

Capacidad predictiva de indicadores para alerta temprana de dengue en Cienfuegos, Cuba (2010-2020)

Predictive Capacity of Indicators for Early Dengue Warning
in Cienfuegos, Cuba (2010-2020)

Hilda María Delgado Acosta^{1,2*} <https://orcid.org/0000-0003-0319-9337>

Waldemar Baldoquin Rodríguez³ <https://orcid.org/0000-0001-9231-7109>

Yamil Antonio Sarria Bastida^{2,4} <https://orcid.org/0000-0002-4807-6173>

Sonia Monteagudo Díaz^{2,5} <https://orcid.org/0000-0002-4917-2263>

Diana Rosa Rodríguez Delgado² <https://orcid.org/0000-0002-3909-6834>

María Eugenia Toledo Romani³ <https://orcid.org/0000-0001-8600-9062>

¹Dirección General de Salud. Cienfuegos, Cuba.

²Universidad de Ciencias Médicas Cienfuegos. Cuba.

³Instituto de Medicina Tropical Pedro Kourí. La Habana, Cuba.

⁴Hospital Pediátrico Universitario de Cienfuegos. Cuba.

⁵Centro Provincial de Higiene, Epidemiología y Microbiología de Cienfuegos. Cuba

*Autor para la correspondencia: hildamariadelgadoacosta720817@gmail.com

RESUMEN

Introducción: El dengue continúa siendo el principal problema de salud de la región en términos de los efectos que produce en la incidencia, mortalidad y saturación de los servicios de salud. Un sistema de alerta temprana basado en indicadores y eventos mejoraría la oportunidad en la detección de brotes y la preparación para la respuesta.

Objetivo: Explorar la capacidad predictiva de indicadores seleccionados para la alerta temprana de brotes de dengue en Cienfuegos.

Métodos: Se realizó un estudio retrospectivo de validación de indicadores

seleccionados de alerta para brotes de dengue en el municipio de Cienfuegos durante el período 2010-2020. La selección de los indicadores epidemiológicos, de pruebas diagnósticas, entomológicos y climatológicos se realizó teniendo en cuenta las mejores evidencias internacionales y el criterio de expertos locales como técnica de consenso. Para su calibración se empleó la guía operativa basada en el tablero de mandos en línea propuesta por la Organización Mundial de la Salud y el *software* R Libre versión 3.4.3. Se determinó el umbral de alerta de brote, la distancia de predicción, la sensibilidad y el valor predictivo positivo de cada indicador.

Resultados: Los indicadores que mostraron mejor capacidad predictiva fueron: hospitalizaciones por síndrome febril (sensibilidad [intervalo de confianza, IC 95 %]: 95,7 % [88,7 %; 100,0 %]), VPP: 75,9 %, [64,0 %; 87,7 %]), número de IgM+ (sensibilidad: 84,8 % [73,3 %; 96,3 %], VPP: 86,7 % [75,6 %; 97,7 %]) con cuatro semanas de anticipación, precipitaciones (sensibilidad: 100,0 % [98,9 %; 100,0 %], VPP: 51,7 % [40,7 %; 62,6 %]) con seis semanas de anticipación y temperatura máxima (sensibilidad: 80,4 % [67,9 %; 93,0 %], VPP: 52,1 % [39,8 %; 64,4 %]) con 12 semanas. Los indicadores entomológicos mostraron valores de sensibilidad aceptables, pero con valor predictivo positivo por debajo del 50 %.

Conclusiones: Las hospitalizaciones por síndrome febril inespecífico y la positividad al IgM epidemiológico y los basados en resultados de pruebas diagnósticas resultaron útiles para predecir la ocurrencia de brotes de dengue, por lo que resultarían trazadores para implementar un sistema de alerta temprana en el contexto cubano.

Palabras clave: vigilancia epidemiológica; dengue; capacidad predictiva de indicadores; sistema de alerta temprana.

ABSTRACT

Introduction: Dengue remains the region's primary health problem regarding its impact on incidence, mortality, and the strain placed on health services. An early warning system based on indicators and events would improve the timeliness of outbreak detection and response preparedness.

Objective: To explore the predictive capacity of selected indicators for the early warning of dengue outbreaks in Cienfuegos.

Methods: A retrospective validation study of selected dengue outbreak warning indicators was conducted in the municipality of Cienfuegos during the 2010–2020 period. Epidemiological, diagnostic test, entomological, and climatological indicators were selected based on the best available international evidence and

local expert opinion using a consensus technique. Calibration was performed using the operational guide based on the online dashboard proposed by the World Health Organization and R software (version 3.4.3). The outbreak warning threshold, prediction lead time, sensitivity, and positive predictive value (PPV) were determined for each indicator.

