



ORIGINAL ARTICLE / ARTÍCULO ORIGINAL

POTENTIAL OF BIOLOGICAL CONTROL OF FISH AND COPEPODS ON MOSQUITOS (DIPTERA: CULICIDAE) OF HYGIENIC-SANITARY IMPORTANCE IN THE PROVINCE VILLA CLARA, CUBA

POTENCIALIDADES DEL CONTROL BIOLÓGICO DE PECES Y COPÉPODOS SOBRE MOSQUITOS (DIPTERA: CULICIDAE) DE IMPORTANCIA HIGIÉNICA-SANITARIA EN LA PROVINCIA VILLA CLARA, CUBA

Rigoberto Fimia Duarte^{1*}, José Iannacone^{2,3}, Pedro María Alarcón Elbal⁴, Natividad Hernández Contreras⁵, Rafael Armiñana García⁶, Omelio Cepero Rodríguez⁶, Aurora M. Cabrera García¹ & Yanira Zaita Ferrer¹

^{1*} Facultad de Tecnología de la Salud «Julio Trigo López». Universidad de Ciencias Médicas «Dr. Serafín Ruiz de Zárate Ruiz» de Villa Clara, Cuba; rigobertofd@infomed.sld.cu, yanirazf@infomed.sld.cu

² Laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal. Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV). Facultad de Ciencias Biológicas, Lima, Perú.

³ Laboratorio de Ingeniería Ambiental. Facultad de Ciencias Ambientales. Universidad Científica del Sur (Científica). Lima, Perú; joseiannacone@gmail.com

⁴ Universidad Agroforestal Fernando Arturo de Meriño. Carretera José Durán, Km 1 (Jarabacoa-Constanza) Jarabacoa 41 000, República Dominicana. Pedro.Alarcon@uv.es

⁵ Departamento de Control de Vectores. Instituto de Medicina Tropical Pedro Kourí (IPK), Cuba. natividad@ipk.sld.cu

⁶ Universidad Central «Marta Abreu» de Las Villas, Cuba. rarminana@uclv.cu

The Biologist (Lima), 14(2), jul-dec: -371-386.

ABSTRACT

The aim of this research was to evaluate the potential of biological control of fish and copepods on mosquitoes (Diptera: Culicidae) of hygienic-health importance in the province of Villa Clara, Cuba. The main permanent breeding of mosquitoes of the 13 municipalities within the province Villa Clara, Cuba were sampled, with the aim of evaluating biological control alternatives. The results showed that the mosquito species best represented and distributed in the province were *Anopheles albimanus*, *Ochlerotatus mediovitata*, *O. taeniorhynchus*, *Psorophora confinnis*, *Culex quinquefasciatus* and *C. nigripalpus*. As for fish: *Gambusia punctata*, *Girardinus metallicus*, *Poecilia reticulata*, *Limia vittata* and *Nandopsis tetracanthus* were the best represented. It was confirmed *in vitro*, the copepod *Mesocyclops aspericornis* is able to efficiently prey on *C. quinquefasciatus* larvae. The analysis of effectiveness and risk-benefit between Propoxur insecticide, *Bacillus thuringiensis* and larvivorous fish, shows that the latter is the better alternative of control. The use of biological agents is a simple and relatively inexpensive alternative program within integrated mosquito control transmitters of diseases in Villa Clara, Cuba, which should much more vigorously use such biological control alternatives.

Key words: biological agents – copepod – fishes – mosquitoes – river ecosystems – Villa Clara

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar las potencialidades del control biológico de peces y copépodos sobre mosquitos (Diptera: Culicidae) de importancia higiénico-sanitaria en la provincia Villa Clara, Cuba. Los principales criaderos permanentes de culícidos de los 13 municipios con que cuenta la provincia Villa Clara, Cuba fueron muestreados, con el objetivo de evaluar alternativas de control biológico. Los resultados mostraron que las especies de mosquitos mejor representados y distribuidas en la provincia correspondieron a *Anopheles albimanus*, *Ochlerotatus mediovittata*, *O. taeniorhynchus*, *Psorophora confinnis*, *Culex quinquefasciatus* y *C. nigripalpus*. En cuanto a los peces: *Gambusia punctata*, *Girardinus metallicus*, *Poecilia reticulata*, *Limia vittata* y *Nandopsis tetracanthus* fueron los mejor representados. Se corroboró *in vitro*, que el copépodo *Mesocyclops aspericornis* es capaz de depredar eficientemente a las larvas de *C. quinquefasciatus*. El análisis de efectividad y riesgo-beneficio entre el insecticida Propoxur, *Bacillus thuringiensis* y peces larvívoros, muestra que este último es la mejor alternativa de control. El uso de agentes biológicos es una alternativa simple y relativamente económica dentro de los programas integrados de control de mosquito transmisores de enfermedades en Villa Clara, Cuba, por lo que debe de potenciarse mucho más el empleo de dichas alternativas de control biológico.

Palabras clave: agentes biológicos – copépodo – Cuba – ecosistemas fluviales – mosquitos – peces

INTRODUCCIÓN

Millones de personas padecen de infecciones transmitidas por los artrópodos vectores. Entre ellos, los culícidos son sin duda los de mayor importancia higiénico-sanitaria porque constituyen uno de los problemas prioritarios de salud en casi todas las regiones tropicales y subtropicales (Turell *et al.* 2006, Ngoagouni *et al.* 2015), y son responsables del mantenimiento y transmisión de los agentes patógenos que causan Dengue, Fiebre Amarilla, Zika, Malaria humana, Filariasis linfática y varias otras infecciones mortales y debilitantes (Lebl *et al.* 2015, Ferguson *et al.* 2016).

De todas las enfermedades transmitidas por vectores en el mundo, el dengue es la que tiene la tasa de incidencia más alta. Se considera como la más importante de las enfermedades virales transmitidas por mosquitos a nivel

planetario (Beserra *et al.* 2006, Luciano *et al.* 2007, Arenas & Carvajal 2012) y se estima que cada año se presentan entre 50-100 mill de casos de Dengue y de 250 000 a 500 000 casos de Dengue Hemorrágico dependiendo de la actividad epidémica (Guzmán *et al.* 1999, Guzmán & Kourí 2002).

Sin embargo, el principal problema de salud en materia de vectores, lo es sin lugar a duda, la malaria; se estima a escala mundial 500 millones de casos reportados y tres millones de muertes cada año (un millón son niños menores de cinco años). Se considera la enfermedad más extendida, siendo endémica en unos 100 países en vía de desarrollo. En el África se reporta el 80 por ciento de los casos y 90 por ciento de las muertes (Dia *et al.* 2003, Chandra *et al.* 2008, Manguin & Boëte 2011).

A este problema 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 registradas (Manguin & Boëte 2011, Ferraguti *et al.* 2016). Cuba por su ubicación geográfica y características climatológicas presenta una amplia entomofauna de culícidos; muchos de los cuales son importantes desde la perspectiva epidemiológica por las enfermedades endémicas y exóticas, que pueden transmitir a los humanos y animales (Guzmán & Kourí 2002, González 2006, Manguin & Boëte 2011).

