

El control de mosquitos (*Diptera: Culicidae*) utilizando métodos biomatemáticos en la provincia Villa Clara - Control of mosquitoes (*Diptera: Culicidae*) using biomathematical methods in Villa Clara province

Fimia Duarte, Rigoberto: Centro Provincial de Higiene, Epidemiología y Microbiología de Villa Clara. Ave. Libertadores No. 99/C y D. Rpto. Santa Catalina, Santa Clara. CP 20100. Villa Clara. Cuba. E-mail: vectores@capiro.vcl.sld.cu | **Osés Rodríguez, Ricardo:** Centro Meteorológico Provincial. Prolongación de Marta Abreu # 59 altos. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. | **Otero Martín, Meylín:** Centro Meteorológico Provincial. Prolongación de Marta Abreu # 59 altos. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. | **Diéguez Fernández, Lorenzo:** Unidad Municipal de Vigilancia y Lucha Antivectorial de Camagüey. Cuba. | **Cepero Rodríguez, Omelio:** Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Carretera a Camajuaní Km. 5 ½. Santa Clara. CP 54830. Villa Clara. Cuba. | **González González, Ramón:** Centro Provincial de Higiene, Epidemiología y Microbiología de Villa Clara. Ave. Libertadores No. 99/C y D. Rpto. Santa Catalina, Santa Clara. CP 20100. Villa Clara. Cuba. | **Silveira Prado, Enrique A.:** Centro de Bioactivos Químicos. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Carretera a Camajuaní Km. 5 ½. Santa Clara. CP 54830. Villa Clara. Cuba. | **Corona Santander, Edgar:** E-mail: edgarcs07@gmail.com.

Autor a quien dirigir la correspondencia: Rigoberto Fimia Duarte. Centro Provincial de Higiene, Epidemiología y Microbiología de Villa Clara. Ave. Libertadores No. 99/C y D. Rpto. Santa Catalina, Santa Clara. CP 20100. Villa Clara. Cuba. E-mail: vectores@capiro.vcl.sld.cu

Resumen

Objetivo: evaluar la eficacia de dos especies de peces fluviales conjuntamente con la modelación matemática en función del control de las larvas de mosquitos en la provincia Villa Clara. **Métodos:** en el caso de los peces se realizó un estudio de cohorte en los Consejos Populares de Báez y Guaracabulla, pertenecientes al municipio Placetas, iniciándose la investigación en abril del 2006 hasta abril de 2007, para lo cual se seleccionó una muestra de 1740 depósitos, dividida en dos grupos: uno con 870

depósitos a los cuales se les sembraron peces(a razón de 3 ejemplares por depósito, siempre tratando de buscar el predominio de las hembras sobre los machos 2/1) y otro, con igual cuantía de recipientes, pero sin sembrarle peces. En cuanto a la modelación matemática de las densidades larvianas generales y específicas, se procesaron los datos de ambas densidades para nueve municipios de la provincia Villa Clara por cada mes del año, abarcando el período comprendido desde el año 2000 hasta el 2009, además, se correlacionaron los valores de estas densidades larvianas con ocho variables climáticas para obtener los modelos de pronósticos por meses. **Resultados:** el riesgo de encontrar focos de mosquitos fue superior en el grupo de depósitos que no estaban expuestos a la presencia de peces, donde por cada 100 depósitos tratados con peces, se logró evitar ocho focos de culícidos; se obtuvieron los modelos de pronósticos de las densidades larvianas generales y específicas para los nueve municipios incluidos en el estudio, así como los boletines epidemiológicos a corto y mediano plazo. **Conclusiones:** los peces larvívoros constituyen una excelente alternativa para el control de las larvas de mosquitos en depósitos utilizados por la población con el fin de almacenar agua; la modelación matemática resultó ser una buena herramienta para la predicción y control de las densidades larvianas de mosquitos en criadero de la provincia Villa Clara.

