

Focalidad de *Aedes aegypti* e indicadores climáticos en Nueva Gerona Cuba (2006-2022)

Aedes aegypti focality and climate indicators in Nueva Gerona, Cuba (2006-2022)

SaylÍ González Fiallo^{1*} <https://orcid.org/0000-0002-7794-4283>

Idorka Mena Rodríguez¹ <https://orcid.org/0000-0003-2638-6370>

Victor Manuel Doeste Hernández¹ <https://orcid.org/0000-0003-4636-5817>

Margarita Peña Fernández¹ <https://orcid.org/0000-0001-9425-9035>

Olvia Oliva Ojeda¹ <https://orcid.org/0000-0001-7151-6619>

¹Dirección Municipal de Salud Pública. Isla de la Juventud, Cuba.

*Autor para la correspondencia: zayligf@infomed.sld.cu

RESUMEN

Introducción: Las enfermedades transmitidas por mosquitos resultan particularmente sensibles a las condiciones meteorológicas.

Objetivo: Modelar la focalidad de *Aedes aegypti* e indicadores climáticos en Nueva Gerona, Cuba.

Métodos: Estudio descriptivo de corte transversal realizado en el período de 2006 a 2022 en Nueva Gerona, Isla de la Juventud. Se empleó una curva de expectativa según meses y análisis de indicadores climáticos para establecer el momento más oportuno para acometer acciones de supresión vectorial. Una vez identificado, se procedió a la modelación espacial y al análisis del clima para el mismo período.

Resultados: La curva de expectativa facilitó muestras de mayor focalidad de *Aedes aegypti* a partir del mes de junio, por lo que se definió el período de marzo a junio como el más oportuno para intensificar las acciones de supresión de la población vectorial. Los mapas mostraron varias zonas



calientes en las que se encuentran involucrados con mayor riesgo los consejos populares de Pueblo Nuevo, Abel Santamaría, 26 de Julio y la localidad de Nazareno. Las precipitaciones acumuladas comenzaron en marzo (24,3 mm), abril (55,4 mm), mayo (163,4 mm) y junio (393,8 mm). Las temperaturas y la humedad relativa incrementaron de un mes a otro. Predominaron los vientos del Este.

Conclusiones: La modelación de la focalidad de *Aedes aegypti* definió temporo-espacialmente y como sistema de alerta temprana que el período entre marzo y junio constituía el más oportuno para la realización de las acciones que llevarían hacia la supresión vectorial, a tenor del comportamiento de indicadores climáticos que ejercieron efectos favorecedores sobre la infestación.

Palabras claves: *Aedes aegypti*; clima; alerta temprana.

ABSTRACT

Introduction: Mosquito-borne diseases are particularly sensitive to weather conditions.

Objective: To model *Aedes aegypti* focality and climate indicators in Nueva Gerona, Cuba.

Methods: A descriptive cross-sectional study was conducted from 2006 to 2022 in Nueva Gerona, Isla de la Juventud. An expectation curve by months and analysis of climate indicators was used to decide on the most appropriate moment to undertake vector suppression actions. Once identified, spatial modeling and weather analysis were carried out for the same period.

Results: The expectation curve provided evidence of greater *Aedes aegypti* focality from June onwards; therefore, the period from March to June was defined as the most appropriate to intensify vector population suppression actions. The maps showed several hot spots with the highest risk that include the people's councils of Pueblo Nuevo, Abel Santamaría, 26 de Julio and the locality of Nazareno. Cumulative rainfall began in March (24.3 mm), April (55.4 mm), May (163.4 mm) and June (393.8 mm). Temperatures and relative humidity increased by month. Easterly winds predominated.



Conclusions: Modeling *Aedes aegypti* focality defined temporo-spatially and as an early warning system that the period between March and June were the most appropriate for conducting vector suppression actions, based on climate indicators that exerted favoring effects on infestation.

Keywords: *Aedes aegypti*; climate; early warning.

