



La entomofauna de culícidos y los copépodos abordados desde las alternativas de control biológico hasta la modelación matemática en dos provincias centrales de Cuba

Rigoberto Fimia Duarte ^{1*} <https://orcid.org/0000-0001-5237-0810>

Ricardo Osés Rodríguez ² <https://orcid.org/0000-0002-6885-1413>

Ramón González González ³ (jubilado)

Natividad Hernández Contreras ⁴ <https://orcid.org/0000-0002-9704-2682>

Meylin Otero Martín ² <https://orcid.org/0000-0001-6682-5978>

¹ Facultad de Tecnología de la Salud y Enfermería (FTSE). Universidad de Ciencias Médicas de Villa Clara (UCM-VC). Villa Clara, Cuba

² Centro Meteorológico Provincial de Villa Clara, CITMA. Villa Clara, Cuba

³ Unidad Provincial de Vigilancia y Lucha Antivectorial (UPVLA). Centro Provincial de Higiene, Epidemiología y Microbiología de Villa Clara (CPHEM). Villa Clara, Cuba

⁴ Instituto de Medicina Tropical Pedro Kourí (IPK). La Habana, Cuba

*Autor para la correspondencia: rigobertofd@infomed.sld.cu y rigoberto.fimia66@gmail.com

RESUMEN

Palabras clave

copépodos; culícidos; *Mesocyclops aspericornis*; modelación matemática

Introducción. La humanidad ha sufrido a lo largo de la historia el flagelo de enfermedades virales y parasitarias potencialmente mortales. Objetivo: evaluar las potencialidades biorreguladoras de los peces larvivos y copépodos sobre las poblaciones larvales de culícidos con importancia médico-veterinaria, así como la contribución de la modelación matemática, en las provincias de Villa Clara y Sancti Spiritus, desde el año 2000 hasta el 2019. **Métodos.** Se muestrearon los principales reservorios fluviales existentes en ambas provincias, tanto para peces (jamo: 75 x 50 x 50 cm y 150 cm de mango); copépodos (colador: 14 x 15 x 13 cm, con luz de malla, de 200 μ m). Se realizó una comparación entre el tratamiento químico a base de Temepho 2 %, con el biológico/peces fluviales, lo cual permitió realizar un análisis económico y de costo riesgo de ambos tratamientos. Se evaluó la capacidad biorreguladora de la especie de copépodo *Mesocyclops aspericornis* sobre larvas de mosquitos *Cx. quinquefasciatus*, a escala de laboratorio, y la modelación matemática de la densidad larval de mosquitos con algunas variables climáticas, por medio de la regresión lineal multivariada (variables Dummy, modelación ARIMA y la ROR). **Resultados.** Identificación de 11 especies de peces fluviales en Villa Clara, mientras que en Sancti Spiritus se identificaron 15 especies de peces, agrupadas en 12 géneros y 6 familias. Se logró identificar tres especies de copépodos con potencialidades biorreguladoras, de las cuales una resultó ser un nuevo registro para Cuba (*Mesocyclops aspericornis*). Se logró aplicar a la dinámica poblacional de culícidos, las tres metodologías de modelación matemática, donde la metodología ROR resaltó por sus bondades y ventajas.

The entomofauna of culicids and copepods discussed from the perspective of biological control alternatives up to the mathematical modeling in two central provinces of Cuba

ABSTRACT

Keywords

Copepods; culicids; *Mesocyclops aspericornis*; mathematical modeling

Introduction: Throughout history, mankind has suffered from the scourge of potentially fatal viral and parasitic diseases. Objective: To assess the bioregulatory potential of larval fishes and copepods on larval populations of culicids of veterinary medical importance, as well as the contribution of mathematical modeling in the provinces of Villa Clara and Sancti Spiritus, from the year 2000-2019. **Methods:** The main river reservoirs existing in both provinces were sampled, both for fish (jamo: 75 x 50 x 50 cm and 150 cm of mango); copepods (strainer: 14 x 15 x 13 cm, with mesh size, 200 μ m). A comparison was made between the chemical treatment based on Temepho 2% and the biological/fluvial fish, which made it possible to do an economic and cost risk analysis of both treatments. The bioregulatory capacity of the copepod species *Mesocyclops aspericornis* on mosquito larvae *Cx. quinquefasciatus* was assessed at laboratory scale and the mathematical modeling of the mosquito larval density with some climatic variables, by means of multivariate linear regression (Dummy variables, ARIMA and ROR modeling). **Results:** Identification of 11 river fish species in Villa Clara while, in Sancti Spiritus, 15 fish species were identified, grouped in 12 genera and six families. Three species of copepods with bioregulatory potential were identified, one of which was a new record for Cuba (*Mesocyclops aspericornis*). The three methodologies of mathematical modeling were applied to the population dynamics of culicids; the ROR methodology stood out for its benefits and advantages.

INTRODUCCIÓN

La humanidad ha sufrido a lo largo de la historia el flagelo de enfermedades virales y parasitarias, potencialmente mortales, entre las que destacan la fiebre amarilla, dengue, Zika, chikungunya y malaria; en la mayoría de ellas media muchas veces un mosquito (Diptera: Culicidae) como factor común. ^(1,2) Estas enfermedades están muy extendidas en los trópicos, con variaciones locales en el riesgo que dependen en gran medida de las precipitaciones, la temperatura y la urbanización rápida sin planificar, entre otras. ^(3,4)

A estos problemas, se añaden ahora, el calentamiento del planeta y la intensificación de los disturbios meteorológicos extremos, lo cual ha traído consigo cambios en el comportamiento de las enfermedades y de sus transmisiones, con el establecimiento de especies vectoras en lugares nunca antes registrados. ^(5,6)

Todas las enfermedades transmitidas por vectores en el mundo tienen tasa de incidencia muy alta, por ejemplo, se estima que el dengue cada año se presenta entre 50-100 millones de casos. ⁽⁷⁻⁹⁾ Sin embargo, el principal problema de salud en materia de vectores, lo sigue siendo la malaria, con 500

millones de casos reportados y tres millones de muertes cada año, de las cuales, un millón son niños menores de 5 años; ⁽¹⁰⁾ esta entidad provoca la muerte de una persona cada 60 s. ⁽¹¹⁾ Cuba por su ubicación geográfica y características climatológicas, posee una amplia fauna de culícidos, muchos de ellos son de gran interés para la salud humana y animal. ^(12,13)

Según Das *et al.* (1997), ⁽¹⁴⁾ 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. Existe la posibilidad de hacer pronósticos de gran calidad, precisión y certeza utilizando varias metodologías, entre las que resalta, la metodología de la regresión objetiva regresiva (ROR), que por su sencillez y exactitud puede abrir una ventana importante para conocer el futuro de las variables climáticas o de datos diarios, con años de antelación; ⁽¹⁵⁻¹⁷⁾ este ciclo puede extenderse a los 11 años del ciclo solar, o a ciclos superiores, que sean conocidos en la naturaleza; también puede modelarse la dinámica poblacional de moluscos e insectos, como por ejemplo, los culícidos y sus interacciones con deter-

minadas variables ambientales, con la finalidad de establecer medidas de control profilácticas y oportunas en los programas de vigilancia epidemiológica. ^(15,17,18) Por consiguiente, hay una creciente necesidad de desarrollar e implementar otras estrategias para el control de entidades infecciosas y de sus vectores, que puedan complementar los métodos ya existentes de un modo más efectivo y eficaz.

