

Ciencia y Salud, Vol. V, No. 2, mayo-agosto, 2021 • ISSN (impreso): 2613-8816 • ISSN (en línea): 2613-8824

DOI: <https://doi.org/10.22206/cysa.2021.v5i2.pp57-67>

TRANSMISIÓN DEL VIRUS DEL DENGUE Y SU RELACIÓN CON FACTORES CLIMÁTICOS DURANTE LOS PERÍODOS INTRA E INTEREPIDÉMICOS EN SANTO DOMINGO, REPÚBLICA DOMINICANA

Dengue Virus Transmission and its Relationship with Climatic Factors During Intra and Interepidemic Periods in Santo Domingo, Dominican Republic

Leandro Tapia^a, César Arredondo-Abreu^b, Miguel Delgadillo^c, Carlos Ruiz-Matuk^d y Robert Paulino-Ramírez^e

Recibido: 23 de abril, 2020 • Aprobado: 12 de julio, 2020

Cómo citar: Tapia L, Arredondo-Abreu C, Delgadillo M, Ruiz-Matuk C, Paulino-Ramírez R. Transmisión del virus del dengue y su relación con factores climáticos durante los períodos intra e interepidémicos en Santo Domingo, República Dominicana. *cysa* [Internet]. 9 de junio de 2021 [citado 16 de junio de 2021];5(2):57-. Disponible en: <https://revistas.intec.edu.do/index.php/cisa/article/view/2212>

Resumen

Introducción: *Aedes spp.* y la dinámica del virus del dengue está altamente influenciada por factores ambientales. Una relación detallada entre el clima y la enfermedad en los períodos inter e intra-epidémicos podrían beneficiar la vigilancia del dengue para optimizar la preparación y las políticas adecuadas de control de vectores.

Métodos: se analizaron los informes de casos de dengue y las variables climáticas en Santo Domingo, República Dominicana, para determinar la correlación del período 2012-2018 y los diferentes tiempos de retraso. Se llevó a cabo un análisis de regresión de dichas variables para comprender mejor las relaciones entre las tasas de incidencia del dengue y los cambios climáticos.

Resultados: durante los brotes epidémicos, la temperatura ($r = 0.73$, $p < 0.001$) y la humedad relativa ($r = -0.22$,

Abstract

Introduction: *Aedes spp.* and Dengue Virus dynamics are highly influenced by environmental factors. A detailed relationship between climate and disease in inter and intra-epidemic periods may benefit dengue surveillance, preparedness, and adequate vector control policies.

Methods: Dengue case reports and climatic variables in Santo Domingo, Dominican Republic, were analyzed for climate variables correlation from the period 2012-2018 and varying lag times. Regression analysis of climatic variables was carried out to better understand significant correlations between dengue incidence rates and changes in climate.

Results: During epidemic outbreaks, temperature ($r = 0.73$, $p < 0.001$) and relative humidity ($r = -0.22$, $p = 0.009$) demonstrated a significant correlation with dengue incidence. Our regression analysis demonstrates an increase of

^a Instituto de Medicina Tropical & Salud Global, Department of Academic Research Universidad Iberoamericana (UNIBE), Santo Domingo, Dominican Republic. ORCID: 0000-0003-3405-4579, Correo-e: l.tapia@prof.unibe.edu.do

^b Department of Academic Research, UNIBE. ORCID: 0000-0002-8966-0210, Correo-e: c.arredondo@unibe.edu.do

^c Escuela de Medicina, UNIBE. Correo-e: mdelgadillo@est.unibe.edu.do

^d Department of Academic Research, UNIBE.

ORCID:0000-0003-2681-4953, Correo-e: c.ruiz4@unibe.edu.do

^e Instituto de Medicina Tropical & Salud Global, Department of Academic Research, UNIBE. ORCID:0000-0002-3676-0357 Correo-e: r.paulino1@unibe.edu.do



$p = 0.009$) se correlacionan significativamente con la incidencia del dengue con un retraso de 9 semanas, el análisis de regresión muestra que la temperatura media ($b = 62.401$, $p < 0.001$), precipitación ($b = 2.810$, $p < 0.001$) y humedad relativa ($b = -5.462$, $p = 0.025$) fueron predictores significativos. Durante los períodos inter-epidémico, la temperatura ($r = 0.23$, $p < 0.001$) tuvo una correlación significativa con la incidencia del dengue con un retraso de 7 semanas, la humedad relativa ($b = 1.454$, $p < 0.05$) y la temperatura media ($b = 5.14$, $p < 0.01$) son predictores significativos de la cantidad de casos de dengue. La precipitación no se correlacionó significativamente con la incidencia del dengue.

Conclusiones: existe una relación no lineal entre los factores climáticos y la incidencia del dengue. La infección por dengue depende del clima, y la temperatura parece jugar un papel importante en los factores climáticos.