Los esfuerzos para controlar estas enfermedades transmitidas por mosquitos vectores han sido restringidos, en parte, por el desarrollo de agentes etiológicos fármaco resistentes, culícidos resistentes a insecticidas, contaminación de los ecosistemas, efecto residual de las sustancias químicas sintéticas, altos precios en los mercados y otras dificultades operacionales (Iannacone *et al.* 2002, Ghosh *et al.* 2005).

Por consiguiente, hay una necesidad para desarrollar estrategias de control de vectores que pueden complementar los métodos existentes (Brenda *et al.* 2000, Kay & Nam 2005, Hołynska 2006, Howard *et al.* 2007, Chandra *et al.* 2008). Tal estrategia es la implementación de métodos biológicos para controlar poblaciones larvales de mosquitos. Los principales agentes biológicos que han sido exitosamente empleados son los depredadores, particularmente los peces y copépodos y agentes entomopatógenos, que atacan las fases inmaduras de los mosquitos (Das & Amalraj 1997; Hernández *et al.* 2005).

El objetivo de la presente investigación fue evaluar las potencialidades del control biológico de peces y copépodos sobre mosquitos (Diptera: Culicidae) de importancia higiénica sanitaria en la provincia Villa Clara, Cuba.

MATERIAL Y MÉTODOS

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 (figura 1).

En la provincia Villa Clara hay registrados 304 reservorios permanentes con condiciones favorables para la cría y proliferación de los culícidos, distribuidos en los 13 municipios. Además, hay identificados alrededor de 218 criaderos temporales (lugares activos en régimen de lluvia), entre los que se destacan las zanjas, pantanos, depresiones en zonas bajas del terreno, charcos entre otros. Los reservorios permanentes (activos durante todo el año) se reflejan en ríos, lagos, arroyos y lagunas, etc. (Fimia *et al.* 2015ab).

Se muestrearon los principales criaderos permanentes de culícidos (Fernández *et al.* 2005ab) Se realizaron colectas de larvas de mosquitos por el método del cucharón (OMS 1982) y adultos por el método de captura sobre cebo humano y trapeo en los 73 reservorios muestreados. Las especies de mosquitos se identificaron por medio del microscopio estéreo utilizando claves especializadas (Pérez-Vigueras 1956, González 2006, Méndez *et al.* 2012). Además, se identificaron las especies de peces larvívoros existentes en los mismos (Ponce de León García & Rodríguez Silva 2010, Ponce de León García *et al.* 2014).

En condiciones de laboratorio se evaluó la capacidad depredadora del copépodo *Mesocyclops aspericornis* (Daday, 1906) sobre larvas de primer estadio del mosquito de la especie *Culex quinquefasciatus* Say, 1823. Para lo cual se emplearon dos tipos de ensayos: (1) se utilizaron 10 copépodos de *M. aspericornis* con cinco densidades de *C. quinquefasciatus* (40, 60, 80, 100 y 150), y (2) se emplearon 120 larvas de *C.*

quinquefasciatus y a cada envase se le añadieron 5, 10, 15, 20 y 25 copépodos, respectivamente. Los bioensayos se realizaron en recipientes de cristal con 1000 ml de agua

declorinada por destilación. En ambos casos al cabo de las 24 h se contaron los restos de larvas *C. quinquefasciatus* muertas por depredación (Menéndez *et al.* 2007, Fimia *et al.* 2010b).

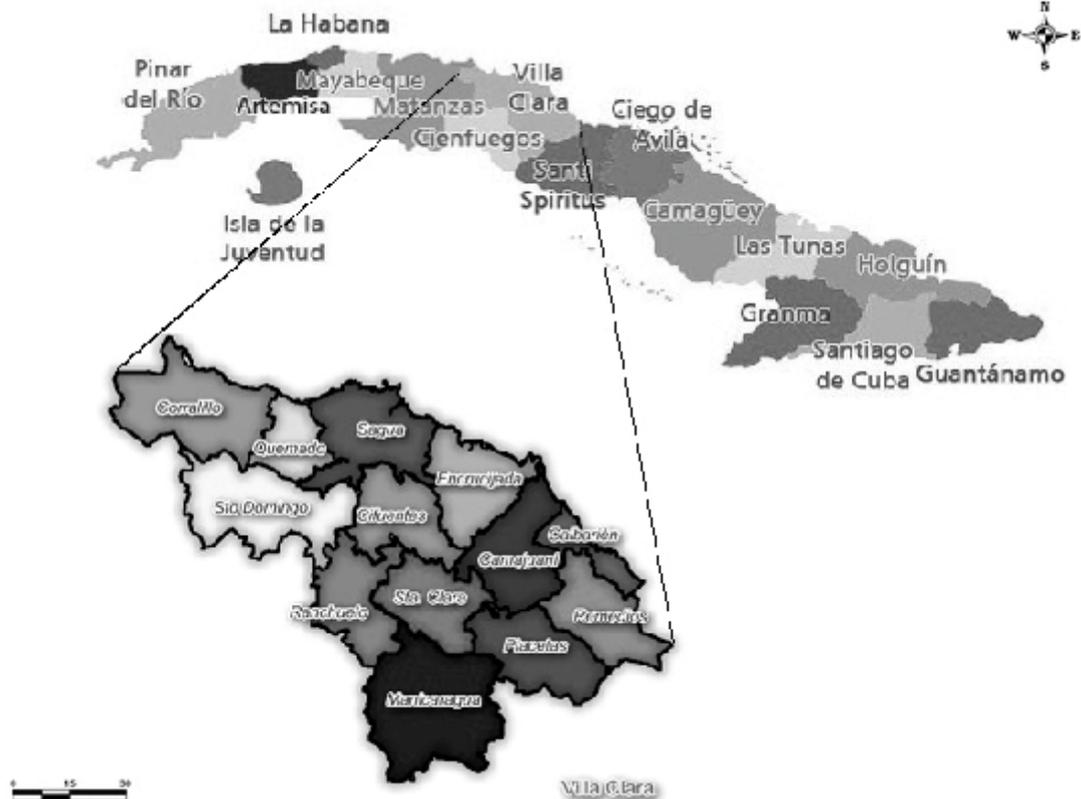


Figura 1. Mapa político administrativo de Cuba y la provincia Villa Clara.

Los resultados obtenidos en el experimento de depredación sobre culícidos de *M. aspericornis* fueron procesados mediante un análisis de varianza (ANOVA) simple y la prueba de Bonferroni post-ANOVA. Se utilizó el paquete estadístico computarizado STATGRAPHICS Plus versión 5.0 para el procesamiento de los datos.