Recibido: 28/03/2023

Aceptado: 27/06/2023

Introducción

Todas las infecciones involucran un agente (o patógeno), el huésped y el medio ambiente. Algunos patógenos requieren hospederos intermediarios para completar su ciclo de vida o se transmiten por vectores. En este último caso, el clima puede influir en los patógenos, los vectores, las defensas del huésped y el hábitat. Las enfermedades propagadas por mosquitos resultan particularmente sensibles a las condiciones meteorológicas.⁽¹⁾ Estas representan el 17 % de la carga mundial estimada para las enfermedades infecciosas con altos índices de mortalidad, morbilidad, incapacidades laborales y pérdidas económicas.

Se considera elevado, en relación con los arbovirus, el número de especies de artrópodos con potencialidad para transmitir estos patógenos, pero destacan, sobre todo, aquellos que exhiben hábitos antropófilos y sinantrópicos. Dos especies de mosquitos (*diptera: culicidae*) con estas características desempeñan un papel protagónico en la región de las Américas: *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus*, vectores trasmisores, entre otras enfermedades, del chikungunya, el zika y el dengue.⁽²⁾

La Organización Mundial de la Salud (OMS) clasifica al dengue como la “enfermedad viral transmitida por mosquitos más importante en el mundo”,⁽³⁾ y resultó la de mayor prevalencia en los últimos 50 años.⁽⁴⁾

Entre tanto, se demuestra que la prevención o disminución de la transmisión de arbovirosis depende de manera total del control de los mosquitos vectores y del contacto limitado entre los humanos y estos vectores.⁽⁵⁾ Sin embargo, la falta de sostenibilidad de los programas de



erradicación y, en algunos casos, el abandono de dichos programas, produjo a partir de la década de los 70 de siglo XX la reinfestación de esta especie en la región de Las Américas.⁽²⁾

En Cuba se implementó la llamada campaña de erradicación de dicha especie en 1981, devenida de la epidemia de dengue severo registrada en el país. La identificación de las especies de mosquitos a nivel de cada municipio formó parte del programa de vigilancia y control de *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus*, nombre actual de dicha campaña, que representa un factor de gran valor en el momento de la aparición de cualquier evento epidemiológico que pudiera involucrar a estos insectos.⁽⁶⁾

Los sistemas de alerta temprana se conciben como mecanismos para detectar lo antes posible cualquier acontecimiento anormal o cualquier alteración de la frecuencia habitual;⁽⁷⁾ resultan útiles como modelos predictivos. En el presente estudio estos modelos cobraron vital importancia en la vigilancia entomológica de la especie de *Aedes aegypti*, en cómo se espera que se manifieste su comportamiento en el tiempo, el uso del mapeo como herramienta epidemiológica donde se exponen zonas más precisas y mejor definidas, así como aquellas variables climáticas que se incorporan como causales (aunque no únicas) de mayor o menor proliferación del vector. Todo ello analizado en su conjunto puede, irrecusablemente, guiar la toma de decisiones, a partir de la alerta temprana, para contener epidemias o mitigar sus efectos desde la mirada de su magnitud y trascendencia. Por todo lo anterior, este trabajo tuvo como objetivo modelar la focalidad de *Aedes aegypti* e indicadores climáticos en Nueva Gerona, Cuba.

Métodos

Estudio descriptivo de corte transversal, comprendido en el rango de tiempo de 2006 a 2022. Se construyó la curva de expectativa según meses con un período de 17 años (2006 a 2022), así como indicadores climáticos, de manera que permitieran predecir el momento más oportuno para impactar en la disminución vectorial. Una vez identificado dicho período, se procedió a la modelación espacial de la focalidad de *Aedes aegypti* con el método de densidad de Kernel ilustrado en mapas de calor mediante el *software* Qgis versión 3.18. Para el mismo período se analizaron los siguientes indicadores climáticos: precipitaciones, temperaturas medias, humedad

relativa y direccionalidad del viento), para ello se contó con las mediciones de la estación de meteorología Cuba-Francia y series cronológicas de focalidad de *Aedes aegypti* del Departamento de Vigilancia en Salud de la Isla de la Juventud. El comité de ética municipal de la Isla de la Juventud aprobó este estudio.

Resultados

La curva de expectativa proporcionó muestras de mayor focalidad de *Aedes aegypti* a partir del mes de junio, con los mayores picos en agosto y noviembre. En el primer semestre del período de estudio se observó un incremento de la población vectorial a partir de marzo, que disminuyó en abril y aumentó paulatinamente hasta el cierre del semestre, lo que se demostró con la línea de tendencia, ajustada por un R^2 de 0,7808 (fig. 1).