Palabras clave: dengue; variables climáticas; incidencia; temperatura; análisis de correlación; República Dominicana.

Introducción

El virus del Dengue (DENV), es un virus de ARN (+), miembro de la familia Flaviviridae. El DENV es el patógeno responsable de causar la Fiebre del Dengue (DF). La DF es una enfermedad infecciosa transmitida por vectores en específico por los mosquitos *Aedes spp* con una amplia distribución geográfica de más de 100 países en todo el mundo.¹ Aproximadamente, entre 50-100 millones de informes de DF se hacen en todo el mundo cada año.¹ En la República Dominicana, DF ha sido altamente endémica con un ciclo antropomórfico casi continuo, con una transmisión durante todo el año y diversos grados de incidencia y brotes epidémicos a lo largo de los años.²⁻³

Como una enfermedad transmitida por vectores, la DF ha mostrado una variabilidad influenciada por factores extrínsecos (dinámica de población, disponibilidad y competencia de vectores, variabilidad climática) y factores intrínsecos (interacciones virus-huésped, inmunidad a los serotipos circulantes), estos permiten que la DF sea capaz de tener una circulación ininterrumpida y brotes epidémicos.^{1,4}

62.4 cases for each degree Celsius increased with a 9-week-lag. Regression analysis also demonstrated mean temperature ($b = 62.401$, $p < 0.001$), precipitation ($b = 2.810$, $p < 0.001$), and relative humidity ($b = -5.462$, $p = 0.025$) to be significant predictors. During inter-epidemic periods, temperature ($r = 0.23$, $p < 0.001$) had a significant correlation with dengue incidence with a 7-week-lag, which demonstrates that relative humidity ($b = 1.454$, $p < 0.05$), and mean temperature ($b = 5.14$, $p < 0.01$) are significant predictors of the quantity of dengue cases. Precipitation did not significantly correlate with dengue incidence.

Conclusions: A non-linear relationship between climatic factors and dengue incidence exists in the Dominican Republic. Dengue infection is climate-dependent and temperature seems to play a significant role in climatic factors.

Keywords: Dengue; climatic variables; incidence; temperature; correlation analysis; Dominican Republic.

Por estas situaciones, los esfuerzos de salud pública se centran en comprender estos factores extrínsecos para proponer estrategias y políticas de prevención optimizadas.⁴

Los estudios actuales reconocen los factores climáticos como una fuerte influencia en la dinámica espacial y temporal del vector *A. aegyptis*.⁵⁻⁷ La temperatura media se asocia con las tasas de desarrollo, vida útil, fecundidad, supervivencia, tasas de mordedura, probabilidad de transmisión, probabilidad de infección y abundancia del vector.⁵ El clima es un factor importante para el estudio del DF y otras infecciones transmitidas por mosquitos ya que la precipitación crea nuevos sitios de reproducción y mantiene los sitios de reproducción de mosquitos *Aedes* previamente establecidos.⁶⁻⁷ Los sitios de reproducción artificial que se encuentran en áreas urbanas donde el almacenamiento de agua es una práctica común o se puede dejar que el agua se acumule en contenedores no deseados, y el almacenamiento de agua artificial para uso doméstico es cada vez más importante. En la República Dominicana, los estudios han encontrado una alta

prevalencia de larvas de *Aedes spp.* en depósitos artificiales cerca de áreas pobladas.⁷

Para comprender mejor la dinámica de DENV, los expertos están dedicando esfuerzos significativos a la dinámica de transmisión del DF en las zonas urbanas. Si bien el uso de factores climáticos para describir las tendencias del DF y proporcionar modelos de predicción son comunes, los hallazgos de la asociación clima-DF varían según las regiones, y no proporcionan una asociación constante entre los factores climáticos y el DF.^{5-7, 9-11, 13-23} La variabilidad asociada con la temperatura, la humedad relativa y la precipitación, y la incidencia de DF en la República Dominicana²² y otros países endémicos de dengue^{5-7, 9-11, 13-23} muestran resultados mixtos.

Este estudio aborda la brecha de conocimiento entre las interacciones entre el clima y el dengue en Santo Domingo y tiene como objetivo evaluar las características climatológicas y los determinantes de la transmisión del dengue durante los períodos epidémicos y entre epidemias.

Materiales y Métodos

Datos Epidemiológicos

La Dirección Nacional de Epidemiología del Ministerio de Salud (DIGEPI) lleva a cabo la vigilancia del dengue, mediante la cual los datos de los casos de DF están disponibles a través del depósito de acceso abierto de boletines epidemiológicos semanales al DIGEPI desde enero de 2012 hasta diciembre de 2018 con las siguientes variables: datos demográficos (sexo, edad y nacionalidad), información geográfica (provincia y municipio de residencia) y fecha de notificación de síntomas. Los datos fueron solicitados de las provincias de Santo Domingo y Distrito Nacional por el Formulario de Acceso a la Información Pública (saip.gob.do). Todos los datos fueron organizados por las semanas epidemiológicas informadas por el Informe de Fecha de Síntoma.

