

Control químico y biológico de larvas de *Aedes aegypti* en la costa norte de Jalisco, México

Chemical and biological control on *Aedes aegypti* larvae in the northern coastal region of Jalisco, Mexico

Juan D. Galavíz-Parada,^I Fernando Vega-Villasante,^I Fabio G. Cupul-Magaña,^{II} José L. Navarrete-Heredia,^{III} Luis E. Ruiz González,^I Manuel A. Vargas-Ceballos,^I Olimpia Chong-Carrillo^I

^I Laboratorio de Calidad de Agua y Acuicultura Experimental. Centro de Investigaciones Costeras. Universidad de Guadalajara. Puerto Vallarta, Jalisco, México.

^{II} Laboratorio de Artrópodos. Centro Universitario de la Costa. Universidad de Guadalajara. Puerto Vallarta, Jalisco, México.

^{III} Centro de Estudios en Zoología. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco, México.

RESUMEN

Introducción: el aumento de enfermedades transmitidas por mosquitos se ha asociado a cambios globales: el crecimiento de la población, la urbanización y el cambio climático. Dentro de las alternativas para evitar epidemias están el control químico y biológico.

Objetivos: determinar las concentraciones efectivas de tres compuestos químicos para el control de larvas de *Aedes aegypti* en la región costa norte de Jalisco, México, y evaluar la capacidad predatoria de diversas especies acuáticas sobre larvas de mosquitos.

Métodos: se evaluaron cinco concentraciones de temefos (1,5; 1; 0,1; 0,05 y 0,01 g/L), hipoclorito de sodio (5,5; 0,55; 0,05; 0,005 y 0,0005 g/L) y detergente (10; 5; 1; 0,5; 0,1 g/L). Se determinó la muerte de las larvas a 1, 3, 6 y 24 h y se calculó la CL₅₀. Se evaluaron cuatro especies de peces, un crustáceo y una larva de díptero culcideo. Se les suministraron diferentes cantidades de larvas (5, 10, 30, 50 y 80) por quintuplicado y se registró su consumo a diferentes tiempos (1, 3, 5, 9 y 24 h).

Resultados: el temefos provocó el 100 % de mortalidad en todas las concentraciones probadas. El NaClO provocó mortalidad del 100 % en las dos concentraciones más altas. El detergente fue más eficiente a las tres concentraciones mayores. Los peces demostraron un consumo de casi el 100 % en la mayoría de las densidades probadas. La larva de díptero culícido demostró un consumo cercano al 80 %, el crustáceo solo consumió el 53 %.

Conclusiones: el uso del temefos debe continuar siendo el larvicida químico de elección en Puerto Vallarta, México. La utilización de peces nativos se sugiere como adecuada para el control biológico.

Palabras clave: culícido; temefos; detergente; cloro; mosquito; mortalidad.

ABSTRACT

Introduction: the increase of diseases transmitted by mosquitoes has been associated to global changes such as the population growth, urbanization and climate change. Among the alternatives to avoid epidemics are the chemical and biological control.

Objectives: to determine effective concentrations of three chemical compounds to control *Aedes aegypti* larvae in the northern coastal region of Jalisco and to evaluate the predatory ability of various aquatic species on mosquito larvae.

Methods: five concentrations of temephos of (1.5, 1, 0.1; 0.05 and 0.01 g/L), sodium hypochlorite (5.5, 0.55, 0.05, 0.005 and 0.0005 g/L) and detergent (10, 5, 1, 0.5, 0.1 g/L) were evaluated. Larval death was estimated at different times (1, 3, 5, 9 and 24 h) and the LC50 was calculated. Four fish species, one crustacean and one dipteran culicid larva were evaluated. All were provided with different numbers of larvae (5, 10, 30, 50 and 80) five times and the larval consumption was recorded at different times (1, 3, 5, 9 and 24 h).

Results: temephos caused 100 % mortality of larvae in all tested concentrations. The NaClO caused 100% mortality at the two highest concentrations. The detergent was more efficient at the three higher concentrations. Fish proved to be efficient predators of larvae, as they consumed almost 100 % of larvae in most of tested densities. The diptera culicid larva reached around 80 % consumption whereas crustacean consumed only 53 %.