Results: The indicators showing the best predictive capacity were: hospitalizations for febrile syndrome (sensitivity [95% confidence interval, CI]: 95.7% [88.7%; 100.0%]; PPV: 75.9% [64.0%; 87.7%]), number of IgM+ cases (sensitivity: 84.8% [73.3%; 96.3%], PPV: 86.7% [75.6%; 97.7%]) with a four-week lead time, precipitation (sensitivity: 100.0% [98.9%; 100.0%], PPV: 51.7% [40.7%; 62.6%]) with a six-week lead time, and maximum temperature (sensitivity: 80.4% [67.9%; 93.0%], PPV: 52.1% [39.8%; 64.4%]) with a 12-week lead time. Entomological indicators showed acceptable sensitivity values, but positive predictive values below 50%.

Conclusions: Hospitalizations for nonspecific febrile syndrome, as well as IgM positivity (both epidemiological and based on diagnostic test results), proved useful for predicting the occurrence of dengue outbreaks; thus, they could serve as indicators for implementing an early warning system in the Cuban context.

Keywords: epidemiological surveillance; dengue; predictive capacity of indicators; early warning system.

Recibido: 05/02/2025

Aceptado: 27/05/2026

Introducción

Las infecciones por arbovirus han impactado en las Américas debido a la presencia de abundantes poblaciones de mosquitos *Aedes aegypti* tanto en regiones urbanas como rurales. La circulación de tres importantes virus, dengue (DENV), zika (ZIKV) y chikungunya, ha creado una oportunidad histórica para el estudio de la interrelación de estos tres arbovirus en el campo académico de las enfermedades infecciosas y su epidemiología.^(1,2)

Cuba no queda al margen de esta realidad y ha experimentado un cambio en el patrón epidemiológico del dengue, que pasó de una expresión epidémica a un comportamiento endemo-epidémico a partir del año 2010.⁽³⁾

Generalmente, las epidemias de esta enfermedad se descubren cuando el número de casos es creciente y de difícil contención. Por tal motivo, en la última década se ha defendido el criterio internacional de que resulta crucial la identificación temprana de los brotes para generar una respuesta que mitigue las consecuencias destructivas que ocasionan.⁽⁴⁾

Varias revisiones sistemáticas resumen investigaciones realizadas donde se define la capacidad predictiva de algunos indicadores y variables que permiten identificar precozmente brotes de dengue y que han sido incorporados al desarrollo de modelos predictivos de Sistemas de Alerta Temprana (EWS, por sus siglas en inglés).^(5,6,7,8,9)

Algunos de estos indicadores son empleados en Cuba en la vigilancia de rutina y otros pueden obtenerse de otras fuentes de información alternativas que reportan eventos de salud. Sin embargo, su capacidad predictiva en el contexto cubano no ha sido suficientemente documentada y constituye precisamente el propósito de esta investigación: explorar la capacidad predictiva de indicadores para la alerta temprana de brotes de dengue en el contexto del municipio Cienfuegos.

Métodos

Se llevó a cabo un estudio retrospectivo de validación de indicadores de alerta para explorar su capacidad predictiva para brotes de dengue, en el municipio de Cienfuegos (perteneciente a la provincia del mismo nombre), seleccionado intencionalmente por ser el más afectado por las arbovirosis en los últimos diez años y contar con una serie de datos necesarios para llevar a cabo la investigación. El Municipio se encuentra ubicado al sur de la provincia y cuenta con ocho áreas de salud. El horizonte temporal abarcó el período de 2010 a 2020.

En la tabla 1 se muestra la selección de los indicadores propuestos en revisiones sistemáticas y estudios multicéntricos realizados en varios países,^(5,6,7,8,9) los que fueron sometidos a criterio de expertos. La selección de expertos se realizó a partir de la experiencia en el tema objeto de la investigación, interés por participar, entre otras particularidades tales como: haber estado relacionado profesionalmente con el tema de la vigilancia epidemiológica y en salud por más de diez años, y haber desarrollado su labor científico-investigativa en el tema de vigilancia epidemiológica y/o prevención y control de arbovirosis y otras enfermedades transmisibles, con dominio del tema de estudio. Todos los expertos obtuvieron un índice de

competencia elevado, lo cual coincidió con sus criterios de experticia que definieron los investigadores de este estudio para su selección. Participaron un total de 15 expertos, procedentes de las provincias de La Habana (5), Cienfuegos (5) y Santiago de Cuba (5). Esto permitió también tener representadas tres provincias procedentes de las regiones occidental, central y oriental del país.