Los períodos intra-epidémicos y los períodos inter-epidémicos se calcularon con base en las alertas epidemiológicas utilizadas por el Ministerio de Salud. Los períodos intra-epidémicos como > 1 semana consecutiva con un aumento del Índice de Epidemia ≥ 1.25 casos de los casos medios de la semana estudiada y períodos inter-epidémicos como las semanas no clasificadas dentro del período intra-epidémicos.

Datos climáticos

Los datos de temperatura media, precipitación y humedad relativa se obtuvieron de la base de datos de la Oficina Nacional de Meteorología (ONAMET) a través de su base de datos en línea de sistemas de información pública (saip.gob.do) desde enero de 2012 hasta diciembre de 2018. Los datos climáticos se organizaron con base en los CDC semanas epidemiológicas para las temperaturas semanales medias (T), precipitación (P) y humedad relativa (HR) de cada semana registrada.

Análisis estadístico

Se establecieron varios retrasos para las variables de la base de datos, que van de 1 a 16 semanas. Dentro de estos retrasos, los casos de DF se combinaron con los factores climatológicos de las semanas anteriores. Después de establecer los tiempos de retraso, realizamos un análisis de regresión para cada una de las variables climatológicas.

Calculamos una prueba de Durbin-Watson para evaluar la autocorrelación. Entre aquellos con autocorrelación positiva, calculamos una prueba de Newey-West para detectar errores estándar y una heterocedasticidad y utilizamos una estimación de auto correlación consistente (HAC) de la matriz de covarianza para realizar pruebas (cuasi) de Wald de coeficientes estimados.

Análisis estadístico realizado con R (ver. 3.6.1.)²⁴, incluido el siguiente *software*: Hmisc (ver. 4.2-0)²⁵, lmtree (ver. 0.9-37)²⁶ y Sandwich (ver. 2.5-1)^{27,28}.

Resultados

Estadísticas descriptivas

Durante el período estudiado, encontramos un total de 22,077 casos; El 54.6 % ($n = 11,953$) pacientes eran hombres. El período entre epidemias en Santo Domingo durante el período 2012-2018 representó un total de 223 semanas (61.1 %) y un total de 4,885 (22.1 %) de los casos. El período intra-epidémico representó un total de 142 semanas (38.9 %), con un total de 17,192 (77.9 %) de los casos notificados (tabla 1).

Influencia climatológica en los informes de casos de virus del dengue en Santo Domingo

La temperatura media anual de Santo Domingo varió de 27.8 °C (2015) a 26.6 °C (2018), y la precipitación semanal promedio fue de 4.2 mm ($P_{\min} 0 \text{ mm} - P_{\max} 43.3 \text{ mm}$) de 2012 a 2018. El informe de precipitación media semanal más alto fue en 2016 con 6.7 mm ($P_{\min} 0 \text{ mm} - P_{\max} 43.3 \text{ mm}$), y la más baja fue reportada en 2014, 2.9 mm ($P_{\min} 0 \text{ mm} - P_{\max} 25.4 \text{ mm}$). La humedad relativa anual promedio para Santo Domingo fue 82.6 % ($HR_{\min} 67.9 \% - HR_{\max} 91.9 \%$). (Tabla 1)

Durante 2012-2018, la mayor incidencia promedio de dengue se informó en 2015 ($n = 6,927$), 2012 ($n = 5,093$) y 2013 ($n = 4,737$). La descripción del clima y los casos de dengue específicos del año para estos siete años se encuentran en la tabla 1.

Las temperaturas medias durante los períodos entre epidemias en Santo Domingo fueron 27.4 °C ($T_{\text{avgMin}} 26.6 \text{ °C} - T_{\text{avgMax}} 27.9 \text{ °C}$). La precipitación media semanal durante los períodos entre epidemias para Santo Domingo fue de 4.7 mm ($P_{\min} 0 \text{ mm} - P_{\max} 43.3 \text{ mm}$). La humedad relativa media durante los períodos interepidémicos para Santo Domingo fue 83.3 % ($HR_{\min} 72.6 \% - HR_{\max} 91.9 \%$). (Tabla 1)

Las temperaturas medias durante los períodos intraepidémicos para Santo Domingo fueron 27.1 °C ($T_{\text{avgMin}} 27.1 \text{ °C} - T_{\text{avgMax}} 28.3 \text{ °C}$). La precipitación media semanal durante los períodos intraepidémicos para Santo Domingo fue de 3.5 mm ($P_{\min} 0 \text{ mm} - P_{\max} 41.8 \text{ mm}$). La humedad relativa media durante los períodos intraepidémicos para Santo Domingo fue del 81.6 % ($RH_{\min} 67.6 \% - RH_{\max} 90.6 \%$). (Tabla 1)