El objetivo de la investigación consistió en evaluar las potencialidades biorreguladoras de los peces larvívoros y copépodos sobre las poblaciones larvales de culícidos con importancia médico veterinaria, así como la contribución de la modelación matemática en las provincias de Villa Clara y Sancti Spiritus.

MÉTODOS

Muestreo de los ecosistemas fluviales de culícidos seleccionados

Provincia Villa Clara: Cuenta con alrededor de 304 criaderos permanentes y 218 temporales, distribuidos en los 13 municipios de la provincia (según registros de la Unidad Provincial de Vigilancia y Lucha Antivectorial (UPVLA) de Villa Clara). Para la realización de los muestreos en esta provincia, se seleccionaron 73 cuerpos de agua distribuidos en los 13 municipios, de forma tal que nos permitiera efectuar la recolecta de los organismos objeto de investigación (peces, mosquitos y copépodos). En el caso específico de los culícidos, se tuvo en cuenta, la Densidad Larval, tanto la general como la específica (mosquitos del género *Anopheles*). Se realizaron dos muestreos; el primero en junio del 2007, y el segundo, en marzo de 2008, de forma tal que se abarcaran los dos periodos estacionales existentes para Cuba (lluvioso: mayo a octubre y poco lluvioso: noviembre hasta abril).

Provincia Sancti Spiritus: De un universo total de 130 ecosistemas fluviales, distribuidos en los ocho municipios de la provincia Sancti Spiritus, se tomaron muestras en 90 reservorios (69,23 %). La distribución por municipios fue la siguiente: Yaguajay 20/29 (68,96 %); Jatibonico 9/9 (100 %); Taguasco 8/8 (100 %); Cabaiguán 7/7 (100 %); Fomento 7/7 (100 %); Trinidad 6/6; Sancti Spiritus 29/60 (48,33 %) y La Sierpe 4/4 (100 %). Se realizaron seis muestreos, dos en el año 2000 (el primero en el mes de marzo y el segundo, en junio), dos en el año 2005 (meses de marzo y junio) y dos en el año 2011 (meses de marzo y agosto), abarcándose los dos periodos estacionales existentes en nuestro país.

En la selección de los ecosistemas fluviales se tuvo en cuenta las características ecológicas de los mismos, así como las de los organismos objeto de estudio, posibilidades de muestreo, así como de aplicación de métodos de control químico y biológico.

Los criaderos permanentes son aquellos que se manifiestan activos durante todo el año, dentro de ellos están: ríos, arroyos, presas, lagos, lagunas, tanques *inhoff*, plantas de tratamiento de agua, lagunas de oxidación, entre otros, y los criaderos temporales, comprenden a los lugares activos durante el régimen lluvioso, formando acumulaciones de agua durante un espacio de tiempo muy limitados, entre los que se encuentran: pantanos, depresiones en el terreno, zanjas, cañadas, etc.

Muestreo de las poblaciones de peces fluviales y copépodos

Para el muestreo los peces se utilizó un jamo con las siguientes dimensiones: 75 x 50 x 50 cm y 150 cm de mango, se realizaron cuatro lances en los lugares de mayor presencia de peces, mediando metro y medio entre lance y se contó la cantidad de peces recolectados. En el caso de los copépodos se utilizó un colador de 14 x 15 x 13 cm con malla de 200 μ m.

En el caso de los copépodos, los especímenes se recolectaron en dos provincias de la región central de Cuba (Sancti Spiritus y Villa Clara). En la provincia espirituana se muestrearon cinco localidades, mientras que, en Villa Clara, correspondió a la capital provincial (Santa Clara). Para la recolecta de los ejemplares se utilizó un colador de 14 x 15 x 13 cm con malla de 200 μ m, los especímenes se trasladaron al laboratorio en recipientes plásticos con agua de los propios reservorios. El estudio abarcó un período de cinco años (2003 hasta el 2007).

En el laboratorio fueron separados los copépodos utilizando un microscopio estereoscópico de disección Wild M5; las muestras se fijaron en solución de alcohol etílico al 70 % a la cual se le añadieron de tres a cuatro gotas de líquido de Koenike para lograr una óptima preservación del material. Las muestras se enviaron al Museo de Historia Natural de Virginia en los Estados Unidos de América, para su identificación. Los especímenes fueron depositados en dicho museo.

Tratamientos químicos y biológicos a nivel de campo

Se aplicaron dos tratamientos, uno químico (Temepho al 2 %) y otros biológico (peces) en los criaderos para controlar las poblaciones larvales de mosquitos. En total se trataron 26 reservorios: Santa Clara (2), Remedios (2), Caibarién (2), Camajuaní (2), Sagua la Grande (2), Cifuentes (2), Quemado de Güines (2), Corralillo (2), Placetas (2), Santo Domingo (2), Manicaragua (2), Encrucijada (2) y Ranchuelo (2); uno a base de tratamiento químico y el otro, con peces larvívoros. El monitoreo se realizó semanalmente por espacio de dos meses, por parte de los biólogos y entomólogos de cada Unidad Municipal de Vigilancia y Lucha Antivectorial.

Para la aplicación del Temepho 2 % (abate) se seleccionaron aquellos criaderos que poseían paredes y fondo de concreto sin corriente de agua (lótico) y con densidad larvaria alta ($> 20 \text{ L/m}^2$), la cantidad de producto a utilizar se calculó según la dosificación establecida por Hernández (2000), 1 g de Temepho/1 m³ de agua. En la aplicación del tratamiento biológico, se tuvo en cuenta que los criaderos fueron de fácil acceso, alta densidad larvaria ($> 20 \text{ L/m}^2$), posibilidad de evaluar y controlar la siembra de peces realizada; para esto nos basamos en la capacidad biorreguladora de las especies de peces disponibles en la provincia, especialmente los pertenecientes a los géneros *Gambusia*, *Poecilia*, *Limia* y *Girardinus* (identificados previamente en la Unidad Provincial de Vigilancia y Lucha Antivectorial de Villa Clara), sembrándose a razón de 5 a 10 ejemplares por m², siempre tratando que predominen las hembras sobre los machos (proporción de 2 a 1) y, por sobre todo, priorizar las hembras grávidas.

Análisis económico y del costo riesgo de los tratamientos químicos y biológicos

Se determinó por medio del análisis económico y del costo riesgo de cada tratamiento aplicado, cuál de ellos es más factible. Se compararon los dos tratamientos aplicados en el campo: con *Bacillus thuringiensis* BTI H-14 (Bactivec) y (Temepho G-2).