Se verificaron las fuentes de datos y la disponibilidad de series para el período seleccionado.

Tabla 1 - Indicadores seleccionados y fuentes de datos

Tipo de indicador	Indicadores	Definición	Fuentes
Epidemiológico	Hospitalizaciones por Síndrome Febril Inespecífico (SFI)	Número de casos y tasas de hospitalizados de todas las edades por síndrome febril de etiología no precisada	Registros de los departamentos de estadística del Hospital General "Gustavo Aldereguía Lima" y Hospital Pediátrico Universitario
Pruebas diagnósticas	IgM para dengue positivas	Número de casos con exámenes de IgM positivas para dengue	Registros del laboratorio del Centro Provincial de Higiene Epidemiología y Microbiología de Cienfuegos
Entomológicos	Índice casa	Viviendas positivas a <i>Aedes aegypti</i> en estadio larvario por cada 100 viviendas inspeccionadas	Registros del departamento de estadística de la Unidad Municipal de Higiene y Epidemiología de Cienfuegos
	Índice Breteau	Muestras positivas a <i>Aedes aegypti</i> en estadios inmaduros por cada 100 casas inspeccionadas	
	Índice relativo de pupas	Número de pupas de <i>Aedes aegypti</i> colectadas por cada 100 viviendas inspeccionadas	
Climatológicos	Precipitaciones	Media aritmética semanal de las precipitaciones expresada en milímetros	Registros Centro Meteorológico Provincial y de la Dirección Provincial de Recursos Hidráulicos
	Temperatura media		Registros Centro Meteorológico Provincial

	Temperatura máxima	Media aritmética semanal de la temperatura expresada en grados Celsius	
	Humedad relativa ambiental	Media aritmética semanal de la humedad relativa expresada en porcentaje	

Técnicas y procedimientos para la recogida y el análisis de la información

Se utilizó la guía operativa basada en el tablero de mandos en línea para el sistema de alerta y respuesta temprana ante brotes de dengue propuesto por la Organización Panamericana de la Salud (OPS)⁽¹⁰⁾ para explorar valores plausibles de parámetros como el umbral de detección y la distancia de predicción, y estimar la capacidad predictiva (sensibilidad y valor predictivo positivo).

La sensibilidad se definió como la proporción de brotes prevista de manera correcta por las alertas y el VPP fue la proporción de alertas que permitieron predecir correctamente los brotes, definiendo para ambos un valor aceptable del 50,0 % según sugiere la herramienta utilizada para estos fines.

Los datos del período 2010-2017 fueron utilizados para elaborar el modelo de predicción (entrenamiento), y los del período 2018-2020 permitieron evaluar los parámetros obtenidos a partir del modelo de predicción. Los datos fueron recolectados con frecuencia semanal. Fue incluido un total de 31 987 pacientes hospitalizados.

Se seleccionaron como variable dependiente las hospitalizaciones semanales por SFI; el resto de los indicadores fueron considerados como variables independientes.

El modelo definitivo para calcular la probabilidad de ocurrencia de un brote se realizó mediante pasos sistemáticos (descritos en la guía operativa),⁽¹⁰⁾ que permitieron explorar la asociación entre el nivel de los indicadores de alerta y los brotes de dengue. Esta asociación se evaluó con regresión logística.

Para definir los brotes fue necesario construir un canal endémico sin excluir los años epidémicos (de acuerdo con las recomendaciones de la guía) y se definió según la siguiente fórmula:

canal endémico = (Z*desviación estándar) + promedio móvil

“Z” fue un valor multiplicador de la desviación estándar (DE) que los investigadores proporcionaron para variar la amplitud del canal endémico. Para este estudio fue fijado un valor $Z = 1,25$. El promedio móvil fue el número promedio de hospitalizaciones dentro del intervalo normal o estacional previsto, calculado para un tamaño de ventana de tres semanas anteriores a la semana de medición y tres semanas posteriores.

La definición de “brote” se hizo sobre la base de la proporción del número de hospitalizaciones por SFI en relación con la población anual del municipio. Se fijaron tres semanas de duración del período de brote. Se consideró la presencia de un brote si la tasa de hospitalizaciones por SFI sobrepasó 1,25 desviaciones estándar por encima del promedio móvil del reporte de ingresos por esta causa durante tres semanas consecutivas.