Análisis de correlación cruzada

La varianza explicada por factores climatológicos y casos de dengue difiere del período estudiado (tabla 2). La variación sigue una curva U invertida de 3 semanas de retraso ($r^2 = 0.13$) a 12 semanas de retraso ($r^2 = 0.17$) alcanzando un máximo de 7 semanas de retraso y 8 semanas de retraso ($r^2 = 0.14$) en los siete consecutivos años analizados. La varianza de los períodos intra-epidémicos sigue una curva U invertida de 1 semana de retraso ($r^2 = 0.20$) a 16 semanas de retraso ($r^2 = 0.32$) que alcanza un máximo de 9 semanas de retraso ($r^2 = 0.56$). Durante los períodos inter-epidémicos, la varianza máxima experimenta un retraso de 7 semanas ($r^2 = 0.07$).

Las correlaciones de Pearson para cada uno de los factores climatológicos, temperatura ($r = 0.39$, $p < 0.001$) y humedad relativa ($r = -0.13$, $p < 0.001$) exhibieron correlaciones significativas con casos de dengue 7 semanas después de que los datos se registraron en Santo Domingo a partir de enero 2012 hasta diciembre de 2018. La precipitación no se correlacionó significativamente con el aumento de casos de dengue ($r = 0.03$, $p = 0.493$) (figura 1).

Durante los períodos intra-epidémicos, T ($r = 0.73$, $p < 0.001$) y HR ($r = -0.22$, $p = 0.009$) mostraron correlaciones significativas con los casos de dengue en un lapso de 9 semanas. La precipitación no se correlacionó significativamente con el aumento de casos de dengue ($r = 0.06$, $p = 0.493$) (figura 1).

Durante la inter-epidémicos, la temperatura ($r = 0.23$, $p < 0.001$) tuvo una correlación significativa con los

casos de dengue a las 7 semanas de retraso. La precipitación ($r = -0.02$, $p = 0.777$) y la humedad relativa ($r = 0.13$, $p = 0.065$) no se correlacionaron significativamente con el aumento de casos de dengue.

Análisis de regresión

Las pruebas de Durbin-Watson se realizaron para las regresiones con el R^2 más grande, con significancia para tres regresiones dentro del conjunto de datos completo ($DW = 0.161$, $p = 0.000$), para períodos intra-epidémicos ($DW = 0.648$, $p = 0.000$), y los inter-epidémicos ($DW = 0.566$, $p = 0.000$) (tabla 2). La prueba de Wald con la matriz de covarianza HAC para todo el conjunto de datos se calculó con un período de retraso de 7 semanas después de que esta regresión del Mínimo Cuadrado Ordinario (MCO) presentara el R^2 más alto ($R^2 = 0.178$, $F(3,354) = 25.62$, $p < 0.001$) de todos los rezagos. La temperatura promedio ($b = 25.859$, $p < 0.001$) fue el único predictor significativo de la cantidad de casos de dengue (tabla 2).

Se analizó un período de retraso de 9 semanas con la prueba de Wald con la matriz de covarianza HAC para los períodos intra-epidémicos después de que la regresión OLS presentó el R^2 más alto ($R^2 = 0.558$, $F(3, 354) = 60.22$, $p < 0.001$) de todos los retrasos. La temperatura promedio ($b = 62.401$, $p < 0.001$), la cantidad de precipitación ($b = 2.810$, $p < 0.001$) y la humedad relativa ($b = -5.462$, $p = 0.025$) fueron predictores significativos de casos de dengue durante este período (tabla 2).

La prueba de Wald con la matriz de covarianza HAC para períodos inter-epidémicos se calculó con un retraso de 7 semanas porque la regresión OLS presentó el R^2 más alto ($R^2 = 0.08$, $F(3, 354) = 6.111$, $p < 0.001$) de todos los retrasos (figura 2). La humedad relativa ($b = 1.454$, $p < 0.05$) es el único predictor significativo de la cantidad de casos de dengue (tabla 2).

Discusión

El estudio de las interacciones climáticas con enfermedades transmitidas por vectores se realiza en diferentes estaciones y regiones del mundo. La carga de enfermedades transmitidas por vectores está asociada a factores biológicos y estructurales, haciendo un modelo preciso para predecir la incidencia del dengue, un tema engorroso. La alta carga de dengue en Santo Domingo es un problema de salud pública con las tendencias cíclicas que causan brotes epidémicos de carga de casos significativa. No encontramos asociación entre el clima semanal sincrónico y los casos de dengue. Sin embargo, los factores climatológicos de las semanas previas demostraron ser predictores significativos de la incidencia del dengue, demostrando la factibilidad de utilizar estos parámetros para poder tomar decisiones a nivel de salud comunitaria.