Conclusions: the use of temephos should remain the chemical larvicide of choice in Puerto Vallarta region. Native fish are suggested to be used as appropriate biological control agents.

Keywords: culicid; temephos; detergent; chlorine; mosquito; mortality.

INTRODUCCIÓN

Los mosquitos de la familia Culicidae pertenecen al orden Díptera y se encuentran en las regiones templadas y tropicales de todo el mundo con 3 549 especies, dos subfamilias y 112 géneros.¹ Sus larvas son acuáticas, los adultos pueden ser identificados por la venación alar, presentando escamas y proboscis larga. Algunas

de sus especies son de importancia en salud pública ya que son vectores de enfermedades tropicales.²

La especie *Aedes aegypti* (L.) es el principal vector de transmisión de enfermedades de importancia epidemiológica como el dengue, fiebre amarilla, chikungunya³ y actualmente la enfermedad producida por el virus Zika.⁴

Estas enfermedades se han incrementado por efecto de cambios globales como el climático.⁵ La única forma de evitar que se conviertan en epidemias es a través del control físico, químico y biológico del vector. Por lo tanto, es importante conocer la biología, comportamiento y los principales factores ambientales relacionados con los mosquitos vectores.⁶ Es así que parte del esfuerzo de investigación científica se debe orientar, entre otros aspectos hacia el establecimiento de la dosificación adecuada en el tratamiento químico y las alternativas para el control biológico de las larvas del vector.⁷ Por lo que el presente trabajo se fundamenta en tales premisas.

En la costa norte del estado mexicano de Jalisco, particularmente en el municipio de Puerto Vallarta, los casos de dengue clásico y hemorrágico son un problema significativo de salud pública. Para su contención, la Secretaría de Salud (dependencia del gobierno federal que se encarga primordialmente de la prevención de enfermedades y promoción de la salud de la población) realiza campañas de control de mosquitos adultos con nebulizaciones periódicas (rociado y dosificación espacial), y de control larvario con el uso de compuestos larvicidas (directamente en recipientes con agua que puedan servir de criaderos de larvas) en zonas urbanas, periurbanas y rurales. El compuesto de elección para el control de larvas es el temefos granulado al 1 %, el cual es suministrado gratuitamente en las casas.

A pesar de la probada eficiencia larvicida del temefos, en diversos países se ha comprobado que la dosificación indicada por las instituciones de salud y control epidemiológico puede resultar inefectiva. Lo anterior, se debe al aparente incremento de resistencia al larvicida por las poblaciones locales de mosquitos.⁸ Aunque el temefos se ha distribuido y publicitado como el primer controlador químico de larvas en Puerto Vallarta, en las campañas sanitarias del 2012-2014 de la Secretaría de Salud, se pudo constatar que la percepción de los pobladores de la zona era que la aplicación de hipoclorito de sodio (v. gr. Cloralex[®]) al 5,5 % y detergente en polvo de diferentes marcas comerciales (v. gr. Foca[®]) controlan los estadios inmaduros (larvas) de mosquitos (obs. pers. del primer autor de este trabajo) cuando son agregados en diferentes reservorios de uso doméstico.

De acuerdo con lo anterior, es importante dar a conocer a los pobladores de Puerto Vallarta, sobre la efectividad del cloro y los detergentes como controladores químicos alternativos de larvas de mosquitos, al no contar con el temefos. De igual forma, es necesario determinar si la dosis recomendada de temefos por las autoridades sanitarias mexicanas (1 g de temefos/10 L de agua, 0,1 p.p.m.), continúa siendo efectiva en el control larvario de poblaciones locales de mosquitos. Hasta el momento, no se tienen registros de recomendaciones oficiales y de los pobladores de Puerto Vallarta, sobre el empleo de especies de peces predadoras para el control biológico de larvas. Sin embargo, este tipo de control biológico se ha propuesto como efectivo, tanto en reservorios naturales como artificiales domésticos.⁹

En el municipio de Puerto Vallarta solo se ha realizado un estudio sobre el control de culicidos por una especie predadora. En este caso se observó que el crustáceo *Macrobrachium tenellum* depredó eficientemente larvas de *Ae. aegypti*; sin embargo, su uso está limitado a las zonas cercanas a su distribución natural.¹⁰