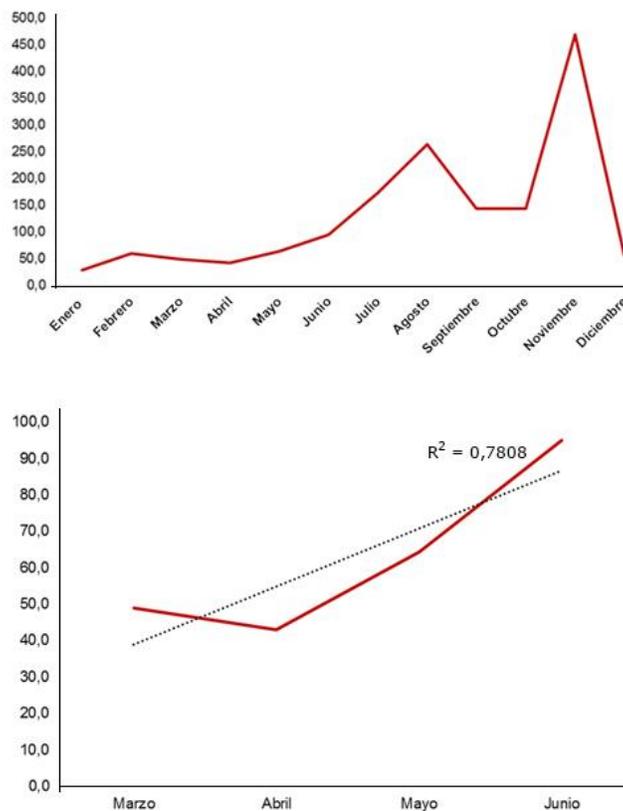


Fig. 1 - Curva de expectativa: focalidad de *Aedes aegypti* según meses. Isla de la Juventud, 2006-2022.



Los indicadores climáticos de humedad, precipitaciones y temperaturas mostraron los valores extremos en los meses de junio, agosto y septiembre. En el caso de las temperaturas se. adicionó el mes de julio (fig. 2).

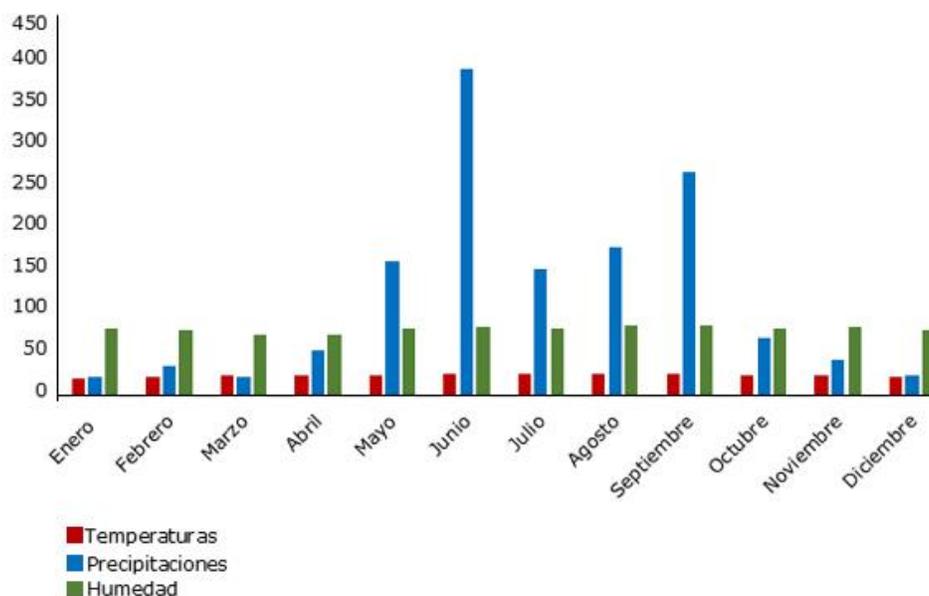


Fig. 2 - Indicadores climáticos seleccionados. Estación Cuba-Francia. Isla de la Juventud, 2006-2022.