Palabras clave: Copépodos | *Mesocyclops aspericornis* | Modelación matemática | Peces larvívoros | Villa Clara

Abstract

The aim is to evaluate the efficiency of two species of freshwater fish and also use the mathematical modelling in function of the control of the mosquito's larvae in Villa Clara province. In the case of fish, a cohort study was carried out, in the towns of Baez and Guaracabulla, which belong to Placetas municipality, researching was started in April of 2006 until April of 2007, for this, a sample of 1740 reservoirs was chosen, divided in two groups: one of them with 870 reservoirs, (3 fish per unit were put each reservoir, trying to keep the prevalence of females on males 2-1) and another one universe, with the same amount of recipients, but no fish in this case. Concerning mathematical modelling of general and specific larval densities, the data of both densities were processed for nine municipalities of Villa Clara province for every month of the year, covering a period from the year 2000 until 2009; also, the values of these larval densities were correlated with eight climatic variables to get the prediction models per month. The risk of finding places that are positive to the presence of mosquitoes (In our Health System, "focuses") was superior in the group of deposits where they were not exposed to the presence of fish; for each 100 deposits with fish, 8 focuses of mosquitoes were removed; prediction models

of general and specific larval densities were obtained for the nine municipalities included in this researching, as well as the epidemic bulletins at short and medium term. The larvivorous fish are an excellent option to control the larvae of mosquito in the reservoirs that people use with the purpose of storing water; the mathematical modelling is a good tool for the prediction and control of the larval densities of mosquitoes in reservoirs of Villa Clara province.

Key words: Copepods | *Mesocyclops aspericornis* | Mathematical modelling | larvivorous fish | Villa Clara

Introducción

La lucha entre el hombre y los insectos se inició mucho antes del comienzo de la civilización, ha continuado sin cesar hasta el presente, y proseguirá sin dudas, mientras la raza humana persista¹. Millones de personas padecen de infecciones transmitidas por los artrópodos vectores; entre ellas, los culícidos son sin lugar a duda los de mayor importancia higiénica sanitaria, especialmente en las regiones tropicales y subtropicales²⁻³; son responsables del mantenimiento y transmisión de los agentes patógenos que causan dengue, fiebre amarilla, malaria, filariosis linfática, virus del Nilo Occidental y varias infecciones mortales y debilitantes⁴⁻⁵.

A estos problemas se unen ahora el calentamiento del planeta y la intensificación de los fenómenos meteorológicos extremos, lo cual ha traído consigo cambios en el comportamiento de las enfermedades y de sus transmisores, con establecimiento de especies vectoras en lugares nunca antes registradas⁶⁻⁷.

Ante la agudización del enfrentamiento a las enfermedades transmitidas por vectores, debido al surgimiento y desarrollo de agentes etiológicos resistentes a fármacos, mosquitos resistentes a los insecticidas, altos precios en el mercado, contaminación del medioambiente, entre otras dificultades; la comunidad científica prioriza cada vez más los métodos de control biológico⁸⁻¹⁰, de forma tal de poder complementar un control integrado más eficaz y sostenido; a lo cual se han unido otras disciplinas científicas, como la Geografía, Biología Molecular, la Matemática, Computación, entre muchas otras.

Por todo lo expuesto, nos propusimos evaluar la eficacia de dos especies de peces fluviales, de conjunto con la modelación matemática en función del control de las larvas de mosquitos en la provincia Villa Clara.