Finalmente, se compararon los tratamientos químico y biológico para el control de culícidos, el tratamiento químico fue a base del

insecticida Propoxur, y los biológicos, uno con *Bacillus thuringiensis israelensis* Berliner 1915 y el otro a base de peces larvívoros.

Aspectos éticos: Los procedimientos experimentales con los organismos biológicos siguieron las pautas de la “Institutional Animal Care and Use Committee” (IACUC) (APA 2012), minimizando el número de los organismos empleados, repeticiones y empleando las tres Rs “Rs-reemplazamiento, reducción, y refinamiento” (Mukerjee 1997).

RESULTADOS

Se identificaron 11 especies de peces larvívoros, siendo los municipios de Sagua (10), Quemado y Caibarién (8), seguidos de Corralillos y Encrucijada (7), los de mayor riqueza de especies. En relación con la abundancia de especies por municipios,

resultaron ser *Gambusia punctata* (Poey, 1854) (13), *Girardinus metallicus* (Poey, 1854) (13) *Poecilia reticulata* Peters, 1859 (13), *Limia vittata* (Poey, 1854) (12) y *Nandopsis tetracanthus* (Valenciennes, 1831) (10), las especies mejor representadas y distribuidas, y con mayor plasticidad ecológica (tabla 1).

Tabla 1. Especies de peces identificados en los ecosistemas fluviales de la provincia de Villa Clara, Cuba.

Municipios	Especies de peces											Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Corralillo	+	-	-	+	+	-	+	+	+	-	+	7
Quemado	+	-	+	+	+	-	+	+	+	-	+	8
Sagua	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	10
Encrucijada	+	-	+	+	-	-	+	+	+	-	+	7
Camajuaní	+	+	+	+	-	-	+	-	-	-	+	6
Remedios	+	-	+	+	-	+	+	-	-	-	+	6
Caibarién	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+	-	8
Santa Clara	+	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-	5
Placetas	+	+	+	+	-	-	+	-	-	-	+	6
Cifuentes	+	-	+	+	-	-	+	-	-	-	+	5
Santo Domingo	+	-	+	+	-	-	+	-	-	-	+	5
Ranchuelo	+	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	4
Manicaragua	+	+	+	+	-	-	+	-	-	-	+	6
Total	13	5	12	13	4	1	13	5	5	2	10	

Leyenda: 1 *Gambusia punctata*, 2 *Gambusia puncticulata*, 3 *Limia vittata*, 4 *Girardinus metallicus*, 5 *Girardinus falcatus*, 6 *Girardinus microdactylus*, 7 *Poecilia reticulata*, 8 *Dormitator maculatus*, 9 *Cyprinodon variegatus*, 10 *Gambusia rizophorae*, 11 *Nandopsis tetracanthus*.

De las 11 especies de peces identificadas en la provincia, cinco poseen buenas cualidades biorreguladoras sobre las larvas de mosquitos. Esto se determinó en base a los criterios señalados por Koldenkova & García (1990), las que resultaron ser: *G. punctata*, *Gambusia puncticulata* Poey, 1854, *L. vittata*, *G. metallicus* y *P. reticulata*, representando el 45,5% del total de especies identificadas. En la figura 1 se reflejan las proporciones de estas especies en los 13 municipios, no existiendo diferencias significativas ($p > 0,10$).

En relación con la entomofauna de culícidos, las especies más comunes y ampliamente distribuidas en la provincia resultaron ser *Anopheles albimanus* C. R. G. Wiedemann, 1820, *Ochlerotatus mediovittatus* (Coquillett, 1906), *O. taeniorhynchus* Wiedemann, 1821, *Psorophora confinnis* Arribalzaga, 1891, *C. quinquefasciatus*, *C. nigripalpus* Theobald, 1901, estando presente en los 13 municipios, seguidas por *O. scapularis* Rondani, 1848, *P. ciliata* Fabricius, 1794 y *C. corniger* Theobald, 1903 (12 municipios) y por último,

Uranotaenia sapphirina Osten Sacken, 1868 (9 municipios).

Los municipios con mayor riqueza de especies de culícidos fueron: Remedios (31), Santa Clara (27), Placeta (26), Ranchuelo (20) y Camajuani con (19), el resto tuvo una distribución algo similar. Del total de especies de culícidos presentes en la provincia, ocho

son las que representan el mayor riesgo potencial desde el punto de vista epidemiológico: *A. albimanus*, *Stegomyia aegypti* (Linnaeus, 1762), *Ochlerotatus sollicitans* (Walker, 1856), *Oc. taeniorhynchus*, *P. confinnis*, *C. quinquefasciatus*, *C. nigripalpus* y *U. sapphirina*.

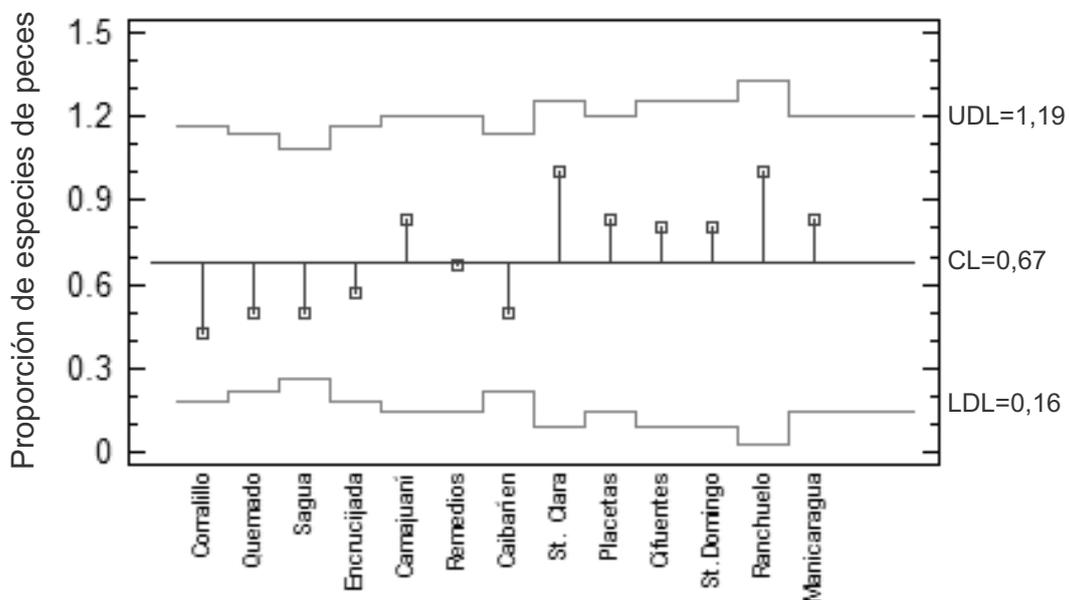


Figura 1. Gráfico de proporciones de especies de peces biorreguladoras en los municipios de Villa Clara, Cuba, para un nivel de confianza de 95%. UDL=Límite de detección Superior. LDL=Límite de detección inferior. CL=Límite Central.