A continuación, se resumen los valores definidos para los parámetros utilizados en la calibración de los indicadores:

- Duración del período de brote: número de semanas consecutivas en que el número de hospitalizaciones debe sobrepasar el canal endémico para considerarlo brote = 3 semanas
- Tamaño de la ventana del indicador de alerta = 3 semanas
- Umbral de alerta = 0,12
- Umbral de brote según canal endémico: $Z = 1,25$
- Tamaño de la ventana del brote = 4
- Distancia de predicción (distancia deseada entre la semana en curso y la semana objetivo para predecir una señal o brote): para las precipitaciones y a la temperatura máxima se definieron distancias de predicción de seis y diez semanas, respectivamente, y para el resto de los indicadores se definieron cuatro semanas.
- Valor de corte de la señal de brote: 0,75

Se consideraron como indicadores útiles para la alerta temprana a aquellos que tuvieron dos o más observaciones por encima de su umbral en un período previo al

brote que osciló entre cuatro, seis, ocho, 10 y 12 semanas. No se definen valores umbrales para las variables entomológicas, epidemiológicas ni climatológicas porque la metodología utilizada se basa en técnicas de regresión que utilizan todo el espectro de valores de las variables predictoras para calcular la probabilidad de ocurrencia de un brote. Para mejorar el valor predictivo positivo y alertar oportunamente de las hospitalizaciones con cuatro semanas de antelación, se utilizó también la combinación de todas las variables independientes en el análisis.

El paquete estadístico R versión 3.4.3 se utilizó para el cálculo de todos los parámetros.

Consideraciones éticas

Esta investigación forma parte de un proyecto conjunto de colaboración con el Instituto de Medicina Tropical Pedro Kourí y el Instituto de Medicina Tropical de Amberes, Bélgica. Contó con el consentimiento informado de los expertos que participaron en la selección de los indicadores. Se llevó a cabo con la aprobación de los órganos regulatorios correspondientes referentes al Comité de Ética y al Consejo Científico de la provincia y sus resultados solo se utilizaron con fines netamente científicos.

Resultados

El indicador de pacientes hospitalizados con sospecha clínica de la enfermedad (SFI) desencadenó 58 señales de alerta. Mientras que el indicador de pruebas diagnósticas de IgM positivas generó 45. Ambos permitieron predecir correctamente todos los brotes. Sin embargo, los SFI detectaron 14 falsas alertas y las IgM positivas solo seis.

Entre los indicadores entomológicos, el índice casa registró un total de 77 señales de alerta. De ellas, correctas fueron 23 y se pasó por alto la identificación de 23 brotes. El índice relativo de pupas dejó de detectar 16 brotes. El índice Breteau detectó 21 alertas correctas, pero 25 brotes no fueron identificados.

Las precipitaciones fueron las que mayor número de alertas emitieron (89), seguidas por la temperatura máxima (71). Sin embargo, las variables climatológicas también registraron un número no despreciable de alertas falsas. Todo ello se reporta en la tabla 2.

Tabla 2 - Síntesis de resultados de la calibración de los indicadores de alerta seleccionados

Indicadores	Total de Alertas	Alertas correctas	Alertas falsas	Brotos no identificados	Semanas sin brotes y sin alertas
Hospitalizaciones SFI	58	44	14	2	93
Casos con IgM+	45	39	6	7	101
Índice casa	77	23	54	23	53
Índice relativo de pupas	91	30	61	16	46
Índice Breteau	51	21	30	25	77
Precipitaciones	89	46	43	0	64
Temperatura Media	70	34	36	12	71
Temperatura Máxima	71	37	34	9	73
Humedad relativa ambiental	55	28	27	18	80

Fuente: Registros de los departamentos de estadística del Hospital Provincial GAL, Pediátrico, CPHEM, UMHE y Centro Meteorológico Provincial.

La síntesis sobre la capacidad predictiva de los diferentes indicadores se muestra en la tabla 2. Las hospitalizaciones por SFI tuvieron una sensibilidad del 95,7 % (IC 88,7 %; 100,0 %) y VPP del 75,9 % (64,0 %; 87,7 %); con una distancia de predicción de cuatro semanas de anticipación. Los indicadores entomológicos (Índice de casa, Índice de pupas, Índice Breteau), a pesar de tener valores de sensibilidad aceptables, tuvieron el VPP por debajo del 50 % (29,9 %, 33,0 % y 41,2 %, respectivamente).

