la prevención y control del dengue en Cuba:

- P211LH007-0024. Impacto del clima sobre el *Aedes aegypti*, el dengue, enfermedades diarreicas agudas, las infecciones respiratorias por los virus influenza y virus sincitial respiratorio en el contexto de otras variables ambientales, demográficas, epidemiológicas y microbiológicas.
- SG-05. Sistema de alerta temprana del VDen y su vector transmisor sensibles al clima, con una acción comunitaria (SAT-DENCLIM). Financiado por la Organización Panamericana de Salud (OPS/OMS) y el Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global (IAI).

Los autores expresan su agradecimiento al personal científico y técnico del Instituto de Meteorología y del Instituto de Medicina Tropical Pedro Kouri, que garantizan las bases de datos robustas en los sistemas de vigilancia tanto climática como virológica.

Conflictos de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de interés en relación a la preparación y publicación de este artículo.

Contribuciones de los autores

- Conceptualización: Yazenía Linares Vega, Paulo Lázaro Ortiz Bultó, Luisa Iñiguez Rojas
- Curación de datos: Yazenía Linares Vega, Mayling Álvarez Vera
- Análisis formal: Yazenía Linares Vega, Luisa Iñiguez Rojas, Paulo Lázaro Ortiz Bultó, Mayling Álvarez Vera
- Investigación: Yazenía Linares Vega
- Metodología: Yazenía Linares Vega, Paulo Lázaro Ortiz Bultó, Luisa Iñiguez Rojas
- **Software**: Yazenía Linares Vega
- Supervisión: Luisa Iñiguez Rojas, Paulo Lázaro Ortiz Bultó
- Validación: Yazenía Linares Vega, Paulo Lázaro Ortiz Bultó, Luisa Iñiguez Rojas, Mayling Álvarez Vera
- Redacción-borrador original: Yazenía Linares Vega
- Redacción-revisión y edición: Yazenía Linares Vega, Paulo Lázaro Ortiz Bultó, Luisa Iñiguez Rojas, Mayling Álvarez Vera

Financiamientos

La investigación fue financiada parcialmente por los proyectos P211LH007-0024 y SG-05 (SAT-DENCLIM), con apoyo de la Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS) y el Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global (IAI).

Cómo citar este artículo

Linares Vega Y, Iñiguez Rojas L, Alvarez Vera M, Ortiz Bultó PL, *et al.* El clima y el espacio geográfico: su rol en la dinámica del virus dengue en Cuba. An Acad Cienc Cuba [Internet] 2026 [citado en día, mes y

año];16:e3239. Disponible en: <http://www.revistaccuba.cu/index.php/revacc/article/view/3239>

El artículo se difunde en acceso abierto según los términos de una licencia Creative Commons de Atribución/Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0), que le atribuye la libertad de copiar, compartir, distribuir, exhibir o implementar sin permiso, salvo con las siguientes condiciones: reconocer a sus autores (atribución), indicar los cambios que haya realizado y no usar el material con fines comerciales (no comercial).