Al comparar las proporciones de estas especies de mosquitos en los municipios de la provincia, no existieron diferencias significativas, para un nivel de confianza de 95%. Se pudieran clasificar las proporciones en altas, con valores superiores a la media (0,36) para Corralillo, Quemado, Sagua, Santo Domingo, Cifuentes, Encrucijada, Camajuani, y Manicaragua y bajas, con valores inferiores a

la media. Como se observa, no se detectaron diferencias significativas entre municipios. Los municipios de Santa Clara, Ranchuelo y Placetas que poseen proporciones 0,259, 0,35 y 0,26 respectivamente han tenido focos por *St. aegypti* y en el caso del primero, se mantiene con infestación establecida para dicho vector (figura 2).

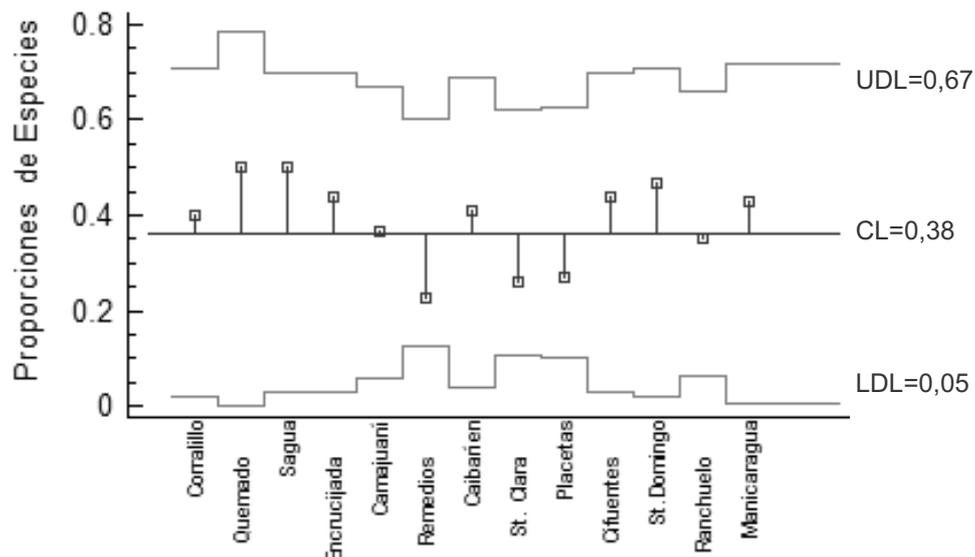


Figura 2. Gráfico de proporciones de principales especies de mosquitos en los municipios de Villa Clara, Cuba, para un nivel de confianza de 95%. UDL=Límite de detección Superior. LDL=Límite de detección inferior. CL=Límite Central.

En la tabla 2 se muestran los resultados de la depredación al utilizar diez copépodos de *M. aspericornis*. Ante 40 y 60 larvas de primer estadio de *C. quinquefasciatus* fue eficaz, inclusive cuando se le agregaron 80 larvas el por ciento es aun alto. Por lo cual, para estas tres densidades larvarias, no difieren los porcentajes de depredación entre sí, y hay

diferencias entre los porcentajes a medida que se incrementa el número de larvas al ser la depredación menor. Diez copépodos resultan insuficientes para depredar 150 larvas de *C. quinquefasciatus*, no encontrándose diferencias significativas en las medias de depredación entre las densidades de 100 y 150, pero sí entre esta última y la de 80.

Tabla 2. Depredación con 10 individuos del copépodo *Mesocyclops aspericornis* sobre diferentes densidades de larvas de primer estadio de *Culex quinquefasciatus* a 24 h de exposición.

Número de Larvas de mosquito	Porcientos de depredación	Medias de depredación
40	99,4 a	39,7 d
60	99,2 a	59,5 c
80	96,3 a	77,0 b
100	80,0 b	81,2 b
150	53,8 c	80,7 a

(a, b, c, d): Valores medios con letras minúsculas diferentes difieren por Bonferroni a un $P < 0,05$.

La figura 3 muestra los resultados que indican una tendencia al incremento de la mortalidad de las larvas por depredación en la medida que la densidad de copépodos aumenta, disminuyendo ante 5 copépodos. El ANOVA corrobora que estas diferencias entre las medias de todos los tratamientos son significativas entre sí, en orden ascendente. Con todo lo analizado puede asumirse que a 24 h exposición, la eficiencia depredadora no supera las ocho larvas por copépodos.

En la tabla 3 están plasmados los resultados del costo/riesgo en base a la comparación de tres tratamientos empleados en el control de culícidos en Villa Clara, Cuba. Se aprecia que el precio del Propoxur, es el más alto, este

producto persiste durante por un tiempo reducido, por lo que hay que aplicarlo varias veces en el año; además, tiene un peligro de intoxicación mediano para las personas y provoca daños a la fauna natural y acompañante. *Bacillus thuringiensis israelensis* utilizado para disminuir las poblaciones de mosquito, tiene un costo de intermedio por unidad y persiste hasta dos meses, y no causa peligro de intoxicación ni daño a la fauna natural. Los peces larvívoros constituyen el tratamiento de menor costo, presentan una persistencia permanente, por lo que hay que aplicarlo una sola vez al año. No causan ningún peligro de intoxicación a las personas ni daño a la biodiversidad, si se utilizan especies endémicas (Tabla 3).

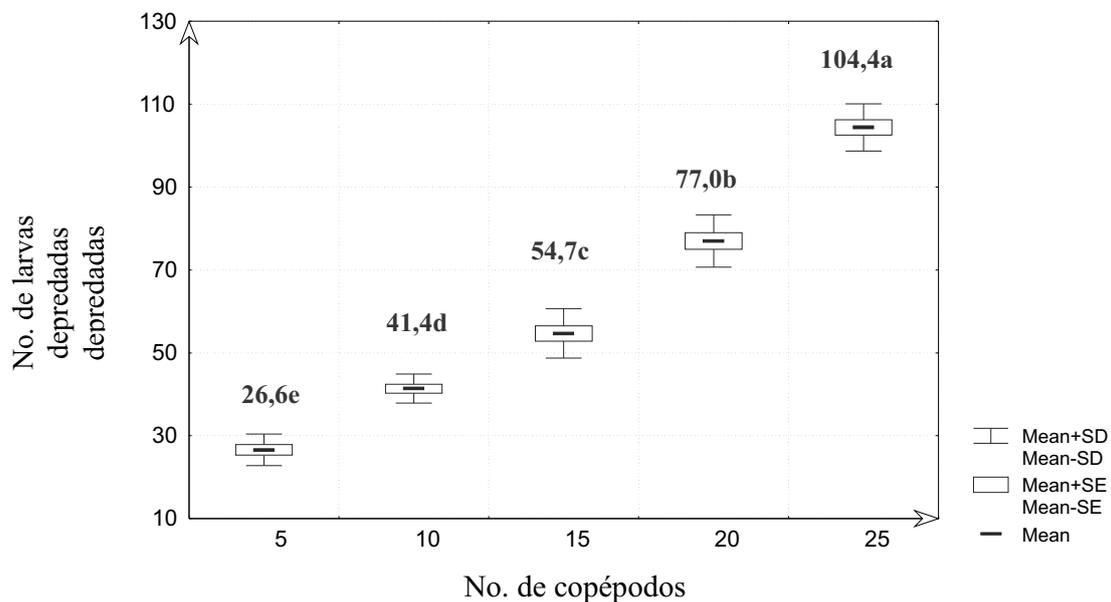


Figura 3. Variación en el número de larvas de primer estadio del mosquito *Culex quinquefasciatus* depredadas según cinco densidades del copépodo *Mesocyclops aspericornis*. (a, b, c, d, e): Valores medios con letras minúsculas diferentes difieren por Bonferroni a un $P < 0,05$. Mean = Promedio. SD = Desviación estándar. SE = Error estándar.