Materiales y Métodos

Una de las alternativas biológicas utilizadas en Villa Clara para el control de las larvas de mosquitos es la utilización de los peces larvívoros. En este caso, por medio de un estudio de cohorte, se seleccionaron los tanques bajos existentes en las viviendas de los Consejos Populares de Báez y Guaracabulla, del municipio Placetas. El tamaño de la muestra fue de 1740 depósitos, para lo cual se dividió la misma en dos grupos: uno con 870 depósitos expuestos a la presencia de peces (*Gambusia punctata* Poey, 1854 y *Gambusia puncticulata* Poey, 1854), realizándose la siembra a razón de 3 a 5 peces por recipiente; siempre buscando el predominio de las hembras sobre los machos (2 a 1 ó 3/ 2); el otro grupo, con igual cuantía de depósitos, pero sin sembrarle peces. El estudio abarcó desde abril del 2006 hasta abril de 2007, con monitoreos semanales para poder evaluar la eficacia de estas dos especies de peces sobre las larvas de mosquitos.

La matemática constituye una de las ciencias exactas de mayor aplicación dentro del campo de la Biología y la Medicina, específicamente en la Epidemiología; en este caso, por medio de la modelación matemática de las Densidades Larvárias Generales y Específicas de mosquitos logramos obtener modelos de pronósticos para tales fines, tanto a corto, como mediano y largo plazo, y de esta forma, crear Boletines de Alerta Temprana que permiten al personal de vectores emprender acciones certeras y oportunas, encaminadas al control de vectores transmisores de enfermedades, tanto en la fase larval, como adulta. En esencia, se procesaron los datos de las densidades larvárias mensuales de nueve municipios de la provincia durante el período comprendido desde el año 2000 hasta el 2009, y se sigue trabajando en el 2010 para darle continuidad a la investigación; conjuntamente con las densidades larvárias, también se procesaron las siguientes variables climáticas: humedad relativa media (HRM), humedad relativa mínima (HRN), humedad relativa máxima (HRX), velocidad media del viento (VV), precipitación provincial (Prec.), temperatura máxima (TX), temperatura mínima (TN) y temperatura media (TM); dichas variables climáticas al igual que la densidades larvárias se procesaron con el paquete estadístico SPSS Versión 13, empleándose también la Regresión Lineal Multivariada con variables dummy, según Osés¹¹ para la modelación de la serie de datos, esta consiste en la utilización de variables "falsas", las cuales toman valores de ceros y unos y captan los altibajos de la serie a modelar. En los boletines que se obtienen, los rangos de valores se ajustaron a la realidad del territorio, ya que el valor permisible o límite de 20 larvas/m² (establecido por la Organización Mundial de La Salud)¹²⁻¹³; a criterio de los autores, opinamos que es muy alto, por lo que se determinó establecer rangos de valores transeccionales más bajos, tanto para la densidad general, como la específica.

En el análisis estadístico de los resultados de los peces fluviales se utilizó el software profesional EPIDAT 3.0

Resultados

Los depósitos que se protegieron con la siembra de peces, la aparición de focos de mosquitos fue muy baja, no sobrepasó el 1% del total de recipientes protegidos con peces (870 depósitos). Las medidas de frecuencia (riesgo en expuestos y no expuestos) arrojaron valores con diferencias muy altas (0,00919 contra 0,0862), donde el valor del riesgo relativo resultó menor que 1, lo cual indica que la presencia de peces en los recipientes constituye un factor de protección ante la incidencia de focos de mosquitos, lo cual permite afirmar que por cada 100 depósitos tratados con peces, se logran evitar ocho focos, por ende, para prevenir un foco, es necesario tratar 13 depósitos (Tabla 1).

Tabla 1. Medidas de fuerza de asociación y de impactos entre variables

Parámetros	Valores	IC: 95%
Riesgo relativo	0,106	0,052-0,2198
Diferencia de riesgo	0,077	0,0967-0,0573
Fracción prevenida en expuestos	0,89	0,78-0,95
Fracción prevenida poblacional	0,45	0,39-0,48

IC = Intervalo de confianza

El año objeto de análisis en nuestra investigación en función de las densidades larvarias para los nueve municipios, nos permitieron modelar, tanto la Densidad Larvaria General, como la Anofelínica durante los 12 meses del año, pudiendo determinar los meses picos o con los mayores valores para ambas densidades, con más de un mes de antelación, y de esta forma, poder elaborar los Boletines Epidemiológicos de la provincia Villa Clara para las dos densidades, basados en series de pronósticos que nos permiten discernir entre valores extremadamente altos, muy altos, incluso, de muy bajos a medios, aquí nos apoyamos de los modelos de variables "dummy", como se muestran en los gráficos 1 y 2 para obtener dichas modelaciones matemáticas de las densidades larvarias. Con estos modelos también se pudo correlacionar las densidades con las ocho variables climáticas que se analizaron.