En este análisis se utilizaron los indicadores costo por unidad, cantidad de producto empleado por hectárea, persistencia de la eficacia sobre las larvas de mosquitos, número de aplicaciones al año, hombres días, grado o nivel de toxicidad y daño a la fauna, para seleccionar cuál de los dos tratamientos es más factible. En la ponderación se otorgó una puntuación (1, 2 y 3) para cada indicador, como se refleja a continuación: costo por unidad, si es cero, se le dan 3 puntos, si es mayor que cero y menor o igual a cinco, se le otorgan 2 puntos, mayor que cinco, 1 punto; cantidad de producto empleado por hectárea, si es menor que 100, se le asignan 3 puntos, mayor a 100 y menor o igual a 10 000, 2 puntos; mayor que 10 000, 1 punto; persistencia de la eficacia sobre las larvas de mosquitos, si es permanente, 3 puntos; si es superior a cero y menor o igual a cuatro semanas, se le dan 2 puntos, si es mayor a cuatro semanas, 1 punto; número de aplicaciones por año y hombres días, menor o igual a cuatro, se le dan 3 puntos, mayor que cuatro y menor o igual a ocho, 2 puntos, mayor que ocho, 1 punto; nivel de toxicidad y daño a la fauna, si es ninguno, 3 puntos, mediano o moderado, 2 puntos, y si es alto, 1 punto.

Evaluación del copépodo *Mesocyclops aspericornis* sobre las larvas de *Culex quinquefasciatus* a escala de laboratorio

Se organizaron dos experimentos dirigidos a esclarecer la densodependencia del depredador *Mesocyclops aspericornis* sobre las larvas de mosquitos. Para ello se dispuso de 5 juegos de frascos de 1000 mL transparentes, conocida la influencia de la claridad en la eficiencia depredadora.⁽¹⁹⁾ En cada frasco se colocaron 120 larvas de *Culex quinquefasciatus*, y en los recipientes de cada juego se añadieron 5, 10, 15, 20 y 25 copépodos respectivamente. Al cabo de 24 horas se contaron los exoesqueletos de larvas, indicadores de las muertes por depredación. Los conteos se asentaron en una tabla con las densidades de copépodos en las columnas y las réplicas en las filas. El otro experimento desarrollado contó con 6 juegos de frascos e igual número de réplicas que en el caso anterior. En este caso se mantuvo constante el número de copépodos por frasco (10) y se hizo variar la cantidad de larvas en cada tratamiento: 40, 60, 80, 100, 120 y 150, respectivamente. El conteo de exoesqueletos y el asentamiento de los datos primarios se ajustaron a la rutina del primer experimento.

A ambos juegos de datos se les calculó la media, la varianza, la desviación estándar y el error estándar, una vez comprobada la normalidad de los datos y la homogeneidad de la varianza, se le aplicó un ANOVA para determinar diferencias significativas. De igual forma, se halló la correlación entre las dos variables de cada experimento. El procesamiento estadístico se llevó a cabo empleando STATISTICA 5.5 para Windows.

Modelación de la densidad larval de mosquitos

Se realizó la modelación de la densidad larval de mosquitos, vinculándola con algunas variables climáticas: humedad relativa media (HRM), humedad relativa mínima (HRM), humedad relativa máxima (HRM), velocidad media del viento (VV), precipitación provincial (Prec.), temperatura máxima (TX), temperatura mínima (TN) y temperatura media (TM). Se procesó un conjunto de datos mensuales de la densidad larval general y específica (anofelínica) durante el periodo comprendido entre el año 2000 y el 2008. Las variables climáticas se calcularon para igual período que la variable densidad larval, para finalmente ser procesadas con el paquete estadístico SPSS versión 13, además de utilizar la regresión lineal multivariada con variables dummy,⁽²⁰⁾ y la modelación por medio de la regresión objetiva regresiva (ROR) para la modelación de la serie de datos en relación con las variables climáticas.

VARIABLES DUMMY

Esta modelación consta de variables ceros y unos, donde se crean doce variables mensuales que miden la estacionalidad, se crea una variable tendencia y se obtienen un modelo que explica gran cantidad de varianza de la variable a modelar, se le puede agregar variables exógenas, que aporten variables para explicar el proceso, permite hacer valoraciones a largo plazo e incluso, hasta de varios años, fue utilizada en la modelación de mosquitos de Caibarién.

Modelación ARIMA

Consta de modelos autorregresivos integrados y de medias móviles, además de parámetros regresivos estacionales y parámetros no estacionales o irregulares autorregresivos, donde se modela primeramente la parte estacional más gruesa y después se ven las variaciones irregulares, se puede modelar a largo plazo, si la serie es estacional, de lo contrario sirve para la modelación a corto plazo, se utilizaron en las modelaciones de la densidad larval total y anofelínica en todos los municipios de la provincia Villa Clara, resultados de un proyecto CITMA que culminó en el año 2012. Necesita de 50 casos para obtener buenos resultados.

Modelación ROR

Se basa en una combinación de variables Dummy con modelación ARIMA, donde se crean dos variables Dummy solamente y se obtiene la tendencia de la serie, requiere de pocos casos para ser utilizada y permite utilizar variables exógenas y permite modelar y pronosticar a largo plazo, en dependencia de la variable exógena, ha dado mejores resultados que la modelación ARIMA en algunas variables, como son la modelación del VIH. ⁽²¹⁾

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Especies de mosquitos identificadas en las provincias de Villa Clara y Sancti Spiritus

Se identificaron 44 especies de mosquitos después de muestrear los 73 reservorios seleccionados en los 13 municipios de la provincia Villa Clara, así como por la captura de mosquito en reposo realizado en todos los municipios. Las especies diagnosticadas estuvieron incluidas en 13 géneros, siendo las más comunes *Culex quinquefasciatus*, *Anopheles albimanus*, *Ochlerotatus mediovittatus*, *Oc. scapularis*, *Psorophora confinnis*, *Cx. nigripalpus* y *Oc. taeniorhynchus*, ya que están repartidas en la totalidad de los municipios o en casi todos, lo cual indica que el predominio en una comunidad no está concentrado en una especie, esto es lo más común en las zonas tropicales. ^(22,23)

Un informe del MINSAP (2001) ⁽²⁴⁾ señala que unos nueve géneros y 24 especies de mosquitos se encuentran vinculados a la transmisión del Virus del Nilo Occidental en Norteamérica, y de estas, no menos de siete se han identificado en Cuba. Estudios recientes de Turell y colaboradores, han demostrado que de las seis especies vinculadas en nuestra área al VNO, *Cx. quinquefasciatus* y *Cx. nigripalpus* se encuentran entre las de más alta capacidad vectorial para la transmisión de la citada entidad, lo cual constituye un importante factor de riesgo epidemiológico, si se toma en cuenta el comportamiento estacional de los picos poblacionales de ambas especies, las que son abundantes en los cursos superficiales urbanos y semirurales de la provincia. En el año 2005, Cuba se unió al grupo de países de la región del Caribe que reportaron casos infestados por el VNO. De los tres casos confirmados, uno fue detectado en el municipio Caibarién, provincia Villa Clara y los dos restantes, en el municipio Jatibonico, provincia Sancti Spiritus, los cuales mostraron una rápida recuperación.

En la provincia espiritana se identificaron 34 especies de mosquitos, agrupadas en nueve géneros, siendo las especies más comunes, mejor representadas y distribuidas *Anopheles albimanus*, *An. crucians*, *Culex erraticus*, *Culex quinquefasciatus*, *Cx. atratus*, *Cx. nigripalpus*, *Psorophora confinnis*, *Ps. infinis* y *Uranotaenia lowii*, por estar presentes en los ocho municipios muestreados.