Nuestros hallazgos sugieren una fuerte correlación entre la temperatura semanal media y la incidencia del dengue, siendo este el predictor más fuerte de factores climáticos, lo que respalda estudios previos.^{9,15,17,20-22} Los datos sobre los períodos intra-epidémicos e inter-epidémicos muestran una diferencia en el efecto de la temperatura semanal media sobre la incidencia del dengue, donde su influencia es más significativa durante los períodos intra-epidémico que en los períodos inter-epidémicos. En un estudio en India, la temperatura semanal promedio demostró correlacionarse significativamente con los informes de casos de dengue con un retraso de 0 a 3 semanas, un retraso más corto que el proporcionado por cualquier cohorte en este estudio.⁹ Mientras tanto, en el Caribe, la temperatura media en Puerto Rico se correlacionó con la abundancia de mosquitos, pero no encontró una correlación significativa con la incidencia del dengue⁷, un parámetro aún no estudiado en la República Dominicana.

La predicción de la incidencia del dengue usando la temperatura semanal media durante los períodos intra-epidémicos existe para otros países endémicos de dengue con tiempos de retraso variables. Estudios de modelado en Cali, Colombia, demuestran la capacidad predictiva de la temperatura media con tiempos de retraso de 1 a 7 meses, con R^2 0.179 - 0.393, predicción comparativamente menor que las encontradas en Santo Domingo.¹⁷ La mayor correlación hallada en nuestro estudio entre la temperatura media y la incidencia de dengue fue con un retraso de 9 semanas. Estudios anteriores respaldan la asociación entre la temperatura media semanal y los casos de dengue dentro de este período de tiempo, como un estudio en Singapur que demuestra una correlación entre la temperatura media y los informes de casos de dengue, con la mayor capacidad de predicción en el retraso de 9-12 semanas.²⁰ Nuestro análisis de regresión demuestra el significado de la temperatura media, la cual es capaz de describir un incremento de 25.859 casos por cada grado Celsius aumentado con un tiempo de 7 semanas antelación, y un aumento de 62.4 casos con 9 semanas de antelación sin diferenciar entre periodos de epidemia o sin epidemia. Esto sirve como un potente factor a considerar para el seguimiento de las epidemias causadas por dengue en Santo Domingo.

Un estudio en México correlaciona la incidencia del dengue y la temperatura mínima a 1 mes de retraso con una predicción de asociación entre la incidencia del dengue y la temperatura mínima de 0.04-0.011 casos por 100,000 individuos, la temperatura media no se analizó para el estudio en Santo Domingo.²¹ Otro estudio previo en Santo Domingo correlaciona la carga de dengue y la temperatura media y pueden predecir 11 nuevos casos por cada 1 ° Celsius aumentado, en un retraso de una semana.²²

En contraste con los informes en otras partes del mundo, nuestro estudio describe la precipitación como un predictor confiable de la incidencia de

dengue en Santo Domingo solo durante los períodos intra-epidémicos. Los estudios en América Latina han establecido la importancia de la precipitación en el mantenimiento de los sitios de reproducción y su relación con la incidencia del dengue durante los períodos entre epidemias.^{7,10-11,13} Estudios en India han demostrado una asociación entre la precipitación y los casos de dengue a las 12 semanas de retraso durante los períodos inter-epidémicos, algo que nuestros hallazgos no pueden predecir significativamente. En nuestro estudio, la precipitación puede predecir de manera significativa un aumento en la incidencia de 2.81 casos nuevos por 1 mm³ de aumento en la precipitación semanal promedio durante períodos intra-epidémicos con una antelación de 9 semanas, siendo inferior a otros factores climáticos. En contraste con los hallazgos de este estudio, los estudios en Ecuador y China han establecido modelos de pronóstico basados en las relaciones de temperatura y precipitación, siendo la precipitación el contribuyente más crítico para el modelo.^{11,16} Un estudio de modelado similar en Barbados sugiere una fuerte relación entre el dengue brotes y precipitaciones, encontrando una asociación más fuerte durante las temporadas de sequía en lugar de las temporadas de precipitación.¹³

