

La modelación matemática y el clima: incidencia, repercusión e impacto en entidades transmisibles y organismos vectores

Rigoberto Fimia-Duarte^{1*}; Ricardo Osés Rodríguez²; Claudia Osés Llanes³; Freddy E. Zambrano Gavilanes⁴; David del Valle Laveaga⁵; Yanira Zaita Ferrer¹; Frank M. Wilford González⁶ & José Iannacone^{7,8}

1* Facultad de Tecnología de la Salud y Enfermería (FTSE), Universidad de Ciencias Médicas de Villa Clara (UCM-VC), Cuba. E-mail: rigobertofd@infomed.sld.cu ; rigoberto.fimia66@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Los esfuerzos para controlar las enfermedades transmitidas por vectores, han sido impedidos en parte, por el desarrollo de agentes etiológicos resistentes a fármacos, mosquitos resistentes a los insecticidas, la contaminación del ambiente, el efecto residual de las sustancias químicas, los altos precios de los insecticidas en el mercado y fallas operacionales.

OBJETIVO

Demostrar la relación existente entre las entidades infecciosas trasmisibles Dengue y Malaria con el clima mediante la modelación matemática en la provincia Villa Clara, Cuba.

MÉTODOS

Área de estudio

La investigación se realizó en la provincia Villa Clara, Cuba, cuya capital provincial es el municipio Santa Clara y abarcó los 13 municipios que la conforman (Latitud: 22° 29'40" N, Longitud: 79°28'30" W).

Periodo de estudio y recolecta de los datos

La investigación abarcó el período comprendido, desde el año 2008 hasta el 2020. Se tomaron datos retrospectivos existentes en las sábanas/registros controles, que se archivan en el Departamento Estadístico de la Unidad Provincial de Vigilancia y Lucha Antivectorial (UPVLA) de la provincia Villa Clara. El método de colecta de las larvas de mosquitos fue el del cucharón (OMS, 1982). En el caso del Dengue, se realizó una investigación de tipo descriptiva transversal en la provincia de Villa Clara, Cuba, desde enero de 2017 a diciembre de 2020. La muestra seleccionada coincidió con el total de la población en estudio. Se utilizaron los datos mensuales correspondientes a la cantidad de casos de Dengue en la provincia, y para igual período se confeccionó una base de datos climáticos, que contó con las variables de la estación meteorológica del Yabú, enclavada en el municipio Santa Clara. Se tuvo en cuenta, tanto variables cualitativas como cuantitativas:

- N de casos mensuales
- Incidencia por municipios
- Tasas de incidencia por municipios
- Temperatura Media (T. media)
- Temperatura Máxima (T. max)
- Temperatura mínima (T. min)
- Humedad Media (H.R. Med)
- Humedad Relativa máxima (HRx)
- Humedad Relativa mínima (HRn)
- Precipitación (Prec)
- Velocidad del viento (Vmed)
- Presión atmosférica a nivel de estación (Patm)
- Nubosidad (Nub)
- Déficit de Saturación (Dsat)
- Tensión del Vapor de agua (Tva)

Metodología de la Regresión Objetiva Regresiva (ROR)

En esta metodología hay que crear primeramente las variables dicotómicas DS, DI y NoC, donde: NoC: Número de casos de la base (su coeficiente en el modelo representa la tendencia de la serie). DS = 1, si NoC es impar; DI = 0, si NoC es par, y viceversa. DS representa una función de diente de sierra y DI esta misma función, pero de forma invertida, de tal manera que la variable a modelar quede atrapada entre estos parámetros y se logre explicar gran cantidad de varianza.

Posteriormente se ejecuta el módulo correspondiente al análisis de Regresión del paquete estadístico SPSS versión 19.0 (Compañía IBM), específicamente el método ENTER donde se obtiene la variable pronosticada y el ERROR. Luego se obtienen los autocorrelogramas de la variable ERROR, con atención a los máximos de las autocorrelaciones parciales significativas (PACF), y se calculan entonces las nuevas variables, atendiendo al Lag significativo del PACF. Finalmente, se incluyen en la nueva regresión estas variables, regresadas en un proceso de aproximaciones sucesivas hasta la obtención de un ruido blanco en los errores de la regresión. Para el caso de la presión atmosférica se utilizaron los retardos de un año de antelación.

RESULTADOS

Al modelar matemáticamente la influencia de las variables meteorológicas objeto de estudio sobre la Densidad Larval Específica (*An. albimanus*) en los criaderos (Tabla 2), se observó, que las correlaciones entre la densidad larval anofelínica y las temperaturas fueron positivas, y altamente significativas para las temperaturas mínimas y media, lo cual indica, que a medida que aumentan las temperaturas, aumentan también las densidades larvales específicas.