Tanto los peces nativos como otras especies acuáticas de la región, pueden ser alternativas más eficientes y prácticas para el control biológico de larvas, pues su manejo es sencillo y su captura o adquisición relativamente fácil y de bajo costo.¹¹ La utilización de especies exóticas como potenciales predadores de larvas, es también una opción para su uso en el control de vectores, como se ha demostrado con *Carassius auratus* y *Poecilia reticulata*.¹²

En este trabajo se evaluaron distintas concentraciones de cloro, detergente en polvo y temefos (1 %), sobre la mortalidad de larvas de *Ae. aegypti*; además, se evaluó la capacidad predatoria de cuatro especies de peces, una de crustáceo y otra de culícido sobre *Ae. aegypti*.

MÉTODOS

Los estudios se realizaron en las instalaciones del Laboratorio de Calidad de Agua y Acuicultura Experimental (LACUIC) del Centro Universitario de la Costa de la Universidad de Guadalajara (CUCOSTA), Puerto Vallarta, Jalisco, México, que se localiza en los 20° 42' 19.2" N y 105° 13' 16.2" O, elevación 10 m.

EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD LARVÍVORA

Obtención de larvas de *Ae. aegypti*

Se colectaron larvas del mosquito *Ae. aegypti* de los estadios tercero tardío y cuarto temprano.¹³

Las larvas fueron obtenidas de tres cepas suburbanas de criaderos temporales (cubetas de 20 L, ovitrampa color oscuro, gomas de motocicleta, charco temporal de aproximadamente un 1 m/dm y cubo de cemento para bomba de agua de 80 x 80 cm). Para la identificación de las larvas a nivel de especie se utilizaron los trabajos de *Ibáñez-Bernal* y *Martínez-Campos*, así como *Darsie* y *Ward*.^{14,15}

Cría y mantenimiento de mosquitos en jaula entomológica

Se utilizaron dos jaulas entomológicas (40 x 37 x 70 cm c/u) para la cría y mantenimiento de los mosquitos, de acuerdo con los lineamientos del protocolo establecido por el Laboratorio de Salud Pública de Cundinamarca (Colombia).¹⁶ Los mosquitos adultos de *Ae. aegypti*, se alimentaron con una solución de miel de abeja (dilución 1:1 con agua potable) y se les proporcionó sangre humana como recurso hematofágico por exposición cutánea durante períodos de 15 min.¹⁶ Para la ovoposición, se emplearon cajas Petri que contenían almohadillas de algodón humedecidas. Realizada la ovoposición, las almohadillas con huevos se deshidrataron y se guardaron a temperatura ambiente hasta coleccionar un número suficiente de huevecillos para la experimentación. Los huevos se indujeron a la eclosión en un recipiente con 2 L de agua de cloro y alimento comercial para tilapia (Purinasup>®, 44 % proteína) previamente molido. Las larvas eclosionadas se alimentaron hasta alcanzar los estadios III y IV para iniciar los bioensayos.¹⁰

Unidades experimentales

Las 75 unidades experimentales (UE) consistieron en recipientes de material PET transparentes, con capacidad de 1,1 L. Se utilizó agua potable para su llenado. En cada UE se ajustó la concentración del compuesto a probar e inmediatamente se colocaron diez larvas en cada una.

Tratamientos

Se evaluaron tres compuestos químicos, en las siguientes concentraciones: temefos granulado (1 %, Abate®) a 1, 0,5; 0,1; 0,05 y 0,01 g/L; hipoclorito de sodio (5,5 %, Cloralex®) a 5,5; 0,55; 0,055; 0,005 y 0,0005 g/L; detergente en polvo (aniónico, Foca®) a 10; 5; 1; 0,5 y 0,1 g/L. Todos los bioensayos se realizaron dos veces por quintuplicado.

Tiempo de exposición y determinación de mortalidad

Las larvas en los diferentes tratamientos fueron observadas a partir del tiempo 0 (t_0), establecido al momento en que las larvas fueron colocadas en las UE con diferentes concentraciones de los compuestos. La observación del comportamiento de las larvas y su mortalidad se registró a la 1, 3, 6 y 24 h de exposición. Las larvas se tomaron como muertas cuando perdieron su movilidad, cambiaron su coloración y se depositaron en el fondo del recipiente.

EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD LARVÍVORA

En este bioensayo se utilizaron estadios inmaduros de larvas de mosquitos de del III y IV estadio de *Ae. aegypti* y *Culex bidens*. En las UE se utilizaron larvas de ambas especies mencionadas anteriormente, en una proporción de 50:50. Las densidades larvianas evaluadas fueron: 5, 10, 30, 50 y 80 larvas por quintuplicado. Estas fueron ajustadas de acuerdo con el consumo demostrado por el organismo seleccionado. En todos los casos (a excepción de la larva de culícido *Toxorhynchites haemorrhoidalis*, pues no se contó con suficientes individuos de la etapa larvaria seleccionada), la densidad larvaria se incrementó cuando la especie demostró al menos el 50 % de depredación de larvas a las 24 h.

Colecta de organismos predadores (OP)

Se evaluó la capacidad larvívora de los peces (estadio juvenil) *Oreochromis niloticus*, *Cyprinus carpio* y *Dormitator latifrons* y del crustáceo palemónido nativo (adultos) *Potimirim glabra*, los cuales fueron obtenidos del stock de organismos experimentales del LACUIC. La especie nativa de pez *Poecilia butleri* (adultos) se colectó de un estanque artificial del mismo Centro Universitario. Se probó la capacidad larvívora de larvas del culícido *T. haemorrhoidalis*, colectadas en los mismos sitios de donde se obtuvieron las larvas de *Ae. aegypti* y *Cx. bidens*.

Las tallas (mm) y pesos (g) promedio de los ejemplares predadores fueron (para *T. haemorrhoidalis* no se registró el peso):

O. niloticus = 55,5 ± 5,72 mm, 3, 48 ± 0,62 g;

P. butleri = 48,4 ± 5,02 mm, 2,0 ± 0,48 g;

D. latifrons= 64,2 ± 1,27 mm, 6,4 ± 7,09 g;
C. carpio= 60,8 ± 3,89 mm, 3,72 ± 0,43 g;
P. glabra= 15 ± 1,5 mm, 0,20 ± 0,04 g; y
T. haemorrhoidalis= 7 a 12 mm.

Unidades experimentales y diseño experimental

En cada UE y por quintuplicado se colocó un ejemplar de cada especie predatora (OP) para evaluar su capacidad larvívora. Previo a su experimentación, las OP se aclimataron durante 24 h con un fotoperiodo 12:12. Se registró la temperatura (°C) y oxígeno disuelto (mg/L) de cada UE al inicio y final de los bioensayos.

La capacidad predatoria fue observada a partir del tiempo cero (t₀). El registro de consumo larvario, por especie, se registró a las 1, 3, 5, 9 y 24 h de exposición. Se contabilizó el número de larvas restantes.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis de toxicidad de compuestos, se realizó el análisis de varianza (ANOVA) de una vía con una $p= 0,05$. Para determinar la existencia de diferencias significativas entre las concentraciones aplicadas y el tiempo de mortalidad. Los casos en que se encontraron diferencias significativas se aplicó una prueba *a posteriori* de Tukey. Así también se calculó la concentración letal media (CL₅₀) con el análisis Probit logaritmo base 10.¹⁷

Para el análisis de la capacidad depredadora se aplicó análisis de varianza (ANOVA) de una vía con una $p= 0,05$. Para ver si se encontraron diferencias significativas entre número de larvas totales consumidas sobre el tiempo de consumo total de larvas. Si los datos de consumo total de larvas en tiempo no fueron normales, se les aplicó una prueba de normalidad, esto solo se realizó para el crustáceo *P. glabra* y la larva del culícido *T. haemorrhoidalis*.

Así también se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis con una ($p = 0,05$) cuando no pasaron la prueba de normalidad (para las especies de *D. latifrons* y *P. butleri* *C. carpio*, *D. latifrons*) solo cuando se suministraron (n= 80) larvas por organismo, de Para los análisis se utilizó en programa IBM SPSS Statistics for Windows, Versión 21.¹⁸

RESULTADOS

COMPUESTOS QUÍMICOS

Los resultados del efecto de los diversos compuestos probados sobre la mortalidad de larvas se muestran en la [tabla 1](#). Los tratamientos con temefos presentaron la mayor mortalidad (100 %) en las cinco concentraciones probadas y con el menor tiempo de exposición (1 y 3 h).