Las variables climatológicas tuvieron distancias de predicción entre seis y 12 semanas. El mejor predictor resultó la media semanal de precipitaciones con 100,0 % (98,9 %; 100,0 %) de sensibilidad y 51,7 % (40,7 %; 62,6 %) de VPP (con seis semanas de anticipación). Sin embargo, la media de las temperaturas media, máxima y humedad relativa ambiental tuvieron valores elevados de sensibilidad que oscilaron entre 60,9 % y 80,4 % y aceptables valores de VPP entre 48,6 % y 52,1 %, con distancias de predicción de ocho, 12 y 10 semanas, respectivamente (tabla 3).

Tabla 3 - Síntesis de los resultados de la capacidad predictiva de los indicadores de alerta

Indicadores de alerta	Distancia Predicción (semanas)	Sensibilidad (%) (IC95 %)	VPP (%) (IC95 %)
SFI	4	95,7 (88,7; 100,0)	75,9 (64,0; 87,7)
Casos con IgM+	4	84,8 (73,3; 96,3)	86,7 (75,6; 97,7)
Índice casa	4	50,0 (34,5; 65,5)	29,9 (19,0; 40,7)
Índice pupas	4	65,2 (50,4; 80,1)	33,0 (22,8; 43,2)
Índice Breteau	4	45,7 (30,2; 61,1)	41,2 (26,7; 55,7)
Media Precipitaciones	6	100,0 (98,9; 100,0)	51,7 (40,7; 62,6)
Temperatura Media	8	73,9 (60,1; 87,7)	48,6 (36,2; 61,0)
Temperatura Máxima	12	80,4 (67,9; 93,0)	52,1 (39,8; 64,4)
Humedad relativa ambiental	10	60,9 (45,7; 76,1)	50,9 (36,8; 65,0)

Fuente: Registros de los departamentos de estadística del Hospital Provincial GAL, Pediátrico, CPHEM, UMHE y Centro Meteorológico Provincial.

Al utilizar la combinación de nueve variables independientes, se alcanzó una sensibilidad del 91,1 % y VPP de 69,0 %, lo cual permitió alertar de las hospitalizaciones, mejorar el valor predictivo positivo y alertar oportunamente de las hospitalizaciones con cuatro semanas de antelación (fig.)

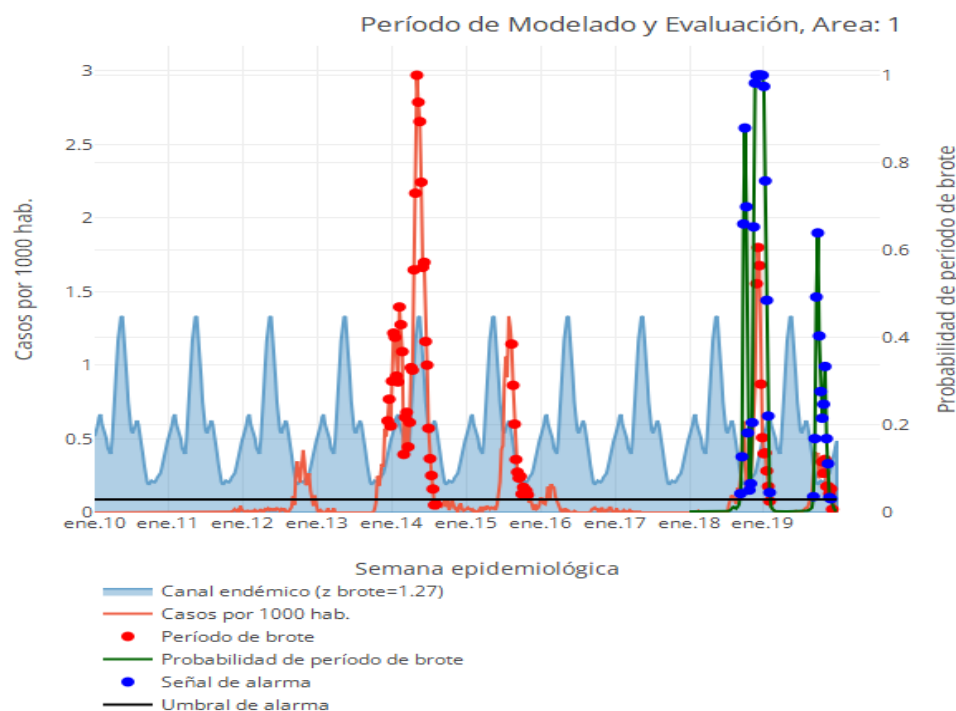


Fig. - Representación de los períodos de brotes identificados y las señales de alarma detectadas por la combinación de los indicadores y variables estudiadas.