Nuestro estudio encontró que la humedad relativa demostró predecir de manera confiable la incidencia del dengue durante los períodos intra-epidémicos e inter-epidémicos en Santo Domingo. Durante los períodos intra-epidémicos, la humedad relativa expresa una asociación inversa con la incidencia del dengue y es capaz de predecir un aumento de 5.462 casos por cada disminución del 1 % en la media semanal con 9 semanas de antelación. Nuestro estudio describe que la humedad relativa fue capaz de predecir un aumento de 1.454 casos durante los períodos inter-epidémicos en Santo Domingo por cada aumento del 1 % con 7 semanas de antelación. En contraste con nuestros hallazgos, la humedad relativa no proporciona un pronóstico confiable de

casos de dengue en Colombia en ninguna de las estaciones.¹⁷ En Nueva Caledonia, la humedad relativa mostró poder predictivo durante los períodos intra-epidémicos, pero no lo hizo en los períodos inter-epidémicos.¹⁸ Curiosamente, en Taiwán, la humedad relativa no mostró una correlación significativa con los informes de casos de dengue en la ciudad de Taipei, pero resultó ser una correlación significativa en la ciudad de Kaohsiung.⁶

Las relaciones entre enfermedades y clima son de gran importancia en los días actuales, especialmente con las patologías transmitidas por vectores, debido a un cambio en las condiciones climáticas y la dinámica de la población en todo el mundo. Dada la complejidad de las áreas urbanas, el análisis del dengue y las interacciones climáticas deben priorizarse en cada ciudad. Los estudios en Colombia y Taiwán encontraron que diferentes ciudades dentro de la misma región o país responden de manera muy diferente a los cambios en los factores climáticos.^{6,19} En Perú, la variabilidad de los casos de dengue varía según la combinación de factores geográficos y climáticos, como las líneas costeras, que demostró ejercer una asociación significativa con la incidencia del dengue, una característica de la ciudad de Santo Domingo.¹⁴

El análisis estadístico que favorece los cambios a corto plazo de la incidencia del dengue basados en factores climáticos proporciona correlaciones más fuertes que durante los períodos de retraso a largo plazo. Dicha preferencia se debe al inconveniente de que al aumentar los tiempos de retraso con la incidencia del dengue puede asociar la incidencia con factores más allá de las tendencias climáticas, como la dinámica de la población, la competencia del vector, el cambio en las prácticas de notificación y otras actividades. La aplicación del análisis de regresión con diferentes tiempos de retraso ayuda a explicar la asociación climática con la carga del dengue, como

se evidencia en nuestro estudio, donde factores como la precipitación demostraron correlacionarse con la incidencia del dengue durante los períodos intra-epidémicos, pero no con cada retraso. La falla en la predicción confiable de la carga de dengue por clima puede deberse a factores competitivos.²³ La precipitación no fue un predictor confiable de incidencia de dengue en Santo Domingo durante los períodos inter-epidémicos en los modelos de regresión con los coeficientes de correlación más altos. Esto indica que la reproducción del vector ocurrió independientemente de la precipitación, como puede ocurrir por la presencia de contenedores artificiales llenos de agua durante todo el año. Tales hallazgos han sido descritos en estudios previos en la República Dominicana.⁸ Temperaturas medias favorables durante un año para *Aedes spp*, y la ausencia de características de invierno pueden explicar la falta de estacionalidad de los casos de dengue en Santo Domingo.

En los últimos años, los informes de casos de dengue han aumentado dramáticamente en la República Dominicana, de ahí su urgencia en comprender los factores que contribuyen a su transmisión y circulación y la capacidad de predecir nuevos casos en las próximas temporadas. Nuestro estudio ha identificado una asociación entre el clima y la incidencia del dengue, lo que podría ayudar a construir sistemas de alerta temprana e informar las políticas de toma de decisiones para garantizar la prevención de la morbilidad y mortalidad por dengue.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a César Antonio Tapia por sus contribuciones a la mejora de este trabajo. Asimismo, a la Dirección Nacional de Epidemiología del Ministerio de Salud dominicano y a la Oficina Nacional de Meteorología por proporcionar los datos oficiales registrados necesarios para nuestro análisis.