Especies de peces fluviales identificadas en los reservorios de las provincias Villa Clara y Sancti Spiritus

De las 11 especies de peces larvívoros identificadas en la provincia Villa Clara, cinco son las que poseen las mejores cualidades biorreguladoras sobre las larvas de mosquitos, esto está basado en los criterios establecidos por Koldenkova y García (1990). ⁽²⁵⁾ Las especies fueron: *Gambusia punctata*, *G. punctulata*, *Limia vittata*, *Girardinus metallicus* y *Poecilia reticulata*, representando el 45,5 % del total de especies identificadas; resultaron ser los miembros de la familia Poeciliidae, los de mayor representatividad e incluso, los más diversos y con mayor riqueza de especies dentro de los biocontroladores fluviales, resultados que también concuerdan con los obtenidos por otros autores; ^(23,26) sin embargo, en nuestra investigación se corroboró la disminución de la densidad poblacional del poecílido *Gambusia punctulata*, hecho que se venía ya señalando desde años anteriores en las provincias de Sancti Spiritus y Camagüey. ⁽²⁶⁾

Los municipios de Sagua la Grande (10 spp), Quemado y Caibarién (8 spp), seguido de Corralillo y Encrucijada con 7 especies, fueron los de mayor diversidad, riqueza de especies

y representatividad. En relación con la abundancia de especies por municipios, resultaron ser *G. punctata* (13), *Girardinus metallicus* (13), *Poecilia reticulata* (13), *Limia vittata* (12) y *Cichlasoma tetracanthus* (10), las especies con una distribución más amplia y mayor plasticidad ecológica.

Provincia Sancti Spiritus

En los seis muestreos realizados en los 90 ecosistemas fluviales se logró identificar 15 especies de peces, agrupados en 12 géneros y seis familias. De las seis familias identificadas, la *Poeciliidae* fue la mejor representada y distribuida, al estar presente en el 100 % de los municipios estudiados.

Tratamiento de los reservorios seleccionados mediante métodos químicos y biológicos en la provincia Villa Clara

A raíz del diagnóstico de las especies de peces fluviales en los 13 municipios de la provincia, así como experiencias de años con el tratamiento a base del larvicida químico Temepho G-2, decidimos efectuar un análisis de efectividad de ambos métodos en 26 criaderos (ocho lagunas de oxidación, tres plantas de tratamiento, cuatro esteros, cinco tanques Inhoff y seis zanjas) de la provincia, los cuales están distribuidos en los 13 municipios y abarcan ocho sectores (seis en comunales, cinco al MINAZ, tres al MINIL, cinco al MINED, cuatro al MINTUR, uno al MES y dos al MINAGRI), con una población susceptible o en riesgo de 70 508 habitantes y un área de criaderos de 507 000 m² (310 280 m² bajo tratamiento biológico y 196 720 m² bajo tratamiento químico); el 15 % de estos reservorios constituyen sitios de reposo y apareamiento de aves migratorias, lo que se convierte en un peligro potencial para la salud humana y animal, de ahí la importancia de mantener bajo control las poblaciones de mosquitos.

Al respecto (Tabla 1) se puede observar la efectividad del control biológico en relación con el químico (a base de Temepho al 2 %), con diferencia altamente significativa ($p < 0.001$) entre ambos controles, donde los peces son capaces de controlar en un 99,5 % las poblaciones larvales de culícidos, mientras que el químico alcanza un 89,6 % de efectividad; estos resultados coinciden con los obtenidos por otros autores, en años anteriores. (27,28)

Análisis económico y del costo riesgo de los tratamientos químicos y biológicos

Al realizar un análisis del costo riesgo de tres tratamientos (dos empleados en nuestra investigación y uno usado por González et al. (2010) (29) a base de *Bacillus thuringiensis*), para el control de las poblaciones larvales de culícidos, encontramos que el más eficaz y económico, es el control biológico con peces en relación con los otros dos, así como el *B. thuringiensis*, que resultó al químico también (Tabla 2).

Tabla 1. Efectividad de los controles químicos (Temepho 2 %) y biológico (peces fluviales) sobre las poblaciones larvales de mosquitos

| Tipo de control | Densidad larvaria | | Efectividad % |
|-----------------|-----------------------|-------------------|---------------|
| | Inicial | Después 6 meses | |
| Temepho al 2 % | 1565 L/m ² | 163 ^b | 89,6 |
| Peces | 2751 L/m ² | 13 ^a * | 99,5 |

Letras iguales no difieren estadísticamente; letras diferentes difieren estadísticamente ($p < 0,05$) *Nivel de significación del 99,9 % ($p < 0,001$)

Tabla 2. Análisis del costo riesgo de tres tratamientos aplicados en el control de las poblaciones larvales de mosquitos en Villa Clara

| Parámetros a comparar | Temepho 2 % | <i>Bacillus thuringiensis</i> | Peces fluviales |
|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|-----------------|
| Costo por unidad (CUC) | 1,25 | 17,00 | 0 |
| Cantidad por hectáreas | 5000 kg | 5-0 L | 50 000 peces |
| Persistencia en el medio | 30-50 días | 2-4 semanas | Permanente |
| Número de aplicaciones al año | 9-12 | 6-8 | 1 |
| Hombres/día | 5-7 | 5-8 | 5-8 |
| Grado de toxicidad | Ligero/mediano | Ninguno | Ninguno |
| Daño a la fauna | Leve a moderado | Ninguno | Ninguno |

Con apoyo en la tabla anterior, es posible mostrar que la utilización de peces no requiere de capital para adquirir la materia prima, lo cual difiere de los otros los tratamientos; esto se debe fundamentalmente a que estas especies de peces se crían silvestremente en los reservorios, y de ahí son recolectadas para ser sembradas en los criaderos artificiales y/o fuentes naturales con altas densidades larvares, y que no posean especies de peces o que sus densidades sean muy escasas; lo cual se revierte indudablemente en ahorro de recursos monetarios al país (Tabla 3).

Tabla 3. Ponderación de costo-riesgo de tres tratamientos

| Parámetros a ponderar | Temepho 2 % | <i>Bacillus thuringiensis</i> | Peces fluviales |
|--------------------------------|-------------|-------------------------------|-----------------|
| Costo por unidad (CUC) | 2 | 1 | 3 |
| Cantidad por hectárea | 2 | 3 | 1 |
| Persistencia | 2 | 1 | 3 |
| Número de aplicaciones por año | 1 | 2 | 3 |
| Hombres/ día | 2 | 2 | 2 |
| Grado de toxicidad | 2 | 3 | 3 |
| Daño a la fauna | 2 | 3 | 3 |

La inferencia sobre el capital a invertir para controlar los 26 reservorios con Temepho 2 %, *Bacillus thuringiensis* y peces (tomando siempre el límite superior de los rangos) y el salario promedio que devenga un trabajador en un día (\$ 11,45) para realizar el control; no tomamos en cuenta el gasto por transporte para ir y regresar de los criaderos, ya que semanalmente se encuestan con vista a determinar la densidad larval de los mismos. Para controlar los 26 reservorios que se seleccionaron con vista a la aplicación de tratamiento químico y biológico en la provincia, el monto total a invertir fue de 845 500 CUC, estando concentrada la mayor cuantía en el tratamiento químico.