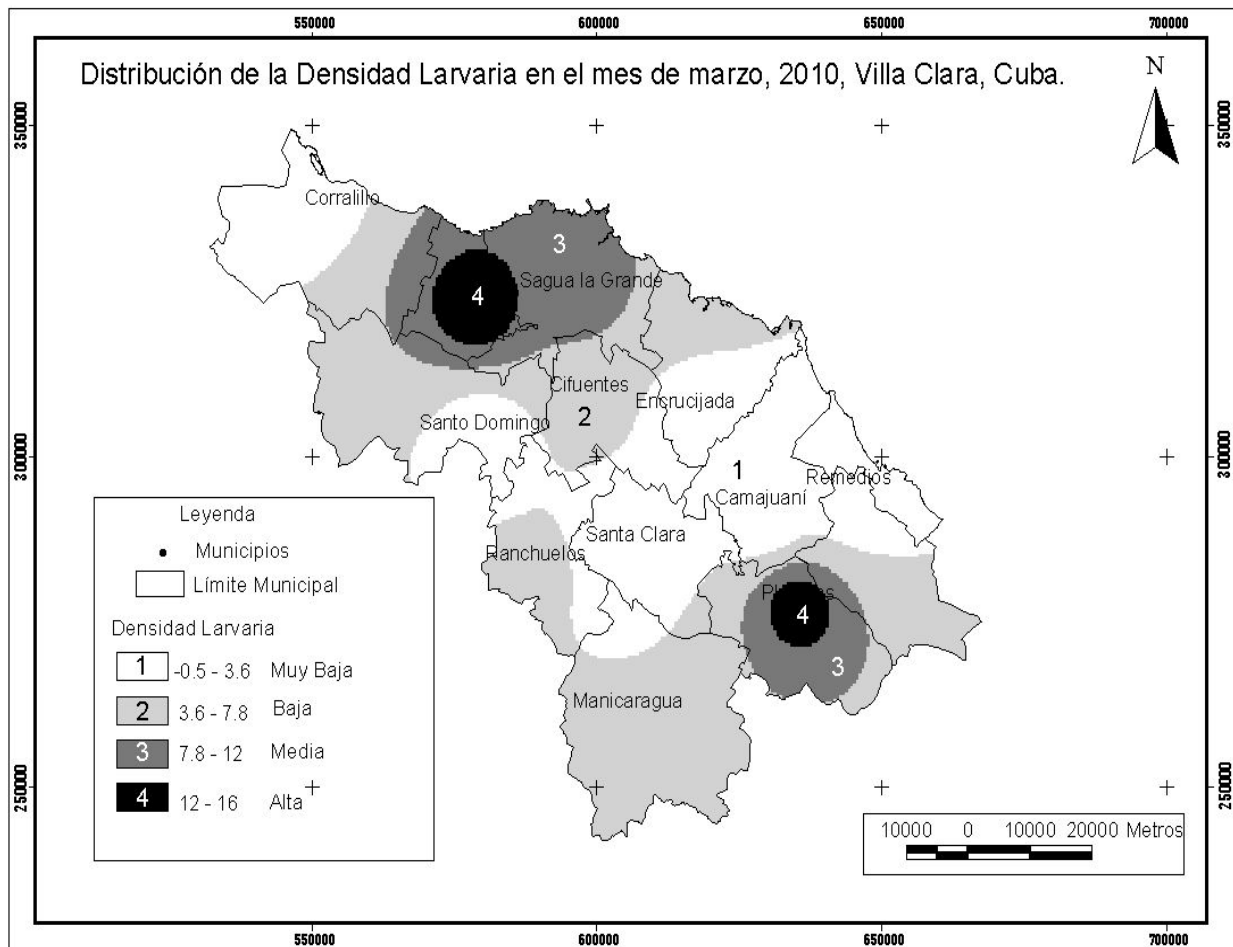


Gráfico 1. Modelación de la densidad larvaria general para el mes de marzo del 2010 en la provincia Villa Clara