Tabla 1. Efecto de temefos, hipoclorito de sodio y detergente en polvo sobre la mortalidad de larvas de *Aedes aegypti* obtenidas en zonas periurbanas del municipio de Puerto Vallarta, México

Compuesto	Concentración (g/L) (p.p.m.)	Mortalidad (No. de larvas)	Tiempo para mortalidad máxima (h)	Mortalidad (%)	CL ₅₀ (g/L) (p.p.m.)	Error estándar (g/L) (p.p.m.)
Temefos	1,5	50	1	100	No aplica	No aplica
	1	50	1	100		
	0,1	50	1	100		
	0,05	50	1	100		
	0,01	50	1	100		
NaClO	5,5	50	1	100	0,19	0,24
	0,55	50	3	100		
	0,05	7	9	14		
	0,005	0	-	0		
	0,0005	0	-	0		
Detergente	10	50	3	100	0,29	0,05
	5	50	3	100		
	1	50	24	100		
	0,5	35	24	70		
	0,1	22	24	44		

El hipoclorito de sodio también presentó alta mortalidad larvaria (100 %) en las concentraciones más altas (5,5 y 0,55 g/L) ($p < 0,05$) y se encontraron diferencias significativas en las concentraciones menores. Estas concentraciones fueron efectivas en periodos cortos de exposición (1 y 3 h). Las concentraciones bajas (0,5 a 0,0005 g/L) resultaron poco o nada mortales (14 % a 0,05 g/L), aun durante largas exposiciones (24 h).

El detergente provocó alta mortalidad larvaria en las mayores concentraciones (5 y 10 g/L) y en tiempos de exposición bajos (3 h). En la concentración media (1 g/L) también se registró alta mortalidad pero a un tiempo de exposición prolongado (24 h).

En concentraciones menores (0,1 y 0,5 g/L) se observó menor mortalidad de larvas (44 % y 70 %), a pesar de exponerse por largos periodos (24 h). El análisis Probit no se realizó para el temefos, porque en todas sus concentraciones probadas resultó el 100 % de mortalidad. En el caso de hipoclorito de sodio, la CL⁵⁰ se registró en la concentración de 0,19 g/L y para el detergente en 0,29 g/L.

CAPACIDAD LARVÍVORA DE ORGANISMOS ACUÁTICOS

En la tabla 2 se muestran los resultados de la capacidad larvívora de las diferentes especies evaluadas.

Tabla 2. Media de larvas de *Aedes aegypti* y *Culex bidens* consumidas individualmente por las diferentes especies de peces, larva de culicido y palemónido

Especie	5 larvas/org/24 h			10 larvas/org/24 h			30 larvas/org/24 h			50 larvas/org/24 h			*80 larvas/org/24 h		
	Media	DE	% de larvas consumidas	Media	DE	% de larvas consumidas	Media	DE	% de larvas consumidas	Media	DE	% de larvas consumidas	Media	DE	% de larvas consumidas
<i>Poecilia butleri</i>	na	na	na	10,0	0,0	100	30,0	0	100	49,4	1,4	99	60	30,8	75
<i>Oreochromis niloticus</i>	na	na	na	10,0	0,0	100	30,0	0	100	50	0	100	78,6	2,1	98
<i>Cyprinus carpio</i>	na	na	na	10,0	0,0	100	30,0	0,0	100	50	0	100	76,8	5,2	96
<i>Dormitator latifrons</i>	na	na	na	9,0	2,2	90	25,5	9	85	48	4,4	88	64	29	80
<i>Toxorhynchites haemorrhoidalis</i>	4,60	0,80	92	7,6	3,2	76	na	na	na	na	na	na	na	na	na
<i>Potimirim glabra</i>	3,80	1,30	76	4,2	3,9	42	na	na	na	na	na	na	na	na	na

DE: desviación estándar; na: no aplica.
 * Para este número de larvas (n= 80) suministrado solo a las 4 especies de peces, no se ajustaron a normalidad y se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

Las larvas de *T. haemorrhoidalis* demostraron una alta depredación (92 %) en la densidad de 5 larvas/org, con disminución en la concentración de 10 larvas/org (76 %). En el crustáceo *P. glabra* se observó depredación de larvas pero con niveles de 76 % en la densidad más baja; además, su consumo de larvas no varió al incrementar la concentración (3,8 larvas consumidas en la concentración de 5 larvas/org y 4,2 larvas consumidas en la de 10 larvas/org). A pesar de las aparentes diferencias observadas en el número de larvas consumidas por las especies anteriores, el análisis estadístico demuestra que no hay diferencias significativas ($p > 0,05$).