Durante 2022 se detectaron 1138 focos de *Aedes aegypti*, el 27 % de ellos (368 focos) correspondió al período de marzo a junio definido estratégicamente como el rango de tiempo más oportuno para intensificar las acciones en la supresión de la población vectorial.

Los mapas de calor mostraron varias zonas calientes en estos cuatro meses, en los que se encontraron involucrados con mayor riesgo los consejos populares de Pueblo Nuevo, Abel Santamaría, 26 de Julio y la localidad de Nazareno que pertenece al consejo popular Sierra de Caballos.

El primer reflejo en marzo exhibió cuatro zonas importantes que se encontraron en Pueblo Nuevo y Abel Santamaría y sobrepasaron la frontera entre un consejo y otro. Abril mantuvo los conglomerados más importantes en dichos consejos populares y se agregó una zona de interés en

26 de Julio y Nazareno. Mayo, por su parte, mostró el mayor riesgo en *clusters* de Abel Santamaría y frontera de Micro 70 y una zona en Sierra Caballo.

Junio presentó zonas más concentradas y mejor definidas entre los consejos de Pueblo Nuevo y 26 de Julio, que invadieron sus fronteras. Este último mes reflejó el mayor riesgo en comparación con el resto de los meses analizados (figs. 3 y 4)

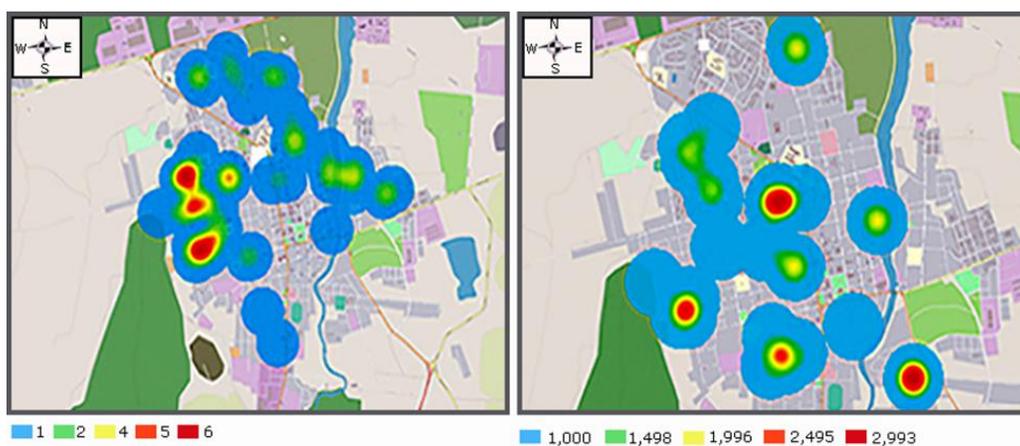


Fig. 3 - Mapas de densidad de Kernel para focalidad de *Aedes aegypti*.
Marzo-abril, 2022.



Fig. 4 - Mapas de densidad de Kernel para focalidad de *Aedes aegypti*.
Mayo-junio, 2022.

Los indicadores climáticos registrados para el período de análisis confirmaron un período seco para el mes de marzo con 24,3 mm de precipitación, abril se clasificó como normal con 55,4 mm, mientras que mayo se consideró lluvioso y junio extremadamente lluvioso con 393,8 mm. Las temperaturas mostraron un ascenso de un mes a otro y se incrementaron de marzo a abril 1,1 °C, de abril a mayo 0,9 °C y de mayo a junio 0,4 °C; el ascenso entre los valores extremos (marzo y junio) fue de 2 °C.

El incremento de la humedad relativa de un mes a otro resultó visible, marcado por 7 % entre los meses extremos. Los vientos predominantes fueron del Este (tabla).