Depredación experimental de larvas de mosquitos por el copépodo *Mesocyclops aspericornis*

De los dos experimentos montados, los conteos del primero indican una tendencia del incremento en las muertes de larvas (*Culex quinquefasciatus*) por depredación, en la medida que la densidad de copépodos aumenta (Tablas 4 y 5); el ANOVA corrobora que estas diferencias entre las medias de todos los tratamientos experimentados son significativas entre sí, lo que debe interpretarse como que la depredación se manifiesta densodependiente con respecto al depredador (Figura 1). Sin embargo, las densidades de copépodos sometidas a experimento no superan los 25 crustáceos por litro, y solo hasta ese valor es posible afirmarlo. Para los valores experimentados puede asumirse una relación lineal entre las variables de alta correlación (0,987); estos resultados corroboran las potencialidades que poseen algunas especies de copépodos en el control de las poblaciones larvales de mosquitos. ^(30,31)

Tabla 4. Resultados primarios del conteo de exoesqueletos de mosquitos al finalizar 24 h de depredación por diferentes densidades de copépodos (120 larvas iniciales)

| Réplicas | Número de copépodos | | | | |
|----------|---------------------|----|----|----|----|
| | 25 | 20 | 15 | 10 | 5 |
| r1 | 107 | 69 | 55 | 44 | 30 |
| r2 | 100 | 75 | 58 | 38 | 27 |
| r3 | 112 | 79 | 51 | 37 | 29 |
| r4 | 101 | 80 | 65 | 40 | 26 |
| r5 | 98 | 89 | 46 | 43 | 20 |
| r6 | 103 | 77 | 50 | 43 | 31 |
| r7 | 115 | 70 | 52 | 39 | 24 |
| r8 | 102 | 76 | 62 | 49 | 21 |
| r9 | 107 | 84 | 58 | 40 | 28 |
| r10 | 99 | 71 | 50 | 41 | 30 |

Tabla 5. Estadísticos del experimento en que se varió el número de copépodos empleado en cada variable (10 réplicas)

| Número de copépodos | Media | Varianza | Desviación estándar | Error estándar |
|---------------------|----------|----------|---------------------|----------------|
| 25 | 104,4000 | 32,48889 | 5,699903 | 1,802467 |
| 20 | 77,0000 | 40,00000 | 6,324555 | 2,000000 |
| 15 | 54,7000 | 35,78889 | 5,982382 | 1,891795 |
| 10 | 41,4000 | 12,26667 | 3,502380 | 1,107550 |
| 5 | 26,6000 | 1471111 | 3,835507 | 1,212894 |

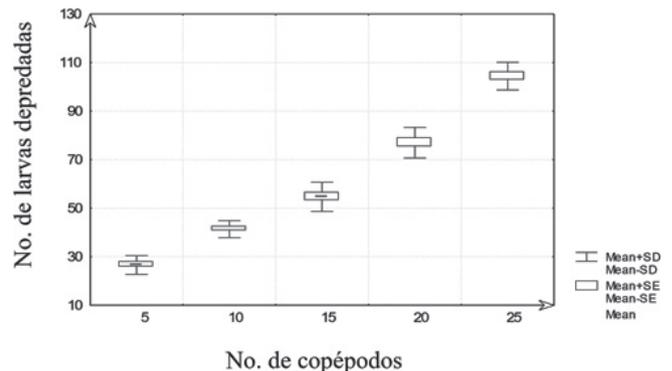


Fig. 1. Variación de la cantidad de larvas de mosquitos depredadas según la densidad de copépodos en el experimento.

Todos los valores se encuentran dentro del estrecho intervalo de confianza de la curva de correlación; esto y la homogeneidad del error conjuntamente con la desviación estándar indican una estabilidad en lo afirmado (Figuras 2 y 3). El segundo experimento arroja valores que no indican tendencias a simple vista (Tablas 6 y 7), lo que el ANOVA confirma al destacar diferencias significativas solo entre los tratamientos de 40 y 60 larvas, y entre estas con el resto (Figura 4). La correlación entre estas variables no es tan fuerte como en el caso anterior, aunque alta en sí misma (0,813); debido a que el cambio de inflexión de la curva ocurre aproximadamente en el valor 80, 70, empleando 10 copépodos; se infiere que la dieta diaria de un copépodo es de siete larvas, este valor coincide con lo encontrado por Hernández y Shaper (2000) ⁽³²⁾ para el copépodo *Mesocyclops thermocyclopides* sobre *Aedes (Stg.) aegypti* en Costa Rica.

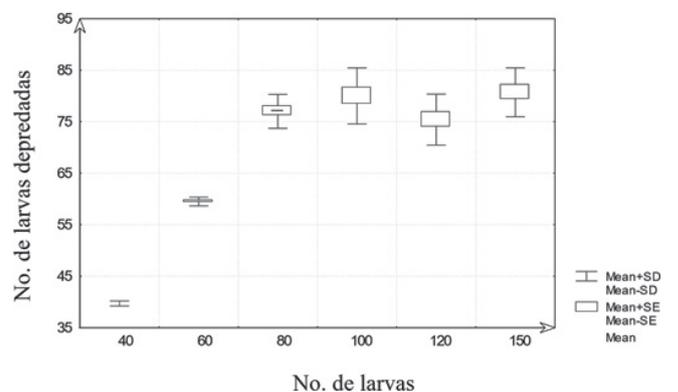


Fig. 2. Variación de la cantidad de larvas de mosquitos depredadas según la densidad de copépodos en el experimento.

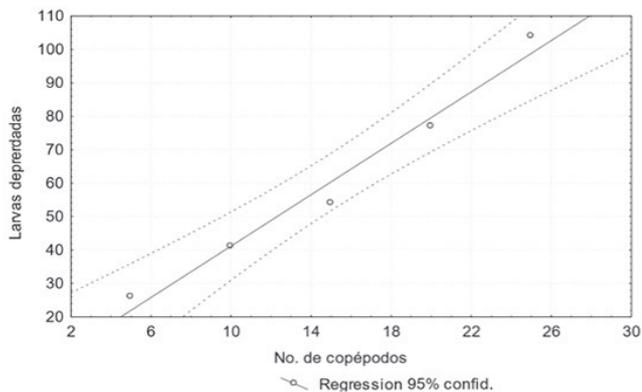


Fig. 3. Correlación y ecuación de regresión entre la densidad de copépodos y las larvas de mosquito depredadas. (Larvas depredadas = $2.8000 + 3.8400 * \text{No. copépodos/L}$) Correlación: $r = 0,98791$

Tabla 6. Resultados primarios del conteo de exoesqueletos de mosquitos con diferentes densidades, al finalizar 24 horas de depredación de 10 copépodos

| Réplicas | Número de larvas | | | | | |
|----------|------------------|-----|-----|----|----|----|
| | 150 | 120 | 100 | 80 | 60 | 40 |
| r1 | 73 | 69 | 69 | 77 | 58 | 40 |
| r2 | 88 | 72 | 78 | 78 | 60 | 40 |
| r3 | 85 | 75 | 75 | 77 | 59 | 40 |
| r4 | 83 | 79 | 81 | 75 | 60 | 39 |
| r5 | 77 | 84 | 80 | 80 | 60 | 40 |
| r6 | 75 | 70 | 77 | 69 | 60 | 39 |
| r7 | 80 | 73 | 85 | 76 | 58 | 40 |
| r8 | 83 | 76 | 86 | 80 | 60 | 40 |
| r9 | 79 | 82 | 86 | 78 | 60 | 39 |
| r10 | 84 | 74 | 83 | 80 | 60 | 40 |