Tanto en *O. niloticus* como en *C. carpio*, el consumo de larvas fue 100 % en todas las densidades experimentadas, con excepción de la densidad mayor (80 larvas/org) que fue de 98 % y 96 %, respectivamente. En *P. butleri* se registró el consumo de prácticamente el 100 % de larvas, en las tres primeras densidades (10, 30 y 50 larvas/org), pero con una disminución significativa en la mayor concentración (n= 80 larvas/org) con solo un 75 % de consumo. *D. latifrons* fue el pez con menor depredación de larvas, con el máximo de consumo (90 %) en la menor densidad, así como 85 % en la concentración de 30 larvas/org y 88 % en la de 50 larvas/org. En la mayor concentración de larvas alcanzó solo un 80 % de consumo. A pesar de estas aparentes diferencias, el análisis estadístico no demostró diferencias significativas en el consumo larvario entre las especies de peces evaluadas.

DISCUSIÓN

COMPUESTOS QUÍMICOS

Las cinco concentraciones utilizadas de temefos demostraron el 100 % de mortalidad larvaria a la primera hora de exposición, incluso a concentraciones menores a la recomendada de manera oficial, lo cual coincide con lo encontrado en

otros estudios,¹⁹ que evaluaron diferentes concentraciones de temefos granulado (1 %) en larvas de *Ae. aegypti*; se obtuvo el 59 % de mortalidad en la concentración más baja (0,0035 p.p.m.), mientras que en la dosis más alta (0,001 p.p.m.) se obtuvo el 100 %.

Se ha estudiado también el efecto de diferentes concentraciones de hipoclorito de sodio (NaClO) (desde 0,2 a 2,0 p.p.m.) sobre larvas de *Ae. aegypti*, *Anopheles farauti* y *Cx. quinquefasciatus*.²⁰ Los resultados de estos trabajos muestran que las tres especies fueron susceptibles al compuesto, pero a concentraciones disímiles. El rango de concentraciones probadas coincide con las concentraciones que mostraron efectividad en las larvas de mosquitos en el presente estudio (0,55 y 5,5 p.p.m.). Sin embargo, en el trabajo mencionado no se presentan altas mortalidades hasta una concentración de 0,8 p.p.m. en *Cx. quinquefasciatus*; 1,4 p.p.m. en *Ae. aegypti*; y 2,0 p.p.m. en *A. farauti*. En particular, la mortalidad más alta de larvas de *Ae. aegypti* reportada a 1.4 p.p.m., cae dentro del rango de concentraciones (0,55 a 5,5 p.p.m.) utilizadas en el presente trabajo para alcanzar el 100 % de mortalidad. En este mismo sentido, se probó el efecto de un desinfectante a base de NaClO (Clorox®), en el cual se encontró que algunas concentraciones, en el mismo orden de magnitud a las probadas en el presente estudio, fueron efectivas (0,01 p.p.m.) al ocasionar mortalidad (65,5 %) de larvas de *Cx. quinquefasciatus*.²¹ Sin embargo, no se probaron concentraciones mayores a 0,01 p.p.m.; mientras que en el presente estudio la concentración más cercana a la del trabajo mencionado (0,05 p.p.m.) solo ocasionó el 14 % de mortalidad en larvas de *Ae. aegypti*. Los estudios anteriores y los resultados del presente sugieren que existen diferencias importantes en la capacidad de larvas de diferentes culícidos e incluso cepas diferentes de la misma especie a tolerar compuestos que contengan cloro.