Discusión

El indicador de hospitalizaciones por SFI muestra una elevada capacidad predictiva para alertar oportunamente sobre brotes de dengue; por el contrario, los indicadores entomológicos por sí solos no resultan suficientemente útiles para generar alertas, pues su valor predictivo positivo es bajo. La media semanal de precipitaciones es el mejor predictor entre las variables climatológicas. La combinación de indicadores mejora notablemente la sensibilidad y el VPP para la alerta oportuna de brotes.

México se encuentra entre los países que cuentan con una amplia experiencia en la validación previa de Sistemas de Alerta Temprana y Respuesta, y su integración gradual en el sistema nacional de vigilancia ha aumentado la apreciación de la necesidad de una vigilancia integrada (incluida la vigilancia de enfermedades, vectores y clima), y de vincular la información interinstitucional y transectorial para lograr una inteligencia epidemiológica holística.⁽¹¹⁾

Los resultados en México, con el empleo de la metodología que se utilizó en la presente investigación, muestran que el sistema de alerta temprana halló distancias de predicción entre la alerta generada y la ocurrencia de brotes que oscilaron entre seis y ocho semanas, lo que permitió la adopción de medidas preventivas

oportunas, por lo que se sugiere emplear este tipo de estudio en otras arbovirosis sensibles al cambio climático.⁽¹¹⁾

En un estudio de revisión se plantea que, aunque los indicadores entomológicos, epidemiológicos y de alarma de los medios sociales son potencialmente útiles para la alerta de brotes, la mayoría de las investigaciones se centran principal o exclusivamente en los indicadores meteorológicos, lo que tiende a limitar la capacidad de predicción.⁽⁶⁾

Los indicadores climatológicos (sobre todo precipitaciones, temperatura y humedad) han sido los más utilizados en la literatura como predictores de brotes de dengue.^(11,12) Sin embargo, no se emplean habitualmente en la vigilancia sistemática de esta enfermedad en el contexto cubano. Los resultados obtenidos en el presente estudio permiten plantear que estos pueden ser muy útiles en la predicción de brotes dada su directa influencia en la dinámica poblacional del mosquito transmisor de la enfermedad.

En revisiones sistemáticas consultadas se plantea que la fiebre resulta el mejor predictor de brotes sobre todo para el dengue. Las hospitalizaciones por fiebre han probado ser el mejor indicador de brote para realizar las predicciones de la proximidad de brotes de dengue mediante Sistemas de Alerta Temprana (EWS, por sus siglas en inglés).^(5,6,7,8,9)

Sin embargo, cuando es elevada la proporción de casos leves de la enfermedad, raramente se hospitalizan todos los casos, por lo que entonces resulta útil utilizar el criterio de caso probable o confirmado de la enfermedad como indicador de brote.^(8,13)

Pocos estudios han empleado indicadores entomológicos como predictores, sobre todo por carecer de datos, pues estos indicadores se suelen recoger al azar sin una periodicidad definida, lo que impide su aplicación para la predicción de brotes. A pesar de ello, en México, la proporción de ovitrampas positivas y el número medio de huevos colectados por grupos de viviendas han resultado efectivos para la predicción de brotes de dengue con sensibilidad y VPP de 79 %/78 % y 60 %/50 %, respectivamente. El aislamiento viral en mosquitos también ha demostrado ser un fuerte predictor de brotes, pero es un método muy costoso y no disponible a nivel local.⁽¹¹⁾

Los índices larvarios de casas, de Breteau y de pupas han sido estudiados como predictores de brotes de dengue en Sri Lanka. A pesar de que fueron definidos umbrales de bajo, mediano y alto riesgo, se sugiere la combinación de estos con otros indicadores asociados a la densidad poblacional, el nivel de inmunidad y las

variables climatológicas.⁽¹⁴⁾ En particular, el índice de Breteau por encima de cuatro, en Cuba, se asoció significativamente con la transmisión de dengue (odds ratio 6,00, $p < 0,05$), con una sensibilidad del 78 % y una especificidad del 63 %.⁽¹⁵⁾

Existen evidencias en estudios realizados que plantean que la combinación de indicadores como la humedad relativa y la media de precipitaciones con los índices entomológicos ha mejorado la predicción de los modelos utilizados en un rango entre 84 % y 89 %.^(5,6,9) Estudios realizados con datos de la vigilancia de depósitos o criaderos de *Ae. aegypti* en La Habana, Cuba, han mostrado evidencias de la relación entre las precipitaciones, la temperatura y el número de hábitats del mosquito.⁽¹⁶⁾ En ese estudio se observó, además, que los mayores valores de emergencia de hembras ocurrieron en meses cálidos como julio y agosto y los menores en octubre y diciembre.