Referencias

1. Bhatt S, Gething PW, Brady OJ, Messina JP, Farlow AW, Moyes CL, et al. The global distribution and burden of dengue. *Nature*. 2013; 496(7446):504–7.
2. Alarcón-Elbal PM, Rodríguez-Sosa MA, Ruiz-Matuk C, Tapia L, Arredondo Abreu CA, Fernández González AA, Rodríguez Lauzurique RM, Paulino-Ramírez R. Breeding Sites of Synanthropic Mosquitoes in Zika-Affected Areas of the Dominican Republic. *Journal of the American Mosquito Control Association*. 2021 Mar;37(1):10-9.
3. Bowman LR, Rocklöv J, Kroeger A, Olliaro P, Skewes R. A comparison of Zika and dengue outbreaks using national surveillance data in the Dominican Republic. *PLoS Negl Trop Dis*. 2018;12(11):e0006876.
4. Olliaro P, Fouque F, Kroeger A, Bowman L, Velayudhan R, Santelli AC, et al. Improved tools and strategies for the prevention and control of arboviral diseases: A research-to-policy forum. *PLoS Negl Trop Dis*. 2018;12:e0005967.
5. Tun-Lin W, Burkot TR, Kay BH. Effects of temperature and larval diet on development rates and survival of the dengue vector *Aedes aegypti* in north Queensland, Australia. *Med Vet Entomol*. 2000;14(1):31–7.
6. Chen S-CC, Liao C-MM, Chio C-PP, Chou H-HH, You S-HH, Cheng Y-HH. Lagged temperature effect with mosquito transmission potential explains dengue variability in southern Taiwan: insights from a statistical analysis. *Sci Total Environ*. 2010;408:4069–75.
7. Barrera R, Amador M. Neglected tropical M-A. 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
8. De Prada MB, Guerrero KA, Alarcón-Elbal - PM. Diversidad de mosquitos (Diptera: Culicidae) de Jarabacoa, República Dominicana. *Graellsia*. 2019;75(1):e084.
9. Kakarla SG, Caminade C, Mutheneni SR, Morse AP, Upadhyayula SM, Kadiri MR, et al. Lag effect of climatic variables on dengue burden in India. *Epidemiol Infect*. 2019;147:e170.
10. MacCormack-Gelles B, Lima Neto AS, Sousa GS, Nascimento OJ, Machado MMTM, Wilson ME, et al. Epidemiological characteristics and determinants of dengue transmission during epidemic and non-epidemic years in Fortaleza, Brazil: 2011-2015. *PLoS Negl Trop Dis*. 2018;12:e0006990.
11. Sippy R, Herrera D, Gaus D, Gangnon RE, Patz JA, Osorio JE. Seasonal patterns of dengue fever in rural Ecuador: 2009-2016. *PLoS Negl Trop Dis*. 2019;13:e0007360.
12. Chadee DD, Shivnauth B, Rawlins SC, Chen AA. Climate, mosquito indices and the epidemiology of dengue fever in Trinidad (2002-2004). *Ann Trop Med Parasitol*. 2007 Jan;101(1):69-77.
13. Lowe R, Gasparrini A, Van Meerbeeck CJJ, Lippi CA, Mahon R, Trotman AR, et al. Nonlinear and delayed impacts of climate on dengue risk in Barbados: A modelling study. *PLoS Med* 2018;15:e1002613
14. Chowell G, Cazelles B, Broutin H, Munayco CV. The influence of geographic and climate factors on the timing of dengue epidemics in Perú, 1994-2008. *BMC Infect Dis*. 2011;11:164.
15. Servadio JL, Rosenthal SR, Carlson L, Bauer C. Climate patterns and mosquito-borne disease outbreaks in South and Southeast Asia. *J Infect Public Health*. 2018;11:566–71.

16. Wang X, Tang S, Wu J, Xiao Y, Cheke RA. A combination of climatic conditions determines major within-season dengue outbreaks in Guangdong Province, China. *Parasit Vectors*. 2019;12:45.
17. Eastin MD, Delmelle E, Casas I, Wexler J, Self C. Intra- and interseasonal autoregressive prediction of dengue outbreaks using local weather and regional climate for a tropical environment in Colombia. *Am J Trop Med Hyg*. 2014;91:598–610.
18. Descloux E, Mangeas M, Menkes CE, Lengaigne M, Leroy A, Tehei T, et al. Climate-based models for understanding and forecasting dengue epidemics. *PLoS Negl Trop Dis*. 2012;6:e1470.
19. Peña-García VH, of global ... T-C-O. Estimating effects of temperature on dengue transmission in Colombian cities. *Annals of Global Health* 2017.
20. Hii YL, Rocklöv J, Ng N, Tang CS, Pang FY, Sauerborn R. Climate variability and increase in intensity and magnitude of dengue incidence in Singapore. *Glob Health Action*. 2009;2.
21. Colón-González FJ, Lake IR, Bentham G. Climate variability and dengue fever in warm and humid Mexico. *Am J Trop Med Hyg*. 2011;84:757–63.
22. Tapia L, Arredondo-Abreu C, Ruiz-Matuk CB, Paulino-Ramirez R. Is climate the great driving force behind dengue infections in urban areas? A Study in dengue-endemic Santo Domingo, Dominican Republic. *Transactions of The Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*. 2019;113. Doi:10.1093/trstmh/trz094.
23. Patz JA, Martens WJ, health ... F-D. Dengue fever epidemic potential as projected by general circulation models of global climate change. *Environmental Health Perspectives*; 1998.
24. Ripley BD. The R project in statistical computing. *MSOR connect*. 2001;1(1):23–5.
25. Hmisc: Harrell Miscellaneous [Internet]. R-project.org. [cited 2021 Apr 16]. Available from: <https://CRAN.R-project.org/package=Hmisc>
26. CRAN: R News [Internet]. R-project.org. [cited 2021 Apr 16]. Available from: <https://CRAN.R-project.org/doc/Rnews/>
27. Stanley D. Create American Psychological Association (APA) Style Tables [R package apaTables version 2.0.8]. 2021 [cited 2021 Apr 16]; Available from: <https://CRAN.R-project.org/package=apaTables>
28. Wickham H. *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. New York: Springer-Verlag; 2016.