Tabla - Indicadores climáticos para el período de marzo a junio. Estación Cuba-Francia. Isla de la Juventud, 2022

Variables	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Precipitaciones	24,3 mm	55,4 mm	163,4 mm	393,8 mm
Temperaturas medias	24,6 °C	25,7 °C	26,2 °C	26,6 °C
Temperaturas máximas medias	29,8 °C	30,6 °C	31,3 °C	31,0 °C
Temperaturas mínimas medias	19,7 °C	20,9 °C	21,9 °C	22,8 °C
Humedad relativa	74 %	75 %	81 %	84 %
Vientos predominantes	Norte/Este	Este/Norte	Este	Este

Discusión

El éxito en el control del dengue depende de cuánto, a través de la vigilancia, se puede predecir el inicio de una epidemia., toda vez que la dispersión de las poblaciones de vectores, su longevidad y actividad tienen una estrecha relación con elementos y factores del medio ambiente como los patrones de humedad relativa, la temperatura, las precipitaciones, la luz solar, la altura del terreno y también con las condiciones socioeconómicas.⁽⁸⁾

La curva de expectativa demostró que en los primeros meses del período estudiado, se espera la menor cantidad de focos, similar a lo expuesto por *Sánchez* y otros⁽⁹⁾ y diferente a lo comunicado por *Vivar* y otros.⁽¹⁰⁾

La colaboración del Ministerio de Salud Pública y el Instituto de Meteorología de Cuba permitió disponer de un pronóstico mensual y trimestral del estado de la infestación por *Aedes aegypti* y otros culícidos, así como a emitir alertas tempranas ante la llegada del verano (periodo de máxima propagación) y eventos extremos.⁽⁸⁾

Partiendo de estos resultados y los documentados en la presente investigación se definió el período de marzo-junio como estratégico para realizar las acciones de supresión vectorial. Se constató que a medida que incrementaron las temperaturas medias, precipitaciones y la humedad relativa, aumentaron los focos de *Aedes aegypti*, y se observó el mayor incremento de las cuatro variables en marzo, mayo y junio, no así en el abril, a expensas de la focalidad exclusivamente. En el análisis de los indicadores climáticos se apreció un incremento en las precipitaciones, temperaturas y humedad relativa en el mes de marzo, sin embargo, aun cuando las condiciones favorecieron el incremento de la focalidad, no fue lo experimentado en el estudio, lo que se pudiera interpretar como deficiencias en la sensibilidad de la vigilancia y la lucha antivectorial, expresado por la baja detección de focos de *Aedes aegypti*.

Hierrezuelo y otros⁽¹¹⁾ muestran la mayor focalidad en el mes de junio al igual que lo comunicado en la presente investigación.

La diseminación transfronteriza de riesgos para la salud no es un fenómeno nuevo;⁽⁷⁾ los mapas aquí generados demostraron este planteamiento, si bien, otros métodos de estratificación solo llegan a nivel de manzanas, sin visualizar la dispersión del vector que emigra más allá de las fronteras de un consejo popular a otro.

La mayoría de las zonas calientes se inclinaron más hacia el oeste de la ciudad, lo cual pudiera estar explicado por la dirección del viento y los sitios de oviposición, sin embargo, en investigación realizada por *Betancourt* y otros,⁽¹²⁾ el viento resulta la única variable que no manifiesta una correlación positiva con la presencia de estadios larvarios de *Aedes aegypti*.

En el caso de epidemias de dengue, se plantea que los clústeres de mayor densidad se encuentran cercanos a las principales vías de acceso e identifican a las rutas como principales itinerarios a través de las cuales se dispersa la enfermedad.⁽¹³⁾

El consejo Pueblo Nuevo mostró el mayor riesgo dado por la mayor proliferación y extensión del vector, probablemente fundamentado en el hecho de contar con la mayor densidad poblacional, por otra parte, el abasto de agua repercute negativamente, sobre todo en las zonas más altas donde se produce baja presión en la red de distribución. Lo anterior se agrava en época de sequía, pues es común que las familias almacenen agua en lugares inapropiados y mal tapados, lo que crea un ambiente favorable para la reproducción y proliferación del mosquito. Este escenario se complica cuando al llover el agua se acumula en estos recipientes que resultan colonizados por el vector, y de esta forma aumenta rápidamente la población de los insectos.⁽¹⁾

Aun y cuando el período de marzo a junio se catalogó como lluvioso en la Isla de la Juventud, el mes de marzo se consideró como seco y la lluvia se incrementó en los meses que le sucedieron.