En ese camino, la integración de indicadores realizada en Cienfuegos mejoró significativamente la capacidad predictiva al integrar las variables que elevaron la sensibilidad y el VPP para la detección oportuna de brotes.

Nuevos estudios serán necesarios para evaluar la implementación de un sistema de alerta temprana en Cienfuegos. Este resulta el primer intento conocido en Cuba para poder calibrar indicadores que puedan ser útiles para el diseño de un sistema de alerta temprana de epidemias de dengue y otras arbovirosis.

La principal limitación de este estudio radica en haber utilizado datos de rutina que pueden estar sujetos a cambios y dificultades en la calidad de la recogida del dato primario.

A pesar de ello, se considera una fortaleza la disponibilidad de metadatos provenientes de la implementación de un sistema único de vigilancia en el país, por lo que los resultados se pueden generalizar a otras provincias en el contexto cubano. La utilización de indicadores que han sido validados en estudios previos similares realizados en otros países permite las comparaciones a nivel internacional.

La predicción espacial sigue siendo una limitación. Es imperativo que los datos que se recopilan por la vigilancia entomológica, epidemiológica y climatológica se georreferencien y se integren en los sistemas cartográficos a un nivel espacial de mayor resolución.

Se concluye que los indicadores epidemiológicos y los basados en resultados de pruebas diagnósticas resultaron útiles para predecir oportunamente la ocurrencia de brotes de dengue, por lo que resultarían trazadores para implementar un sistema de alerta temprana en el contexto cubano.

Referencias bibliográficas

1. Guzmán M, Vázquez S, Álvarez M, Pelegrino J, Ruiz D, Martínez P, *et al.* Vigilancia de laboratorio de dengue y otros arbovirus en Cuba, 1970-2017. *Rev Cubana Med Trop.* 2019 [acceso 21/02/2024];71(1):e338. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S037507602019000100008&lng=es
2. Arredondo Bruce A E, Guerrero Jiménez G, de Quezada López F, Santana Gutiérrez O. Presencia y diseminación del Dengue, Chikungunya y otras arbovirosis en las Américas. *Rev. Med. Electrón.* 2019 [acceso 03/02/2024];41(2):423-34. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1684-18242019000200423&lng=es
3. Guzmán MG (ed.). Dengue. Cap. 7. Dengue en Cuba. La Habana: Editorial de Ciencias Médicas; 2016 [acceso 03/02/2024];61-82. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/314419809_Dengue_Coleccion_de_Autores_Cubanos_ECIMED
4. World Health Organization. Technical handbook for dengue surveillance, outbreak prediction/detection and outbreak response. World Health Organization; 2016 [acceso 12/01/2025]. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/250240>
5. Baharom M, Ahmad N, Hod R, Abdul Manaf M R. Dengue Early Warning System as Outbreak Prediction Tool: A Systematic Review. *Risk Management and Healthcare Policy.* 2020 [acceso 12/01/2025];15:871-86. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.2147/RMHP.S361106?needAccess=true>
6. Hussain Alkhateeb L, Rivera Ramírez T, Kroeger A, Gozzer E, Runge-Ranzinger S. Early warning systems (EWSs) for chikungunya, dengue, malaria, yellow fever, and Zika outbreaks: What is the evidence? A scoping review. *PLOS Neglected Tropical Diseases.* 2021 [acceso 12/04/2024];15(9):e0009686. Disponible en: <https://journals.plos.org/plosntds/article?id=10.1371/journal.pntd.0009686>
7. Meckawy R, Stuckler D, Mehta A, Al-Ahdal T, Doebbeling B N. Effectiveness of early warning systems in the detection of infectious diseases outbreaks: a systematic review. *BMC Public Health.* 2022 [acceso 12/01/2025];22(1):2216. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1186/s12889-022-14625-4>
8. Sylvestre E, Joachim C, Cecilia-Joseph E, Bouzille G, Campillo-Gimenez B, Cuggia M, Cabie A. Data-driven methods for dengue prediction and surveillance using real-world and Big Data: A systematic review. *PLoS Neglected Tropical Diseases.* 2022 [acceso 12/12/2024];16(1):e0010056. Disponible en: <https://journals.plos.org/plosntds/article?id=10.1371/journal.pntd.0010056>