Tabla 3. Análisis del costo/riesgo de tres tratamientos utilizados en el control de las poblaciones larvales de los mosquitos en Villa Clara, Cuba.

Parámetros a comparar	Propoxur	<i>Bacillus thuringiensis israelensis</i>	Peces larvívoros
Costo por Unidad (CUC)	11,05 x L	7,00 x L	0
Persistencia	48 – 72 h	7 a 60 días	Permanente
# aplicaciones por año	12 - 16	3 - 6	1
Peligro de intoxicación	Mediano	Ninguno	Ninguno
Daño a la fauna natural y acompañante	Sí	Ninguno	Mínimo

Fauna natural: se refiere a los insectos útiles como abejas y mariposas. Fauna acompañante: se refiere a organismos con potenciales biorreguladoras como nemátodos, insectos acuáticos y copépodos.

DISCUSIÓN

En relación con las especies de peces larvívoros colectadas en la provincia, constituyen los poecílidos los de mayor representatividad e incluso los más diversos y con mayor riqueza de especies dentro de los biocontroladores fluviales (Hernández *et al.* 1999, Fimia *et al.* 2009ab, 2015c). Sin embargo, en nuestra investigación se comprobó la disminución de las densidades poblacionales del poecílido endémico *G. punctulata*, lo cual se venía señalando desde años anteriores en otras provincias del país, como Sancti Spiritus y Camaguey (Fimia *et al.* 2003, Diéguez *et al.* 2012). Todo parece indicar una multicausalidad en el efecto anteriormente señalado; donde tienen un papel fundamental las introducciones de peces alóctonos realizadas por la acuicultura con fines alimentarios, en especial, Tilapia, Tenca y Claria (Quesada 2000, Fimia *et al.* 2014), por lo que debemos priorizar, dentro de lo posible, las especies autóctonas (OMS 1982, Fimia *et al.* 2015c).

Dado la cantidad de especies con mejores potencialidades biorreguladoras, todos los municipios se encuentran en condiciones de enfrentar determinada situación epidémica de transmisión vectorial por mosquitos, ya que tienen una cobertura y representatividad aceptable, resultados que coinciden con los obtenidos a nivel de país, la provincia y el municipio de Placetas en años anteriores (Fimia *et al.* 2009ab, Fimia *et al.* 2010a, Fimia *et al.*, 2015ab).

La provincia Villa Clara posee 63,2 % de las especies de culcídidos reportados en Cuba por González (2006). Su distribución es similar a la reportada por Marquetti *et al.* (1999) y Aguilera *et al.* (2000) para la ciudad de La Habana, y con Rodríguez *et al.* (2006) para la provincia Villa Clara. Nuestra investigación reviste suma importancia, pues al conocer las especies de mosquitos presentes, y relacionarlos con el resto de los grupos zoológicos en la provincia se enriquecen los conocimientos necesarios para la elaboración de los programas de control dirigidos a la

disminución poblacional de dichos vectores y por tanto las enfermedades que transmiten (Borjas *et al.* 1993, Acha & Szyfres 2003, Charrel *et al.* 2007, Fimia *et al.* 2012, 2015ab). Las ocho especies de culícidos presentes en la provincia y que representan el mayor riesgo potencial desde el punto de vista epidemiológico resultaron ser: *A. albimanus*, *S. aegypti*, *O. sollicitans*, *O. taeniorhynchus*, *P. confinnis*, *C. quinquefasciatus*, *C. nigripalpus* y *U. sapphirina*, por estar implicadas en la transmisión de enfermedades infecciosas como malaria, dengue, Chikungunya, Fiebre del Nilo Occidental, fiebre amarilla, filariosis y Encefalitis Equina (Fimia *et al.*, 2015ab).

En Cuba se reportaron los tres primeros casos positivos de infección en humanos por el Virus del Nilo Occidental en el año 2005, dos en Jatibonico (municipio Sancti Spíritus) y uno en Caibarién, municipio de la provincia Villa Clara (Cruz & Cabrera 2006).

La utilización de los copépodos como una nueva alternativa dentro del control biológico ha demostrado ser un método relativamente barato, requiere poca mano de obra para el mantenimiento de la colonia, pueden ser transportados con facilidad, y de fácil aplicación (Fimia *et al.* 2010b, Soumare & Cilek 2011), que junto con peces larvívoros, bacterias esporógenas (*B. thuringiensis israelensis* y *Lysinibacillus sphaericus* Ahmed, Yokota, Yamazoe & Fujiwara, 2007) y los insectos acuáticos, ponen en nuestras manos todo un arsenal en la lucha contra las larvas de mosquitos (Baumann *et al.* 1991, Ahmed *et al.* 2007, Gómez-Romero *et al.* 2009).

Se pudo verificar que *M. aspericornis* resultó ser un depredador activo de larvas de primer estadio de *Cx. quinquefasciatus*, la depredación se manifestó denso-dependiente en relación al depredador *Me. aspericornis* (Fimia *et al.* 2008, 2010b, Fimia *et al.* 2015d). El incremento en la densidad del depredador

fue proporcional al número de larvas consumidas. El 87% de mortalidad larvaria al cabo de 24 h es superior al obtenido por Brown *et al.* (1991) donde la mortalidad de 25 larvas de primer estadio de *C. quinquefasciatus* por litro ante 25 copépodos adultos de la especie *M. aspericornis* durante 72 h fue de 81% bajo condiciones de laboratorio.

Kay *et al.* (1992) refieren una mortalidad del 70% de 200 larvas de *C. quinquefasciatus* ante 25 especímenes de *M. aspericornis*, aunque con la especie *M. longisetus* (Thiébaud, 1912) se obtuvo una mayor mortalidad para igual densidad larvaria, explicando que puede ser debido al tamaño del depredador, *M. aspericornis* posee una talla aproximada menor (1,5 mm) comparada con *M. longisetus* (1,62 mm) (Suárez-Rubio & Suárez 2004, Soumare & Cilek 2011).