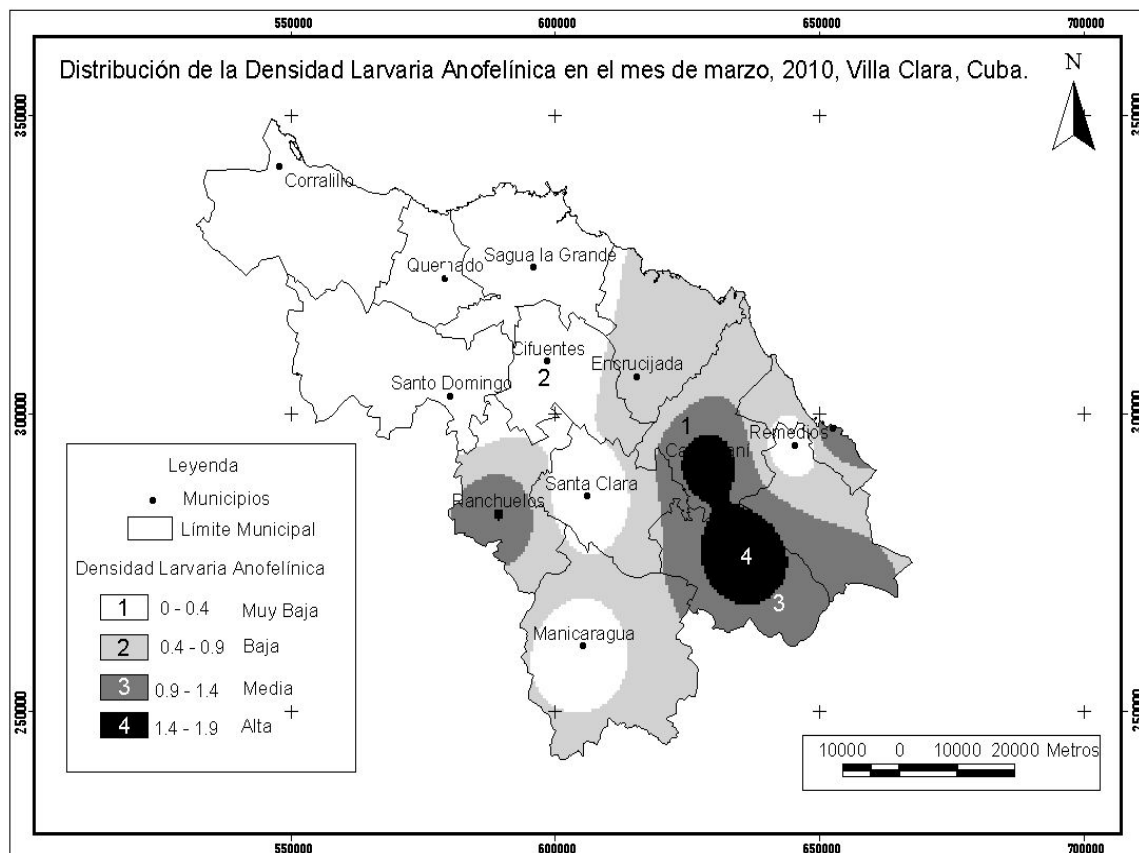


Gráfico 2. Modelación de la densidad larvaria anofelínica para el mes de marzo de 2010.