Tabla 7. Estadísticos del experimento en que se varió el número de larvas empleadas en cada variable (10 réplicas)

| Número de larvas | Media | Varianza | Desviación estándar | Error estándar |
|------------------|----------|----------|---------------------|----------------|
| 150 | 80,70000 | 22,45556 | 4,738729 | 1,498518 |
| 120 | 75,40000 | 24,48889 | 4,948625 | 1,564893 |
| 100 | 80,00000 | 29,55556 | 5,436502 | 1,719173 |
| 80 | 77,00000 | 10,88889 | 3,299832 | 1,043498 |
| 60 | 59,50000 | 0,72222 | 0,849837 | 0,268742 |
| 40 | 39,70000 | 0,23333 | 0,483046 | 0,52753 |

Modelación matemática de la densidad larval de mosquitos

Se procesaron un conjunto de datos mensuales relativos a la densidad larval general y específica (*Anopheles*), durante

el período comprendido entre el año 2000 hasta diciembre de 2008, para nueve municipios de la provincia Villa Clara, lo cual nos permitió realizar pronósticos sobre la referida densidad larval, a corto, mediano y largo plazo,⁽²⁰⁾ como se muestra en las figuras 5 y 6.

A continuación, se muestra el pronóstico de densidad larval general para los municipios de la provincia Villa Clara que fueron objeto de estudio en el mes de diciembre del año 2008; se destacan los municipios Quemado de Güines y Placetas, con densidades altas y muy altas respectivamente, mientras que Caibarién, Manicaragua y Ranchuelo presentan densidades medias y en el resto de los municipios, los valores fueron bajos o muy bajos.

En el caso de la densidad larval anofelínica/específica, esta presentó valores muy altos en Camajuani, altos en Ranchuelo, mientras en Placetas se tienen valores bajos en casi todo el territorio, excepto la parte centro norte del municipio. En Sagua y el resto de los municipios, los valores fueron bajos y muy bajos, es de destacar que el municipio Santa Clara, al no aportar datos hace que los valores mostrados en el mapa correspondan a extrapolaciones realizadas.

Todo esto permitió crear un sistema de vigilancia entomológica de Alerta Temprana, que permite estratificar el riesgo epidemiológico de manera profiláctica/preventiva, así como la confección de boletines epidemiológicos por medio de mapas estratificados, lo cual se revierte en ahorro de recursos, tanto materiales como económicos y humanos; hay que destacar que esta colaboración entre la UPVLA y el Centro Meteorológico Provincial de Villa Clara dio excelentes frutos y magníficos resultados en la práctica, durante los años de implementación de dichos modelos de pronósticos (2007-2010).

La metodología ROR consta de varios pasos^(16,34) y permite no solo modelar matemáticamente las densidades larvales de mosquitos, así como la dinámica poblacional de moluscos, sino que va más allá (posibilidad de modelación de entidades infecciosas de diferentes etiologías, como el VIH/SIDA, Cólera, Influenzas, Infecciones Respiratorias Agudas (IRA), crisis Agudas de Asma Bronquial (CAAB), Fasciolosis, Angiostrongilosis e incluso, en la estimación de la longitud y área del universo, pronóstico mensual de precipitaciones y temperaturas extremas, pronóstico de disturbios meteorológicos/los huracanes, predicción de la latitud y longitud de terremotos, búsqueda de información en ruidos blancos, modelación de la temperatura efectiva equivalente (TEE) y presión atmosférica (PA) hasta el propio consumo eléctrico de un municipio, provincia o nación).⁽³⁵⁻³⁹⁾

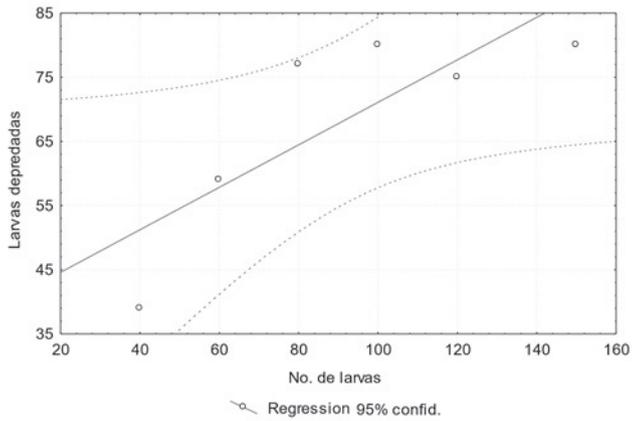


Fig. 4. Correlación y ecuación de regresión entre la densidad de copépodos y las larvas de mosquito depredadas. (Larvas depredadas= $37.979 + .33113 * \text{No. de larvas}$) Correlación: $r = 0,81349$

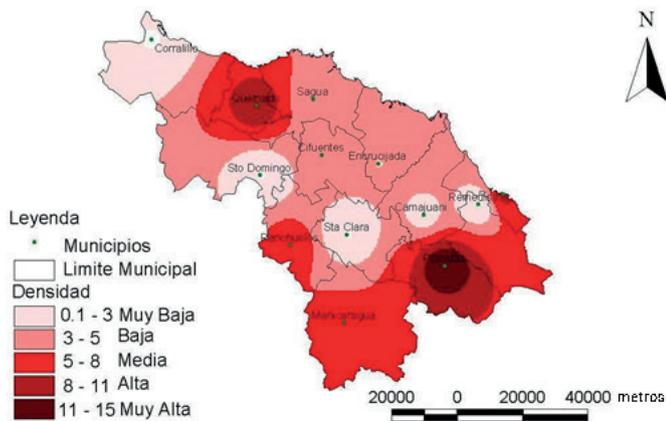


Fig. 5. Modelación de la densidad larval general para el mes de diciembre de 2008.

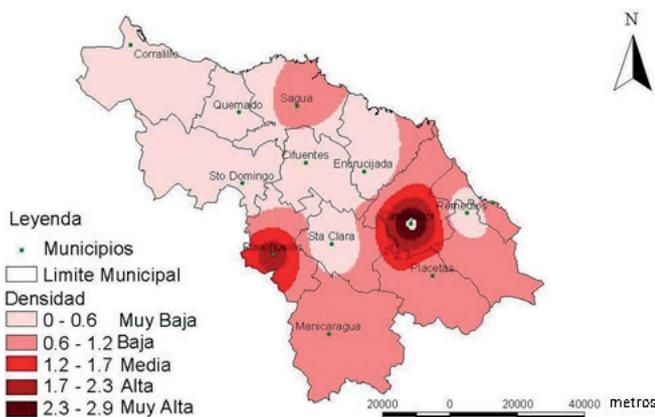


Fig. 6. Modelación de la densidad larval anofelínica en el mes de diciembre de 2008.