La actividad depredadora de 10 copépodos sobre distintas densidades larvarias aumentó proporcionalmente hasta la cantidad de 80 larvas de *C. quinquefasciatus* por copépodo en 24 h, lo cual se encuentra en el rango reportado por otros autores que consideran un promedio de 2 a 30 larvas consumidas por día dependiendo de la especie de copépodo (Suárez-Rubio & Suárez 2004, Hołynska 2006, Kay & Nam 2005, Marten & Reid 2007, Soumare & Cilek 2011).

Nuestros resultados sobre la evaluación del costo, riesgo y beneficio de los tratamientos químicos y biológicos, concuerdan con los obtenidos por Mathur (2003) y Boyce & Brown (2003), quienes afirman que el control biológico con peces es superior, más efectivo y económico que los controles químicos. La utilización de peces autóctonos no necesita capital para adquirir la materia prima a utilizar, lo que difiere de los otros tratamientos empleados; esto se debe fundamentalmente a que estas especies de peces se crían de forma silvestre en nuestros ecosistemas fluviales naturales y de aquí son capturadas y sembradas

en las fuentes artificiales, que muchas veces facilitan la proliferación de mosquitos. Se le une a estos las bacterias esporógenas, los microcrustáceos copépodos, insectos acuáticos y nemátodos; el control vectorial integrado.

Se concluye que las especies de peces larvívoros con mayores potencialidades biorreguladores son *G. punctata*, *G. metallicus* y *L. vittata*, siendo los municipios de Sagua, Quemado, Caibarién, Corralillo y Encrucijada los que mayor disponibilidad poseen, tanto en especies de peces, como en abundancia y distribución. Se evidenció que el empleo de organismos biológicos en la regulación de las poblaciones larvales de mosquitos es relativamente fácil, económico y no causa daño al ecosistema (Howard *et al.* 2007, Ramírez-Lepe & Ramírez-Suero 2012, Walshe *et al.* 2013).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acha, P.N. & Szyfres, B. 2003. *Zoonosis y enfermedades transmisibles comunes al hombre y los animales*. 3^{ra} ed. La Habana: Editorial Científico-Técnica. 292 pp.
- Aguilera, L.; González, M.; Marquetti, M.C.; Capin, J.L. & Fustes, C. 2000. Incidencia de *Aedes (S) aegypti* y otros culícidos en el municipio Playa, Ciudad de La Habana. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 52:174-189.
- Ahmed, I.; Yokota, A.; Yamazoe, A. & Fujiwara, T. 2007. Proposal of *Lysinibacillus boronitolerans* gen. nov. sp. nov., and transfer of *Bacillus fusiformis* to *Lysinibacillus fusiformis* comb. nov. and *Bacillus sphaericus* to *Lysinibacillus sphaericus* comb. nov. *International Journal of Systematic Evolutionary Microbiology*, 57: 1117-1125.
- American Psychological Association (APA). 2012. *Guidelines for ethical conduct in the care and use of nonhuman animals in research*. July 2012. Washington. 14 p.
- Arenas, V.R. & Carvajal, P.L. 2012. Influencia de los cambios climáticos en la definición del sexo en el *Aedes aegypti* y su implicación en las epidemias de dengue. *Revista Facultad de Salud*, 4: 11-24.
- Baumann, P.; Clark, M.A.; Baumann, L. & Broadwell, A.H. 1991. *Bacillus sphaericus* as a mosquito pathogen: properties of the organism and its toxins. *Microbiological Reviews*, 55: 425-436.
- Beserra, E.B.; de Castro, F.P.Jr.; dos Santos, J.W.; Santos, T.S. & Fernandes, C.R. 2006. Biology and thermal exigency of *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) from four bioclimatic localities of Paraíba. *Neotropical Entomology*, 35: 853-860.
- Borjas, G.; Marten, G.G. & Fernández, E. 1993. Juvenile turtles for mosquito control in water storage tanks. *Journal of Medical Entomology*, 30: 943-946.
- Boyce, K.W. & Brown, D.A. 2003. Integrated vector management guidelines for adult mosquitoes. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 19:448-451.
- Brenda, T.B.; James, A.A. & Bruce, M.C. 2000. Genetics of Mosquito Vector Competence. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 64: 115-137.
- Brown, M.D.; Kay, B.H. & Greenwood, J.G. 1991. The predation efficiency of north-eastern Australian *Mesocyclops* (Copepoda: Cyclopoida) on mosquito larvae. *Bulletin of Plankton Society of Japan Special*: 329-338.
- Chandra, G.; Bhattacharjee, I.; Chatterjee, S.N. & Ghosh, A. 2008. Mosquito control by larvivorous fish. *The Indian Journal of Medical Research*, 127:13-27.

- Charrel, R.N.; de Lamballerie, X. & Raoult, D. 2007. Chikungunya outbreaks-the globalization of vectorborne diseases. *The New England Journal of Medicine*, 356: 769-771.
- Cruz, C.P.A. & Cabrera, M.V.C. 2006. Caracterización entomológica-ecológica de casos y sospechosos del Virus del Nilo Occidental en la provincia Sancti Spiritus, Cuba. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 58: En: http://bvs.sld.cu/revistas/mtr/vol58_3_06/mtr10306.htm
- Das, P.K. & Amalraj, D.D. 1997. Biological control of malaria vectors. *The Indian Journal of Medical Research*, 106: 174-197.
- Dia, I.; Diop, T.; Rakotoarivony, I.; Kengne, P. & Fontenille, D. 2003. 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 (Ngari, Senegal). *Journal of Medical Entomology*, 40: 279-283.
- Diéguez, F.L.; Alalcón-Elbal, P.M.; Mantecón, E.M.; Aço, F.L.; Fimia, D.R. & Rodríguez de la Veja, R. 2012. Entomological remarks on *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) in Camaguey, Cuba. *Journal of Mosquito Research*, 2: 19-24.
- Ferguson, N.M.; Cucunubá, Z.M.; Dorigatti, I.; Nedjati-Gilani, G.L.; Donnely, C.A.; Basañez, M.G.; Nouvellet, P. & Lessler, J. 2016. Countering the Zika epidemic in Latin America. *Science*, 10.1126/Science.aag019.
- Fernández, W.; Iannaccone, J.; Rodriguez, E.; Salazar, N. & Valderrama, B. 2005a. Comportamiento poblacional de larvas de *Aedes aegypti* para estimar los casos de dengue en Yurimaguas, Perú, 2000-2004. *Revista peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 22: 175-182.
- Fernández, W.; Iannaccone, J.; Rodriguez, E.; Salazar, N. & Valderrama, B. 2005b. Distribución espacial, efecto estacional y tipo de recipiente más común en los índices entomológicos larvarios de *Aedes aegypti* em Yurimaguas, Perú, 2000-2004. *Revista peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 22: 191-199.
- Ferraguti, M.; Martínez de la Puente, J.; Roiz, D.; Ruiz, S.; Soriguer, R. & Figuerola, J. 2016. Effects of landscape anthropization on mosquito community composition and abundance. *Scientific Reports*, 6: 29002: DOI: 10.1038/srep29002.
- Fimia, R.; Hernández, N.; Berovides, V.A. & Gutiérrez, A.A. 2003. Afectaciones a la ictiofauna larvívora nativa causada por peces exóticos introducidos en criaderos de mosquitos del municipio Yaguajay, Sancti Spiritus, Cuba. Año 2000-2001. *Revista Infociencia*, 7: Disponible en: <http://www.magon.cu/publica/infociencia/> leído el 18 de noviembre 2007.
- Fimia, D.R.; Quiñones, R.R.; Menéndez, D.Z.; Corona, S.E. & Sánchez, V.L. 2008. Actividad depredadora de *Mesocyclops aspericornis* sobre larvas de *Culex quinquefasciatus*. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 60: Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0375-07602008000300004 leído el 15 de abril del 2016.
- Fimia, D.R.; Castillo, C.J.; Cepero, R.O. & Corona, S.E. 2009a. Eficacia del control de larvas de mosquitos (Diptera: Culicidae) con peces larvívoros. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 61: http://www.bvs.sld.cu/revistas/mtr/vol61_2_09/mtr12209.htm leído el 15 de abril del 2016.
- Fimia, D.R.; Hernández, C.N.; Argota, P.G.; Diéguez, F.L. & Ramírez, L.M. 2009b. Impacto de los peces alóctonos introducidos en ecosistemas fluviales de