El detergente Foca® es uno de los considerados como de tipo aniónico ya que en su formulación se integra el tensioactivo aniónico sulfonato de alquibenceno lineal (LAS).²² La toxicidad de este detergente fue evaluada sobre el poliqueto *Laeonereis culveri*; en todos los casos se obtuvieron mortalidades de los organismos sometidos a diversas concentraciones del mismo,²³ se calculó una CL₅₀ de 59,5 p.p.m., que corresponde a 12,88 p.p.m. de LAS, y se clasificó como de moderada toxicidad. En el caso de los resultados obtenidos con larvas de *Ae. aegypti*, en el presente estudio la CL₅₀ se calculó en 0,29 p.p.m., lo que evidencia la efectividad del detergente Foca® para causar altas mortalidades a dosis relativamente bajas.

CONTROL BIOLÓGICO

La utilización de diversas especies predatoras como una forma de controlar las poblaciones de larvas de vectores de enfermedades epidémicas, son estrategias consideradas como no nocivas para el medio ambiente de los sistemas hidrobiológicos. Varias especies han sido evaluadas e incluyen tanto invertebrados como vertebrados.

Dentro de los invertebrados se ha estudiado el estadio larvario de mosquitos del género *Toxorhynchites*. Trabajos desarrollados con larvas de *T. rutilus rutilus* demostraron que es un efectivo depredador de larvas de mosquitos y otros invertebrados acuáticos y terrestres^{24,25} y cuando son agregados de manera directa en recipientes pequeños, al aire libre, con presencia de larvas de *Ae. aegypti* y *C. quinquefasciatus* de manera natural, logran una reducción del 74 % de estas.²⁶ Los resultados del presente estudio con larvas de *T. haemorrhoidalis* confirman lo anterior ya que una sola larva de este mosquito puede consumir casi 5 larvas de *Ae. aegypti* y *C. bidens* en 24 h. Es tal la capacidad larvívora de las larvas de este género que la especie *T. rutilus* fue criada y liberada como control biológico de

mosquitos en Estados Unidos en la década del ochenta.²⁴ No se han hecho estudios de este tipo en México, por lo tanto este sería el primer acercamiento de la capacidad larvívora de *T. haemorrhoidialis* en el país.

Los crustáceos dulceacuícolas también han sido estudiados en su potencial como controladores biológicos de larvas de mosquitos. En estudios llevados a cabo con juveniles de camarón de río *M. tenellum*,¹⁰ se encontró que su capacidad larvívora es superior a la registrada para otras especies de crustáceos palemónidos (*M. lamarrei*, *Caridina nilotica brachydactyla*, *M. borelii*, *Palaemonetes argentinus*),^{27,28} pues lograron consumir hasta 80 larvas por día, pero no se llegó a definir un límite máximo de consumo. En el caso del palemónido *P. glabra*, evaluado en el presente estudio como potencial depredador nativo, se encontró que su capacidad larvívora (con un límite de aproximadamente 4 larvas por día) es mucho menor que la de *M. tenellum*, especie también nativa con la que comparte hábitat en los ríos y arroyos dulceacuícolas de varias regiones de México. Lo anterior lo hace poco elegible ante otras especies más conspicuas y con mayor potencial larvívora. Lo referido posiblemente se deba a que la talla de los juveniles de *M. tenellum* (30 a 35 mm) utilizados en el estudio de referencia, eran dos veces más grandes que los adultos de *P. glabra* (15 ± 1,5 mm). Aun así el consumo de *P. glabra* no corresponde al consumo de larvas que demostraron los juveniles de *M. tenellum* si se relaciona este con la talla de ambos organismos.