En esta metodología hay que crear primeramente las variables dicotómicas DS, DI y NoC, donde NoC es el 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 (IBM, 2010), 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, al igual que otros autores para los índices climáticos. (16,33,34)

Conclusiones

El control integrado de vectores es sin lugar a dudas el método por excelencia para el control de organismos vectores implicados en la transmisión de entidades infecciosas, con destaque y relevancia para las alternativas biológicas. El control biológico con peces resultó ser más efectivo que el químico a base de Temepho 2 %, con diferencias altamente significativas y destaque para las especies endémicas y naturalizadas existentes en nuestros ecosistemas fluviales, las cuales poseen probadas cualidades biorreguladoras sobre las larvas de mosquitos. La intensidad de depredación mostró una fuerte dependencia de la densidad del copépodo *Mesocyclops aspericornis*, en valores por debajo de 35 copépodos por Litro, donde la densidad de larvas influye sobre la acción depredadora de los copépodos, que pueden depredar hasta siete larvas por día. Resulta factible y de gran utilidad en la vigilancia, monitoreo y control de las poblaciones larvales de mosquitos, el empleo de modelos matemáticos/modelación matemática, lo cual posibilita estratificar el riesgo epidemiológico (profiláctico/preventivo), lo que se revierte en ahorro de recursos humanos, materiales y económicos.

Agradecimientos

A todas las personas e instituciones que tuvieron que ver, de una forma u otra con la obtención de tan loable y valioso resultado; en especial, a las profesoras e investigadoras Zulema Menéndez Díaz y Natividad Hernández Contreras, ambas trabajadoras del prestigioso Instituto de Medicina Tropical Pedro Kourí (IPK), a la Prof. Janet W. Reid, Ph.D., copepodóloga y prestigiosa investigadora del Museo de Historia Natural de Virginia, EE. UU., así como a los directivos, entomólogos, biólogos y colegas de trabajo, de las Unidades Provinciales de Vigilancia y Lucha Antivectorial de las provincias de Sancti Spiritus y Villa Clara de aquel entonces.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Chandra, G.; Bhattacharjee, I.; Chatterjee, S.N.; Ghosh, A. Mosquito control by larvivoracious fish. *Indian J Med Res.* 2008; 127(1):13-27.
2. Troyo, A.; Calderón, A.O.; Fuller, D.O.; Solano, M.E.; Avedaño, A.; Arheart, K.L. Seasonal profiles of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) larval habitats in an urban area of Costa Rica with a history of mosquito control. *J Vector Ecol.* 2008; 33(1):76-88.
3. Brenda, T.B.; James, A.A.; Bruce, M.C. Genetics of Mosquito Vector Competence. *Microbiol Mol Biol Rev.* 2000; 64(1): 115-137.
4. Organización Mundial de la Salud (OMS). Dengue y dengue grave. Nota descriptiva. 2019. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/dengue-and-severedengue>
5. World Health Organization (WHO). The World Health Report. Report of the Director General World Health Organization, Geneva. 1998.
6. Gore A. An inconvenient truth [videocinta] E.U.A: Paramount Classic and Participant Productions; 2007.
7. Guzmán, M.G.; Kourí, G.; Bravo, J. La emergencia de la fiebre hemorrágica del dengue en las Américas. Reemergencia del dengue. *Rev Cubana Med Trop.* 1999; 51(1):5-13.
8. Guzmán, M.G.; Kourí, G. Dengue: an update. *Lancet Inf Dis.* 2002; 2:33-42.
9. Luciano, P.G.C.; Ricardo, J.P.; Ferreira, A.C.; Francisco, J.; Rodrigo, L.F.; José, L. Efficacy of fish as predators of *Aedes aegypti* larvae, under laboratory conditions. *Rev Saúde Pública.* 2007;41(4) Disponible en URL: [http://www.scielo.org/pdf/rsp/v41n4/en_5930.pdf] [Consulta 25 de marzo 2008].
10. Dia, I.; Diop, T.; Rakotoarivony, I.; Kengne, P.; Fontenille, D. Bionomic of *Anopheles gambiae* Giles, *An. arabiensis* Patton, *An. funestus* Giles and *An. nili* (Theobald) (Diptera: Culicidae) and Transmission of *Plasmodium falciparum* in a Sudano-Guinean Zone (Nagari, Senegal). *J Med Entomol.* 2003; 40(3):279-283.
11. Breitschwerdt, E.B. La creciente importancia de las enfermedades transmitidas por vectores. *Revista Virtual Visión Veterinaria de Perú.* 2005; 4(6). Disponible en URL: <http://www.cdc.gov/ncidod/hhtm> [accedido el 1/6/2006].
12. Ortega, L.G. Dengue: un problema siempre emergente. *Epidemiología.* 2001; 14(2): 41-52. Disponible en URL: [<http://www.sld.cu/sitios/desastres/temas.php?idv=14159>] [Consulta 10 de abril 2008].
13. González, R. Culicidos de Cuba. Editorial Científico-Técnico, La Habana 2006. p.184.
14. Das, P.K.; Amalraj, D.D. Biological control of malaria vectors. *Indian J Med Res.* 1997; 106:174-197.
15. Osés, R.R.; Fimia, D.R.; Saura, G.G.; Otero, M.M.; Jiménez, L.F. Modelación de la densidad larvaria total de mosquitos (Diptera: Culicidae) utilizando tres modelos en la provincia de Villa Clara, Cuba. *REDVET.* 2014; 15(8). Disponible en: <http://www.redalyc.org/html/636/63637994001/>
16. Osés, R.R.; Aldaz, C.J.W.; Fimia, D.R.; Segura, O.J.J.; Aldaz, C.N.G.; Segura, J.J. et al. The ROR's methodology and its possibility to find information in a white noise. *Int J Curr Res.* 2017; 9(03): 47378-82.
17. Osés, R.R.; Otero, M.M.; Ruiz, C.N.; Fimia, D.R.; Iannacone, J. Pronóstico para el huracán Irma por medio de la Regresión Objetiva Regresiva y su repercusión en las poblaciones vectoras en la estación meteorológica de Caibarién, Villa Clara, Cuba. *Biotempo.* 2018;15(1):23-30. Disponible en: <http://www.urp.edu.pe/facultad-de-biologia/index.php?url=revistasinvestigacion>
18. Fimia, D.R.; Osés, R.R.; Iannacone, J.; Carmenate, R.A.; Diéguez, F.L.; González, G.R. et al. Modelación y predicción hasta el año 2020 para la angiostrongilosis total utilizando la Regresión Objetiva Regresiva en Villa Clara, Cuba. *The Biologist (Lima).* 2017;15 (Suplemento Especial 1). pp.16.
19. de Faria, A.E.; Hayashi, C.; Soares, C.M. Predacao de larvas de pacu (*Piaractus mesopotamicus*, Holmberg) por copépodos ciclopóides (*Mesocyclops longisetus*, Thiébaud) em diferentes densidades e ambientes e com diferentes contrastes visuais. *Rev Acta Scientiarum.* 2001; 23(2): 497-502.
20. Osés, R. Series meteorológicas de Villa Clara y otras provincias; [Tesis de Maestría], Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, 2004. pp. 57.
21. Osés, R.; Grau, R. Modelación regresiva (ROR), versus modelación ARIMA usando variables dicotómicas en mutaciones del VIH. Universidad Central Marta Abreu de Las Villas. Editorial Feijóo. 2011. ISBN: 978-959-250-652-7
22. Marquetti FM. Aspectos bioecológicos de importancia para el control de *Aedes aegypti* y otros culicidos en el ecosistema urbano [Tesis doctoral]. Ciudad de la Habana, Instituto de Medicina Tropical "Pedro Kourí"; 2006. pp. 182.
23. Aguilera, L.; González, M.; Marquetti, M.C.; Capín, J.L.; Fustes C. Incidencia de *Aedes (S) aegypti* y otros culicidos en el municipio Playa, Ciudad de La Habana. *Rev Cubana Med Trop.* 2000; 52(3):174-189.
24. (MINSAP) Ministerio de Salud Pública. Información sobre el Virus del Nilo Occidental. La Habana: MINSAP. 2001. p.23
25. Koldenkova, L.; García, A.I. Clave pictórica para las especies de peces fluviales de Cuba. La Habana: IPK, 1990, 56 pp.
26. Fimia, D.R.; Hernández, C.N.; Berovides, A.V.; Gutiérrez, A.A. Afectaciones a la ictiofauna larvívora causada por peces exóticos introducidos en criaderos de mosquitos del municipio Yaguajay. *INFOCIENCIA.* 2003; 7(3). Disponible en: <http://www.magon.cu/publica/infocencia/>
27. García, A.I.; González, B.R. Principales especies de la familia Poeciliidae y su efectividad en las condiciones de Cuba. *Rev Cubana Med Trop.* 1986; 38(2):197-202.
28. Service, M.W. Importance of ecology in *Aedes aegypti* control. *The Southeast Asian. Journal of Tropical Medicine and Public Health.* 1992; 23(4):681-690.