El ritmo de precipitación pluvial influye en la densidad del *Aedes*. En este sentido, las cantidades se incrementan durante la época de lluvias como consecuencia de la disponibilidad de un número mayor de criaderos, por el acúmulo de fuentes de agua que sirven para la multiplicación de los mosquitos. Sin embargo, las lluvias fuertes o en exceso provocan una limpieza de los criaderos por arrastre, lo que puede disminuir la multiplicación de los mosquitos.

Entre los factores climáticos, la temperatura media es uno de los principales que afectan el ciclo de vida del *Aedes aegypti* ⁽¹⁾ La OMS señala que el aumento de la temperatura en 1-2 °C, pudiera determinar el aumento en varios cientos de millones los casos de dengue.⁽⁹⁾

Se demuestra que las temperaturas óptimas para la multiplicación de este mosquito oscilan entre 20 y 30 °C,⁽¹⁾ otra información establece un rango promedio entre 20,7 °C y 25,6 °C como propicias para el desarrollo biológico de *Aedes aegypti*, ⁽⁹⁾ vector que se considera sin dudas, uno de los problemas más graves de salud pública, no solo en la Isla de la Juventud y Cuba, sino en el mundo dada su creciente diseminación y las dificultades para su control. Si se trabaja desde la mirada de la alerta temprana y se acometen las acciones de control oportunamente, se podría incrementar, retardar o impedir la dispersión epidémica del dengue y otras entidades.

Se concluye que la modelación de la focalidad de *Aedes aegypti* definió temporo-espacialmente y como sistema de alerta temprana que el período entre marzo y junio constituía el más oportuno para la realización de las acciones que llevarían hacia la supresión vectorial, a tenor del



comportamiento de indicadores climáticos que ejercieron efectos favorecedores sobre la infestación.

Se recomienda prestar atención a los resultados expuestos en la presente investigación puesto que se pueden emplear desde la mirada de la alerta temprana.

Referencias bibliográficas

1. Arbo A, Sanabria G, Martínez C. Influencia del Cambio Climático en las Enfermedades Transmitidas por Vectores. *Rev Inst Med Trop.* 2022 [acceso 11/02/2023];17(2):23-36. Disponible en: http://scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1996-36962022000200023&lng=en
2. Diéguez Fernández L, Monzón Muñoz MV, Juárez Sandoval JA, Barrios Barrios DY, Barrientos Juárez ME, Barrios YH, *et al.* Caracterización de la infestación de viviendas por tres especies de mosquitos (Diptera: Culicidae) de importancia médica en países de bajos y medios ingresos: recomendaciones para su control doméstico. *Ciencia Salud.* 2021 [acceso 11/02/2023];5(3):49-66. Disponible en: <https://revistas.intec.edu.do/index.php/cisa/article/view/2307>
3. Molineros Gallón L, Pinzón Gómez E, Rengifo García N, Daza Rivera C, Hernández Carrillo M, Ortiz Carrillo M, *et al.* Seroprevalencia de dengue en municipios con transmisión hiperendémica y mesoendémica, Valle del Cauca, Colombia. *Rev Cubana Salud Pública.* 2020 [acceso 12/02/2023];46(2):1-20. Disponible en: <http://www.revsaludpublica.sld.cu/index.php/spu/article/view/1256>
4. Zamora Ramírez MG, Latournerie Cerino ME, Sánchez López AR, González Ramos IA, Bustamante Montes LP. El impacto del cambio climático en la prevalencia del Dengue en México. *Rev Sal Jal.* 2020 [acceso 12/02/2023];7(3):156-63. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=98530>
5. Benítez Pérez MO. Papel de los mosquitos del género *Aedes* en la transmisión de patógenos. *Arch Méd Camagüey.* 2018 [acceso 12/02/2023];22(5):634-39. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-02552018000500634