Tabla 2. Modelación de la temperatura sobre la Densidad Larval Específica (DLE).

VARIABLES A MODELAR	Temperatura media	Temperatura máxima	Temperatura mínima
Densidad Larval Específica (DLE)	0,09 (**)	0,08 (*)	0,10 (**)

** Correlación de Pearson significativa al nivel 0,01 (bilateral)

* Correlación de Pearson significativa al nivel 0,05 (bilateral)

Fuente: Registros Estadísticos del Instituto de Meteorología de Villa Clara.

Las correlaciones entre la densidad larval específica con la Humedad Relativa, también resultaron positivas y altamente significativas. Lo que indica, que a medida que aumenta la humedad relativa, aumenta la densidad larval (Tabla 3).

Tabla 3. Modelación de la Humedad Relativa sobre la Densidad Larval Específica.

VARIABLES A MODELAR	Humedad Relativa media	Humedad Relativa máxima	Humedad Relativa mínima
Densidad Larval Específica (DLE)	0,07 (*)	0,09 (**)	0,10 (**)

* Correlación de Pearson significativa al nivel 0,05 (bilateral)

** Correlación de Pearson significativa al nivel 0,01 (bilateral)

Fuente: Registros Estadísticos del Instituto de Meteorología de Villa Clara.

En la tabla 4, al correlacionar las variables climatológicas (precipitaciones, nubosidad y velocidad media del viento), no se observó correlación entre la densidad larval anofelínica con las precipitaciones y la nubosidad. La velocidad media del viento tuvo una correlación negativa y altamente significativa, indicando así, que a medida que disminuye la velocidad media del viento, aumenta la densidad larval.

Tabla 4. Modelación de las precipitaciones, nubosidad y velocidad media del viento sobre la densidad larval anofelínica.

VARIABLES A MODELAR	Precipitaciones	Nubosidad	Velocidad media del viento
Densidad Larval Específica (DLE)	0,02	0,05	0,09 (**)

** Correlación significativa al nivel 0,01 (bilateral)

Fuente: Registros Estadísticos del Instituto de Meteorología de Villa Clara.

La tabla 5 refleja que la Presión atmosférica es un buen predictor de las densidades larvales de culícidos, pues se pudo constatar asociación positiva y significativa entre ambas variables. Así como la influencia que ejerce el anticiclón del Atlántico Norte, que es quien dicta el comportamiento de la presión atmosférica en Cuba.

Tabla 5. Modelación de la Presión atmosférica sobre la Densidad Larval General (DLG) en el municipio Corralillo.

Variable a Modelar	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		
	B	Error estándar	Beta	t	Sig.
Presión Atmosférica	,002	,001	3,744	3,123	,003

En cuanto a la relación de las variables climatológicas con la incidencia de Dengue. Se observó que las distribuciones de los casos confirmados aumentaron en los meses de verano y disminuían considerablemente en los meses de invierno. Los intervalos en los que se observa el aumento considerable de los casos, coincide además con la temporada ciclónica en Cuba, por lo cual se infiere que existe una relación en cuanto a las determinantes meteorológicas que determinan este periodo en el territorio nacional y la incidencia de Dengue

Tabla 7. Sumario del modelo mediante la metodología ROR.

Resumen del modelo^{c, d}

Modelo	R	R cuadrado ^b	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Durbin-Watson
1	,954 ^a	,911	,866	134,963	2,182

a. Predictores: Lag17Prec, Lag8Total, Lag14Total, DS, Lag2Total, Lag10Total, DI, Lag1Total, NoC, Lag1Tmin

b. Para la regresión a través del origen (el modelo sin interceptación), R cuadrado mide la proporción de la variabilidad en la variable dependiente sobre el origen explicado por la regresión. Esto NO SE PUEDE comparar con el R cuadrado para los modelos que incluyen interceptación.

c. Variable dependiente: Total

d. Regresión lineal a través del origen

CONCLUSIONES

Se concluye que, existe una estrecha relación entre las entidades infecciosas analizadas y las especies de organismos vectores con el clima, demostrado mediante el modelo predictivo para las densidades larvales específicas y general de culícidos, y la modelación matemática ROR para la entidad Dengue, de modo que, es posible modelar y predecir, a corto, mediano y largo plazo, tanto la dinámica poblacional de culícidos con importancia entomoepidemiológica como la incidencia de casos por Dengue, y con muy buenos resultados, por lo que la metodología ROR constituye una excelente herramienta predictora no solo para entidades transmisibles de etiología viral y parasitaria.