29. González, R.I.C.; Fimia, D.R.; García, P.M. Evaluación del programa para la vigilancia del mosquito *Stegomyia aegypti* en el municipio Santa Clara, provincia Villa Clara. Año 2007. REDVET. 2010; 11(03B). Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>
30. Kay, B.H. The use of predacious copepods for controlling dengue and other vectors. *Dengue Bulletin*, WHO. 1996; 20:93-98.
31. Póvoa, M.M.; Conn, J.E.; Schlichting, C.D.; Amaral, J.F.; Nazaré, M.O.; Da Silva, N.A. Malaria Vector, Epidemiology and the Re-Emergence of *Anopheles darlingi* in Belém, Pará, Brazil. *J Med Entomol*. 2003; 40(4):379-386.
32. Hernández, F.C.; Schaper, S. *Mesocyclops thermocyclopoideus* (Copepoda: Cyclopoida): A Scanning Electron Microscopy Study. *Rev Latinoam Microbiol*. 2000; 42:53-6.
33. Osés, R.R.; Fimia, D.R.; Aldaz, C.J.W.; Iannacone, O.J.; Zaita, F.Y.; Osés, L.C. et al. Modelación matemática del cólera por medio de la Regresión Objetiva Regresiva y su relación con las variables climáticas. Caibarién, Villa Clara, Cuba. *The Biologist* (Lima). 2017;15 (Suplemento Especial 1):128.
34. Sánchez, Á.M.L.; Osés, R.R.; Fimia, D.R.; Gascón, R.B.C.; Iannacone, J.; Zaita, F.Y. et al. La Regresión Objetiva Regresiva más allá de un ruido blanco para los virus que circulan en la provincia Villa Clara, Cuba. *The Biologist* (Lima). 2017;15 (Suplemento Especial 1):127.
35. Osés, R.R.; Fimia, D.R.; Otero, M.M.; Osés, L.C.; Iannacone, J.; Burgos, A.I.; Ruiz C.N.; Armiñana, G.R.; Socarrás P.J. Incidencia del ritmo anual en algunas variables climáticas en poblaciones larvales de culícidos: pronóstico para la temporada ciclónica 2018 en Villa Clara, Cuba. *The Biologist* (Lima). 2018; 16, jul-dic, Suplemento Especial 2. Disponible en: <http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/biologist/biologist.htm>
36. Osés, R.R.; Carmenate, R.A.; Pedraza, M.A.F.; Fimia-Duarte, R. Prediction of latitude and longitude of earthquakes at global level using the Regressive Objective Regression method. *Advances in Theoretical & Computational Physics (Adv Theo Comp Phy)*. 2018; 1(3):1-5. DOI: doi.org/10.33140/ATCP.
37. Osés, R.R.; Fimia, D.R.; Otero, M.M. Modelación ROR aplicada a pronósticos. Editorial Académica Española (eae). Editorial de OmniScriptum Publishing KS. Brivibas gatve 197, Riga, LV-1039 Latvia, European Union. 2019. ISBN 978-613-9-43739-9.
38. Osés, R.R.; Machado, F.H.; González, M.A.A.; Fimia, D.R. Estudio del consumo eléctrico provincial de Villa Clara y su pronóstico 2019-2023 Cuba. *Revista ECOSOLAR*. 2019; 65:32-43. Disponible en: <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/ecosolar>
39. Hernández, C.N.; Doadrio, V.I.; Sostoa, F.A.; Fimia, D.R.; Odio, P.N. Determinación de la ictiofauna que participa en el control de culícidos en sistemas acuáticos del municipio Guamá, Santiago de Cuba. *Rev Cubana Med Trop*. 2006; 58(1):32-6.

Conflictos de intereses. No existen conflictos entre los autores de la investigación ni entre las instituciones participantes.

Contribución de autoría:

1. Conceptualización. Rigoberto Fimia Duarte
2. Curación de datos: ---
3. Análisis formal. Rigoberto Fimia Duarte, Ricardo Osés Rodríguez, Ramón González González, Natividad Hernández Contreras
4. Adquisición de fondos: ---
5. Investigación. Rigoberto Fimia Duarte. Ricardo Osés Rodríguez, Ramón González González, Natividad Hernández Contreras, Meylin Otero Martín
6. Metodología. Rigoberto Fimia Duarte, Ricardo Osés Rodríguez, Ramón González González, Natividad Hernández Contreras, Meylin Otero Martín
7. Administración del proyecto. Rigoberto Fimia Duarte, Ricardo Osés Rodríguez. Ramón González González, Natividad Hernández Contreras
8. Recursos. Rigoberto Fimia Duarte, Ricardo Osés Rodríguez. Ramón González González, Natividad Hernández Contreras, Meylin Otero Martín
9. Software: ---
10. Supervisión. Rigoberto Fimia Duarte, Ricardo Osés Rodríguez. Ramón González González, Natividad Hernández Contreras
11. Validación. Rigoberto Fimia Duarte, Ricardo Osés Rodríguez. Ramón González González, Natividad Hernández Contreras
12. Visualización. Rigoberto Fimia Duarte, Ricardo Osés Rodríguez. Ramón González González, Natividad Hernández Contreras, Meylin Otero Martín
13. Redacción – borrador original. Rigoberto Fimia Duarte, Ricardo Osés Rodríguez. Ramón González González, Natividad Hernández Contreras, Meylin Otero Martín
14. Redacción – revisión y edición. Rigoberto Fimia Duarte, Ricardo Osés Rodríguez. Ramón González González, Natividad Hernández Contreras, Meylin Otero Martín

Financiación. La fuente de financiamiento principal fue de la Universidad de Ciencias Médicas de Villa Clara (UCM-VC), por el concepto de papel e impresión de los ejemplares (dos).

Recibido: 21 de abril de 2020

Aprobado: 30 de mayo de 2020