Tablas

Tabla 1. Descripción de las características anuales del dengue y el clima en Santo Domingo para los años 2012-2018

| | Media (Min- Max) |
|---------------------------------------|-----------------------|
| 2012 | |
| Temperatura Semanal Media | 27.08 (19.5 – 26.3) |
| Precipitación Media Semanal | 4.84 (0.00 - 41.82) |
| Humedad Relativa Semanal Media | 81.76 (74.23 - 90.55) |
| Informes Semanales de Casos de Dengue | 97.94 (2 - 338) |
| 2013 | |
| Temperatura Semanal Media | 27.47 (19 – 26.7) |
| Precipitación Media Semanal | 3.91 (0.00 - 26.93) |
| Humedad Relativa Semanal Media | 82.17 (67.85 - 87.66) |
| Informes Semanales de Casos de Dengue | 91.10 (22 – 217) |
| 2014 | |
| Temperatura Semanal Media | 27.67 (20.20 – 27) |
| Precipitación Media Semanal | 2.90 (0.00 - 25.39) |
| Humedad Relativa Semanal Media | 83.32 (75.62 - 89.14) |
| Informes Semanales de Casos de Dengue | 39.65 (15 – 90) |
| 2015 | |
| Temperatura Semanal Media | 27.86 (20.08 – 29.6) |
| Precipitación Media Semanal | 3.75 (0.00 - 26.47) |
| Humedad Relativa Semanal Media | 82.48 (75.96 - 90.83) |
| Informes Semanales de Casos de Dengue | 130.70 (14 – 428) |
| 2016 | |
| Temperatura Semanal Media | 27.63 (20.08 -27) |
| Precipitación Media Semanal | 6.56 (0.00 -43.28) |
| Humedad Relativa Semanal Media | 83.23 (75.50 - 88.07) |
| Informes Semanales de Casos de Dengue | 43.19 (3 – 171) |
| 2017 | |
| Temperatura Semanal Media | 27.58 (18.3 – 27.3) |
| Precipitación Media Semanal | 4.46 (0.00 - 24.84) |
| Humedad Relativa Semanal Media | 82.51 (73.11 - 91.93) |
| Informes Semanales de Casos de Dengue | 9.23 (0 – 23) |
| 2018 | |
| Temperatura Semanal Media | 26.6 (15.8 – 35.2) |
| Precipitación Media Semanal | 3.06 (0.00 - 18.05) |
| Humedad Relativa Semanal Media | 82.73 (72.59 - 90.20) |
| Informes Semanales de Casos de Dengue | 10.23 (0 – 28) |

Tabla 2. Resultados de regresión utilizando los casos como criterio

| | Predictor | <i>b</i> | β | Walds <i>b</i> | Fit |
|---|-------------------|------------|---------|----------------|---------------------------------------|
| Enero de 2012- diciembre de 2018 | | | | | |
| (Con un retraso de 7 semanas) | | | | | |
| | (Intersección) | -316.68* | | -302.841 | |
| | Temperatura Media | 62.40** | 0.39 | 25.39*** | |
| | Precipitación | 1.22 | 0.10 | 1.292 | |
| | Humedad Relativa | -4.14** | -0.17 | -4.254 | |
| | | | | | $R^2 = 0.178^{***}$ |
| | | | | | $R^2 \text{ Adjustado} = 0.171^{***}$ |
| Períodos intraepidémicos | | | | | |
| (Con un retraso de 9 semanas) | | | | | |
| | (Intersección) | -1160.32** | | -1160.31*** | |
| | Temperatura Media | 26.03** | 0.71 | 62.401*** | |
| | Precipitación | 2.81** | 0.20 | 2.810*** | |
| | Humedad Relativa | -5.46** | -0.19 | -5.462* | |
| | | | | | $R^2 = .567^{**}$ |
| | | | | | $R^2 \text{ Adjustado} = 0.557^{***}$ |
| Interepidemic Periods | | | | | |
| (Con un retraso de 7 semanas) | | | | | |
| | (Intersección) | -236.73** | | -236.730* | |
| | Temperatura Media | 5.14** | 0.24 | 5.144 | |
| | Precipitación | -0.57 | -0.12 | -0.572 | |
| | Humedad Relativa | 1.45* | 0.17 | 1.452* | |
| | | | | | $R^2 = .08^{**}$ |
| | | | | | $R^2 \text{ Adjustado} = 0.067^{***}$ |
| * $p < .05$; ** $p < .01$., *** $p < .001$., | | | | | |

Fuente: elaboración propia