- la provincia Sancti Spíritus, Cuba. Revista Investigaciones, 5: 1-12.
- Fimia D.R.; Castillo, C.J.; Cepero, R.O. & González, G.R. 2010a. Eficacia del control de larvas de mosquitos (Diptera: Culicidae) con peces larvívoros en Placetas, provincia Villa Clara, Cuba. Revista Electrónica Veterinaria, Redvet, 11 (03B). Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet> leído el 15 de abril del 2016.
- Fimia, D.R.; Menéndez, D.Z.; Quiñones, R.R.; Reid, J.; Corona, S.E. & Sánchez, V.L. 2010b. En torno a la depredación experimental de larvas de mosquitos por el copépodo *Mesocyclops aspericornis* (Copepoda: Cyclopoida). Revista Electrónica Veterinaria, Redvet, 11 (03B): Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet> leído el 15 de abril del 2016.
- Fimia, D.R.; Oses, R.R.; Otero, M.M.; Dieguez, F.L.; Cepero, R.O.; González, G.R.; Silveira, P.E.A. & Corona, S.E. 2012. El control de mosquitos (Diptera: Culicidae) utilizando métodos biomatemáticos en la provincia de Villa Clara. Revista Electrónica Veterinaria, Redvet, 13: 03.
- Fimia, D.R.; Iannacone, J.; RocheFernández, D.; Cruz-Camacho, L. & López-Grimardit, E. 2014. Epidemiological risk and zoonotic diseases in urban communities from the Municipality of Santa Clara, Cuba. The Biologist (Lima), 12: 225-239.
- Fimia, D.R.; Marquetti, F.M.; Iannacone, J.; Hernández, C.N.; Gonzáles, M. G.; Poso, S.M.C. & Cruz, R. G. 2015a. Factores antropogénicos y ambientales sobre la fauna de culícidos (Diptera: Culicidae) de la provincia Santi Spiritus, Cuba. The Biologist (Lima), 13: 53-74.
- Fimia, D.R.; Castañeda, L.W.; González, G.R.; Fábrega, O.G.; Iannacone, J.; López, S.C. & Zaita, F.Y. 2015b. Entomofauna de mosquitos (Diptera: Culicidae) de las provincias Sancti Spíritus y Villa Clara, Cuba. The Biologist (Lima), 13: 173-182.
- Fimia, D.R.; Marquetti, F.M.; Sánchez, V.L.; Alegret, R.M.; Hernández, C.N.; Iannacone, J. & Gonzalez, M.G. 2015c. Factores antropogénicos y ambientales que inciden sobre la ictiofauna larvívora fluvial de la provincia de Sancti Spiritus, Cuba. Neotropical Helminthology, 9: 211-234.
- Fimia, D.R.; Mondelo, R.E.; Hernández, C.N.; Menéndez, D. Z.; Cruz, C.L. & Álvarez, V.R. 2015d. The copepods (Crustacean: Copepods) and fish (Osteichthyes) that inhabit in the fluvial ecosystem from Sancti Spiritus Province, Cuba, International Journal of Current Research, 7: 17387-17392.
- Ghosh, A.; Mandal, S.; Bhattacharjee, I. & Chandra, G. 2005. Biological control of vector mosquitoes by some common exotic fish predators. Turkish Journal of Biology, 29: 167-171.
- Gómez Romero, S.E.; Hernández Rodríguez, C.Z. & Corrales Ramírez, L.C. 2009. *Bacillus sphaericus*: biocontrolador de vectores que producen malaria, fiebre amarilla y dengue. NOVA - Publicación Científica en Ciencias Biomédicas, 7: 111-174.
- González, B.R. 2006. *Los culícidos de Cuba*. Editorial Científico Técnica, La Habana, Cuba.
- Guzmán, M.G. & Kourí, G. 2002. Dengue: an update. The Lancet Infectious Diseases, 2: 33-42.
- Guzmán, M.G.; Kourí, G.F. & Bravo, J. 1999. La emergencia de la fiebre hemorrágica del dengue en las Américas. Reemergencia del dengue. Revista Cubana de Medicina Tropical, 51: 5-13.
- Hernández, C.N.; Fimia, D.R.; Rojas, U.J. & García, A.I. 2005. Metodología para valorar el potencial y la capacidad depredadora de los peces larvívoros mediante observaciones directas en el