Discusión

Por los resultados obtenidos, indudablemente que los peces larvívoros constituyen una opción eficaz en el control de las larvas de mosquitos en depósitos utilizados para almacenar agua, aspecto que concuerda con resultados obtenidos por Mathur¹⁴, así como con los logrados por Hernández y Marquez¹⁵ en el municipio Taguasco, provincia Sancti Spíritus, pero con la especie *Poecilia reticulata* Peter, 1895 para controlar larvas de la especie *Stegomyia aegypti*, tanto en tanque bajos y elevados. Evidentemente que la lucha biológica contra los mosquitos cobra cada día mayor protagonismo a causa del interés en el mundo por reducir el uso de los insecticidas químicos, y lograr de esta forma una sustancial protección al medioambiente, aspecto que se pudo constatar en nuestra investigación, porque el empleo de estas dos especies previno el 89,0% de los focos en estas dos localidades, lo cual reafirmó lo planteado con anterioridad por Vargas¹⁶, Hernández *et al*¹⁷ y Rojas *et al*¹⁸.

En cuanto a la modelación matemática, de las ocho variables climáticas analizadas, la precipitación fue la que mayor efecto ejerció sobre las poblaciones larvales de mosquitos en los ecosistemas fluviales, provocando muchas veces disminución en la densidad larvaria, producto al arrastre o efecto de crecida de los reservorios, pero esto puede tener similar consecuencia sobre los depredadores naturales de las larvas de culícidos (en especial, los peces larvívoros), aspecto demostrado por Hernández *et al.*¹⁷ y Marquetti¹⁹ para ambos casos, esto puede traer consigo cambios en los patrones de las entidades infecciosas, así como en los brotes de enfermedades debido a la influencia directa del clima sobre los sistemas ecológicos, creando condiciones favorables para el desarrollo de enfermedades transmitidas por mosquitos, aspecto en el cual coincidimos con Navarra²⁰. Según los modelos climáticos a largo plazo con que cuenta el Centro Meteorológico Provincial de Villa Clara, se prevé una mayor frecuencia de fenómenos severos que traerían una disminución de los valores de densidad larvaria debido fundamentalmente a la disminución de la velocidad del viento.

Quedó evidenciada la posibilidad de modelar matemáticamente la densidad larvaria de mosquitos, así como la estrecha relación que existe entre la densidad larvaria con las variables climáticas y los agentes de control biológico cuando se utilizan adecuadamente, razón por la cual se pueden realizar pronósticos tempranos, tanto a corto, mediano y largo plazo de las densidades de mosquitos en los criaderos y de esta forma, emprender acciones oportunas y certeras en pos de su control.

Bibliografía

1. Metcalf CL, Flint WP. Insectos destructivos e insectos útiles: sus costumbres y su control. México, DF.: CECSA. 1991, 1208 p.
2. Beerntsen BT, James AA, Christensen BM. Genetics of Mosquito Vector Competence. *Microbiol Mol Biol Rev.* 2000; 64(1):115-137.
3. Chandra G, Bhattacharjee I, Chatterjee SN, Ghosh A. Mosquito control by larvivorous fish. *Indian J Med Res.* 2008; 127:13-27.
4. Luciano PG, Ricardo JP, Ferreira AC, Francisco J, Rodrigo LF, José L. Efficacy of fish as predators of *Aedes aegypti* larvae, under laboratory conditions. *Rev Saúde Pública* 2007; 41:4. [online] Disponible en URL: http://www.scielosp.org/pdf/rsp/v41_n4/en_5930.pdf [citado 2 junio 2010].
5. Guzmán MG, Kourí G. Dengue: an update. *Lancet Infect Dis.* 2002; 2(1):33-42.
6. Gore A. An Inconvenient Truth [DVD]. Paramount Pictures. 2006.