9. Leung XY, Islam RM, Adhami M, Ilic D, McDonald L, Palawaththa S. A systematic review of dengue outbreak prediction models: Current scenario and future directions. PLOS Neglected Tropical Diseases. 2023 [acceso 12/12/2024];17(2):e0010631. Disponible en: <https://journals.plos.org/plosntds/article?id=10.1371/journal.pntd.0010631>
10. Sistema de alerta y respuesta temprana ante brotes de dengue: guía operativa basada en el tablero de mandos en línea. Washington, D.C.: Organización Panamericana de la Salud. 2021. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. Disponible en: <http://iris.paho.org>
11. Sanchez Tejeda G, Benitez Valladares D, Correa Morales F, Toledo Cisneros J, Espinoza Tamarindo B. E., Hussain Alkhateeb L. Early warning and response system for dengue outbreaks: Moving from research to operational implementation in Mexico. PLOS Glob Public Health. 2023 [acceso 12/04/2024];3(9):e0001691. Disponible en: https://www.scienceopen.com/document_file/ea647828-89a1-4a2b-a1b7-27789253f4f7/PubMedCentral/ea647828-89a1-4a2b-a1b7-27789253f4f7.pdf
12. Yip S, Him N C, Jamil N I, He D, Sahu S K Spatio temporal detection for dengue outbreaks in the Central Region of Malaysia using climatic drivers at mesoscale and synoptic scale. Climate Risk Management. 2022 [acceso 12/12/2024];36:100429. Disponible en: <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2021.09.22.21263997v2.full.pdf>
13. Cardenas R, Hussain Alkhatee L, Benitez Valladares D, Sánchez-Tejeda G., Kroeger A. The Early Warning and Response System (EWARS-TDR) for dengue outbreaks: can it also be applied to chikungunya and Zika outbreak warning? BMC Infectious Diseases. 2022 [acceso 12/04/2024];22(1):235. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1186/s12879-022-07197-6>
14. Udayanga L, Aryaprema S, Gunathilaka N, Iqbal M C M, Fernando T, Abeyewickreme W. Larval indices of vector mosquitoes as predictors of dengue epidemics: an approach to manage dengue outbreaks based on entomological parameters in the districts of Colombo and Kandy, Sri Lanka. BioMed Research International. 2020 [acceso 12/04/2024];2020(1):6386952. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1155/2020/6386952>
15. Sánchez L, Vanlerberghe V, Alfonso L, Marquetti MC, Guzmán MG, Bisset J, Van der Stuyft P. Aedes aegypti larval indices identify neighborhood high risk for dengue epidemics. Emerg Inf Disease. 2006;12(5):800-6. DOI: <https://doi.org/10.3201/eid1205.050866>

16. Bisset J, Marquetti MC, García A, Vanderlerberghe V, Leyva M, Van der Stuyft P, et al. Vigilancia pupal de *Aedes aegypti* como una herramienta en el control de este vector en un municipio con baja densidad poblacional en la Ciudad de La Habana, Cuba. Rev Biomédica. 2008 [acceso 12/04/2024];19:92-103. Disponible en: <https://www.bing.com/ck/a?!&&p=1d5b0989fd34d2ea2cddfa29ab44eb3530b9fe3733e6a009473122ac563706JmltdHM9MTc4NjkyNDgwMA&ptn=3&ver=2&hsh=4&fclid=149625df-f3f6-61c7-24c7-32f7f2876035&u=a1aHR0cHM6Ly9kaWFsbmV0LnVuaXJpb2phLmVzL2Rlc2Nhcm dhL2FydGljdWxvLzYwNTkzNjUucGRm&ntb=1>

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflicto de intereses.

Contribución de los autores

Conceptualización: Hilda María Delgado Acosta, Sonia Monteagudo Díaz, Yamil Antonio Sarria Bastida, María Eugenia Toledo Romaní y Waldemar Baldoquin Rodríguez.

Curación de datos: Hilda María Delgado Acosta, Sonia Monteagudo Díaz, Yamil Antonio Sarria Bastida y Waldemar Baldoquin Rodríguez.

Análisis formal: Hilda María Delgado Acosta, Sonia Monteagudo Díaz, Yamil Antonio Sarria Bastida, María Eugenia Toledo Romaní y Waldemar Baldoquin Rodríguez.

Software: Waldemar Baldoquin Rodríguez.

Supervisión: Hilda María Delgado Acosta y María Eugenia Toledo Romaní

Redacción-borrador original: Hilda María Delgado Acosta, María Eugenia Toledo Romaní y Waldemar Baldoquin Rodríguez.

Redacción-revisión y edición: Hilda María Delgado Acosta, María Eugenia Toledo Romaní y Waldemar Baldoquin Rodríguez.