- laboratorio. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 57: 2-6.
- Hernández, C.N.; Torres, A.; Ramírez, M.; García, I.; Menéndez, Z. & Castro, J. 1999. Comportamiento de peces dulceacuícolas en contacto con *Salmonella enteritidis* var. danysz, La Habana, Cuba. *Revista Peruana de Biología*, 6: 131-136.
- Hołynska, M. 2006. Phylogeny of *Mesocyclops* (Copepoda: Cyclopidae) inferred from morphological characters. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 147:1-70.
- Howard, A.F.V.; Zhou, G. & Omlin, F.X. 2007. Malaria mosquito control using edible fish in western Kenya: preliminary findings of a controlled study. *BMC Public Health*, 7:199.
- Iannacone, J.; Alvarino, L. & Mansilla, J. 2002. Actividad insecticida de cuatro extractos botánicos sobre larvas de los mosquitos *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) y *Chironomus calligraphus* (Diptera: Chironomidae). *Wiñay Yachay*, 6: 56-71.
- Kay, B.H.; Cabral, C.P.; Sleight, A.C.; Brown, M.D.; Ribero, Z.M. & Vasconcelos, A.W. 1992. Laboratory evaluation of Brazilian *Mesocyclops* (Copepoda: Cyclopoida) for mosquito control. *Journal of Medical Entomology*, 29:599-602.
- Kay, B.H. & Nam, V.S. 2005. New strategy against *Aedes aegypti* in Vietnam. *Lancet*, 365:613-617.
- Koldenkova, L. & García, A.I. 1990. *Clave pictórica para las principales especies de peces larvívoros de Cuba*. La Habana: IPK/Poligráfico «Pablo de la Torriente Brau», pp.56.
- Lebl, K.; Zitra, C.; Silbermayr, K.; Obwaller, A.; Berer, D.; Brugger, K.; Walter, M.; Piniór, B., Fuehrer, H.P. & Rubel, F. 2015. Mosquitoes (Diptera: Culicidae) and their relevance as disease vectors in the city of Vienna, Austria. *Parasitology Research*, 114: 707-713.
- Luciano, P.G.C.; Ricardo, J.P.; Ferreira, A.C.; Francisco, J.; Rodrigo, L.F. & José, L. 2007. Efficacy of fish as predators of *Aedes aegypti* larvae under laboratory conditions. *Revista de Saúde Pública*, 41: Disponible en: [http://www.scielosp.org/pdf/rsp/v41n4/en_5930.pdf] [Consulta 25 de marzo 2008]
- Manguin, S. & Boëte, C. 2011. *Global impact of mosquito biodiversity, human vector-borne diseases and environmental change, The importance of biological interactions in the study of biodiversity*. López-Pujol, J. (Ed.). InTech, Available from: http://www.intechopen.com/books/the-importance-of-biological-interactions-in-the-study-of-biodiversity/global-impact-of-mosquito-biodiversity-human-vector-borne-diseases-and-environmental-change leído el 15 de mayo del 2016.
- Marten, G. & Reid, J. 2007. *Cyclopoid copepods*. In: Floore, T.G. (ed.), *Biorational control of mosquitoes*. American Mosquito Control Association Bulletin, 7:65-92.
- Mathur, S.J.N. 2003. Developing larvivororous fish network for mosquito control in urban areas: A case study. *Indian Council of Medical Research Bulletin*, 33: 69-73.
- Marquetti, M.C.; Aguilera, D.G. & Navarro, L.A. 1999. Índices ecológicos en el sistema de vigilancia de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) en Cuba. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 51:79-82.
- Méndez, R.J.; Fimia, D.R.; González, O.I. & Moreno, M.R. 2012. Clave pictórica para identificar géneros de mosquitos Cubanos en su etapa larval. *REDVET Revista electrónica veterinaria*, 13: 05B.
- Menéndez, Z.; Reid, J.W. & Fimia, R. 2007. New records of species of the genus *Mesocyclops* (Copepoda, Cyclopoida)

- from Cuba. *Crustaceana*, 80: 1025-1031.
- Mukerjee, M. 1997. Trends in Animal Research. *Scientific American*, pp. 86-93.
- Ngoagouni, C.; Kamgang, B.; Nakouné, E.; Paupy, C. & Kazanji, M. 2015. Invasion of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) into central Africa: what consequences for emerging diseases?. *Parasites & Vectors*, 8:191.
- Organización Mundial de la Salud (OMS/WHO). 1982. Informal consultations on the use of fish for mosquito control. WHO/VBC/82/838/. pp.50.
- Pandey, B.D.; Morita, K.; Khanal, S.R.; Takasaki, T.; Miyazaki, I.; Ogawa, T.; Inoue, S. & Kurane, I. 2008. Dengue virus, Nepal. *Emerging Infection Diseases*, [serial on the Internet]. Disponible en : <http://wwwnc.cdc.gov/eid/article/14/3/07-0473> leído en marzo del 2008.
- Pérez, D. & Iannacone, J. 2004. Efecto insecticida de Sacha yoco (*Paullinia clavifera* var. *bullata* Simpson) (Sapindaceae) y oreja de tigre (*Tradescantia zebrina* Hort ex Bosse) (Commelinaceae) en el control de *Anopheles benarrochi* Gabaldon, Cova, García y López, 1941, principal vector de malaria en Ucayali, Perú. *Ecología Aplicada*, 3: 64-72.
- Pérez-Vigueras, I. 1956. *Los ixódidos y culícidos de Cuba, su historia natural y médica*. Ed. Univ. La Habana. 579 pp.
- Ponce de León García, J.L. & Rodríguez Silva 2010. *Peces cubanos de la familia Poeciliidae. Guía de campo*. Universidad de La Habana, Cuba. Editorial Academia La Habana, 2010. 38 pp.
- Ponce de León García, J.L.; Acosta, Cruz, M.; Uribe Aranzabal, M.C. & García Machado, E. 2014. Biología de peces dulceacuícolas de Cuba. *Revista Anales de la Academia de Ciencias de Cuba*, 4: 1-10.
- Quesada, R.G. 2000. *Los cultivos: vía fundamental para abastecer a la población*. Vanguardia 17 de Junio; Sect. A: 1 [Entrevista realizada al Ministro de la pesca de Cuba].
- Rodríguez, M.J; Cepero, R.O. & Rodríguez, R.A. 2006. Vigilancia y control en criaderos temporales y permanentes de culícidos en Villa Clara. *Revista Electrónica Veterinaria, Redvet*, 7: Disponible en : [<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n070706.html>][Consulta enero 2008]
- Ramírez-Lepe, M. & Ramírez-Suero, M. 2012. Biological Control of Mosquito Larvae by *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis*, *Insecticides-Pest Engineering*. Perveen, F. (Ed.), InTech, Available from : <http://www.intechopen.com/books/insecticides-pest-engineering/biological-control-of-mosquito-larvae-by-bacillus-thuringiensis-subsp-israelensis>.
- Suárez-Rubio M1, Suárez ME. 2004. The use of the copepod *Mesocyclops longisetus* as a biological control agent for *Aedes aegypti* in Cali, Colombia. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 20:401-404.
- Soumare, M.K.F. & Cilek, J.E. 2011. The effectiveness of *Mesocyclops longisetus* (Copepoda) for the control of container-inhabiting mosquitoes in residential environments. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 27:376-383.
- Turell, M.J.; Dohm, D.J.; Fernández, R.; Calampa, C. & O'Guinn, M.L. 2006. Vector competence of Peruvian mosquitoes (Diptera: Culicidae) for a subtype IIC virus in the Venezuelan equine encephalomyelitis complex isolated from mosquitoes captured in Peru. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 22:70-75.

Walshe, D.P.; Garner, P.; Abdel-Hameed A.A:
Pyke, G.H. & Burkot, T. 2013.
Larvivorous fish for preventing malaria
transmission. The Cochrane Database of
Systematic Review, 10: 1–65.

Received July 1, 2016.
Accepted August 31, 2016.