7. Rodríguez JP. La amenaza de las especies exóticas para la conservación de la biodiversidad suramericana. INCI 2001; 26(10):479-483. ISSN 0378-1844
8. Menéndez Z, Reid JW, Fimia R. New records of species of the genus *Mesocyclops* (Copepoda: Cyclopoida) from Cuba. Crustaceana 2007; 80(9):1025-1031.
9. Kosiyachinda P, Bhumiratana A, Kittayapong P. Enhancement of the efficacy of a combination of *Mesocyclops aspericornis* and *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* by community based products in controlling *Aedes aegypti* in Thailand. Am J Trop Med Hyg. 2003; 69:206-212.
10. Suárez S, Rodríguez J, Menéndez Z, Montada D, García I, Marquetti MC. *Macrocyclus albidus* (Copepoda: Cyclopidae): una nueva alternativa para el control de larvas de mosquitos en Cuba. Rev Cubana Med Trop. 2005; 57(3). [online] Disponible en URL: <http://scielo.sld.cu/pdf/mtr/v57n3/mtr08305.pdf> [citado 2 junio 2010].
11. Osés R. Series meteorológicas de Villa Clara y otras provincias [tesis de maestría]. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Santa Clara. Cuba. 2004.
12. WHO. Special Programme for Research and Training in Tropical Diseases (TDR). Biological Control of Vector. The World Health Report. Geneva: World Health Organization 1987; 127-133.
13. Armada JA, Trigo J. Técnicas de evaluación biológica de las actividades de control de vectores. Determinación de índices ecológicos. La Habana: Editorial Pueblo y Educación. 1997; (1):3-18.
14. Mathur SJ. Developing larvivorous fish network for mosquitoes control in urban areas: A case study. ICMR Bulletin 2003; 33(7):69-73.
15. Hernández E, Márquez M. Control de larvas de *Aedes aegypti* (L) con *Poecilia reticulata* Peter, 1895: una nueva experiencia comunitaria en el municipio Taguasco, Sancti Spiritus, Cuba. Rev Cubana Med Trop. 2006; 58(2):139-141. ISSN 0375-0760
16. Vargas M. Uso de peces larvívoros como controladores biológicos de larvas de *Aedes aegypti*. Rev Col MQC de Costa Rica. 2003; 9(3):25-29: [online] Disponible en URL: http://www.colegiomicrobiologoscr.org/Revista/uso_de_Peces.pdf [citado 2 junio 2010]
17. Hernández N, Doadrio I, Sostoa A, Fimia R, Odio 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):36-39. ISSN 0375-0760

18. Rojas EP, Gamboa MB, Villalobos SP, Cruzado FV. Eficacia del control de larvas de vectores de la malaria con peces larvívoros nativos en San Martín, Perú. Rev Perú Med Exp Salud Pública 2004; 21(1):44-50.

19. Marquetti MC. Aspectos bioecológicos de importancia para el control de *Aedes aegypti* y otros culícidos en el ecosistema urbano [tesis doctoral]. Ciudad de la Habana: Instituto de Medicina Tropical "Pedro Kourí". 2006.

20. Navarra A. The climate Dilemma. En: Extreme Weather Events and Public Health Responses. Kirch W, Menne B, Bertollini R. (editors). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag; 2005. 303 pp. ISBN: 978-3-540-24417-2

REDVET: 2012, Vol. 13 Nº 3

Recibido 25.06.2011 / Ref. prov. JUN1122B_REDNET / Revisado 29.01.2012 / Aceptado 03.02.2012
Ref. def. 031206_REDNET / Publicado: 01.03.2012

Este artículo está disponible en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n020212.html>
concretamente en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n030312/031206.pdf>

REDVET® Revista Electrónica de Veterinaria está editada por Veterinaria Organización®.

Se autoriza la difusión y reenvío siempre que enlace con Veterinaria.org® <http://www.veterinaria.org>
y con REDVET®- <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>