6. Marquetti Fernández MC, Cuesta Peraza I, Pérez Castillo M, Mendizábal Alcalá ME, Chamizo Herrera K, Molina Torriente R. *et al.* Diversidad de culícidos y riesgo entomoepidemiológico, con énfasis en arbovirosis y malaria en La Habana, Cuba. *An Acad Cienc Cuba.* 2021 [acceso 12/02/2023];11(2):e859. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2304-01062021000200021&lng=es&tlng=es
7. Sánchez Tarragó N. Vigilancia y alerta temprana de brotes y epidemias: conceptualización y experiencia cubana. *Asklepión: Información de salud.* 2021 [acceso 12/02/2023];1(1):28-49. Disponible en: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/52012>
8. Borroto Gutiérrez SM, Suárez Tamayo S, del Puerto Rodríguez A. El cambio climático y la salud en Cuba. La Habana: Editorial Ciencias Médicas; 2022 [acceso 12/02/2023]. Disponible en: <http://www.bvscuba.sld.cu/libro/el-cambio-climatico-y-la-salud-en-Cuba>
9. Sánchez Lara S, González Ramírez R, Expósito Boue L, Pascual Armiñan ME. Variabilidad climática, su influencia en la aparición de las arbovirosis en la provincia Guantánamo. *Rev Inf Científica.* 2022 [acceso 11/02/2023];101(6):1-12. Disponible en: <https://revinfcientifica.sld.cu/index.php/ric/article/view/3777>
10. Vivar Rivas Z, Peña García Y, Domínguez Fernández BN, Zarzabal García A. Caracterización de los focos de mosquitos *Aedes aegypti*, en el Municipio de Puerto Padre, 2021. La Habana: Convención Internacional de Salud; 2022. Disponible en: <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=Caracterizaci%C3%B3n+de+los+focos+de+mosquitos+Aedes+aegypti%2C+en+el+Municipio+de+Puerto+Padre%2C+2021>
11. Hierrezuelo Rojas N, Fernández González P, Portuondo Duany ZL, Pacín George C, Blanco Álvarez C. Comportamiento del Programa de Vigilancia y Lucha Antivectorial. Policlínico Docente Ramón López Peña, Santiago de Cuba. *Correo Científ Méd.* 2021 [acceso 13/02/2023];25(1):1-15. Disponible en: <https://revcocmed.sld.cu/index.php/cocmed/article/view/3397/0>



12. Betancourt Bethencourt JA, Llambias Peláez JJ, Pestano EN, León Ramentol C. Interacción de variables climáticas con el dengue y el mosquito *Aedes aegypti* en el municipio Camagüey. *Rev Cubana Med Trop.* 2017 [acceso 13/02/2023];69(1):1-10. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0375-07602017000100002&lng=es
13. Ramona Rojas M. Usos de herramientas geoespaciales en la detección de áreas con riesgo Epidemiológico a partir de variables biofísicas y casos de dengue en Jujuy - Argentina. 2016 [acceso 13/02/2023]. Disponible en: <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/2841>

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

Contribución de los autores

Conceptualización: SaylÍ González Fiallo, Idorka Mena Rodríguez y Víctor Manuel Doeste Hernández.

Curación de datos: SaylÍ González Fiallo, Idorka Mena Rodríguez y Víctor Manuel Doeste Hernández.

Análisis formal: SaylÍ González Fiallo, Idorka Mena Rodríguez y Víctor Manuel Doeste Hernández.

Investigación: SaylÍ González Fiallo, Idorka Mena Rodríguez y Víctor Manuel Doeste Hernández, Margarita Peña Fernández y Olvia Oliva Ojeda.

Metodología: SaylÍ González Fiallo, Idorka Mena Rodríguez, Víctor Manuel Doeste Hernández, Margarita Peña Fernández y Olvia Oliva Ojeda.

Administración del proyecto: SaylÍ González Fiallo.

Supervisión: SaylÍ González Fiallo, Idorka Mena Rodríguez y Víctor Manuel Doeste Hernández.

Validación: Idorka Mena Rodríguez y Víctor Manuel Doeste Hernández.

Visualización: SaylÍ González Fiallo, Idorka Mena Rodríguez, Víctor Manuel Doeste Hernández, Margarita Peña Fernández y Olvia Oliva Ojeda.



Redacción-borrador original: SaylÍ González Fiallo.

Redacción-revisión y edición: Idorka Mena Rodríguez, Víctor Manuel Doeste Hernández, Margarita Peña Fernández y Olvia Oliva Ojeda