Con relación a los estudios realizados con peces como depredadores de larvas de vectores, los estudios son variados y muchos desarrollados en países de Latinoamérica y el Caribe. Especies nativas y de múltiples género: *Poecilia*, *Girardinus*, *Gambusia*, *Cyprinodon*, *Fundulus*, *Cubanichthys*, *Aequidens*, *Rivulus*, *Pyrrulina*,^{11,29-33} aunque hay también trabajos que involucran a géneros exóticos como: *Trichogaster*, *Betta* y *Carassius*.^{34,35} En general, todas las especies de peces evaluadas en el presente estudio mostraron una alta capacidad predatoria, en comparación con la larva de culícido y el palemónido, por lo que se perfilan como eficientes controladores biológicos en reservorios domésticos y naturales. Las especies exóticas de los géneros *Oreochromis* y *Cyprinus*, demostraron una alta capacidad predatoria al consumir prácticamente el 100 % de un número alto de larvas ofrecidas (80) en 24 h. Las especies nativas de los géneros *Poecilia* y *Dormitator* también presentan una alta capacidad predatoria de las larvas, por lo que deberían ser considerados como especies de elección en la región para el control biológico, ya que su liberación, ingenua o voluntaria, no acentuaría el riesgo de dispersión de especies exóticas en la zona. Ninguna de las especies evaluadas demostró preferencia por alguna de las dos especies de larvas ya que las mismas fueron consumidas sin distinción. Lo anterior es importante ya que las larvas de *Ae. aegypti* (la especie más importante como vector de enfermedades) generalmente se encuentran asociadas a otras larvas de culícidos y no solas.

Para que determinadas especies puedan ser consideradas como controladores biológicos, además de su capacidad larvívora, debe tomarse en cuenta características como el costo de adquisición de las especies, la disponibilidad local de organismos durante todo el año o facilidad para su reproducción en cautiverio y resistencia a condiciones ambientales.³⁶ Sin duda, estas características pueden ser alcanzadas en su mayoría por las especies nativas, bien adaptadas al ambiente local, con un bajo costo de obtención (un mínimo esfuerzo pesquero en la mayoría de los casos) y con disponibilidad de organismos juveniles o adultos la gran parte del año. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), el uso de peces, en conjunto con la utilización de compuestos químicos, debe formar parte de las estrategias para el control efectivo de larvas de vectores transmisores de enfermedades de importancia en salud pública.³⁷

El presente trabajo demuestra que el organofosforado temefos es un eficiente controlador químico de larvas de mosquitos en la región de Puerto Vallarta, Jalisco, ya que demostró provocar la mortalidad larvaria aun en concentraciones por debajo de las recomendadas por la Secretaría de Salud de México. El uso de otros compuestos químicos como el hipoclorito de sodio y los detergentes de uso doméstico, solo se recomiendan como controles de emergencia en la ausencia de temefos. Por otro lado, *D. latifrons* y *P. butleri* se recomiendan como alternativa y controladores biológicos en la zona por ser nativos de la misma, así como otros géneros de peces, con poblaciones abundantes y de fácil obtención.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Harbach RE. Culicidae. (Meigen, 1818). Mosquito Taxonomic Inventory. 2016. [cited 2016 Jun 15]. Available from: <http://mosquito-taxonomic-inventory.info/>
2. Maes JM, Mendoza PR. Catálogo de los Diptera de Nicaragua. Culicidae (Nematocera). Rev Nica Ent. 1990;14:19-39.
3. Organización Mundial de la Salud. Resistencia de los vectores de enfermedades a los plaguicidas. 15° Informe del Comité de Expertos de la OMS en Biología de los Vectores y Lucha Antivectorial. Serie de Informes Técnicos n° 818. Ginebra; 1992.
4. Li MI, Wong PSJ, Ng LC, Tan CH. Oral susceptibility of Singapore *Aedes* (*Stegomyia*) *aegypti* (Linnaeus) to Zika virus. PloS Negl Trop Dis. 2012;6(8):e1792.
5. World Health Organization. The World Health Report. Life in the 21 Century. A vision for all. Report of the Director-General. Geneva: WHO; 1998.
6. García-Gutiérrez C, Gómez-Peraza R, Aguilar CEL, León-Váldez A. Insecticidas biorracionales para el control de mosquitos y moscas negras en Sinaloa. Ra Ximhai. 2012;8:3.
7. Rodríguez C. Estrategias para el control del dengue y del *Aedes aegypti* en las Américas. Rev Cubana Med Trop. 2002;54(3):189-201.
8. Cheng S, Huang C, Chen W, Kuo Y, Chang S. Larvicidal activity of tectoquinone isolated from red heartwood-type *Cryptomeria japonica* against two mosquito species. Bioresour Technol. 2008;99:3617-3622.
9. Hernández E, Marques M. Control de larvas de *Aedes aegypti* (L) con *Poecilia reticulata* Peter, 1895: una experiencia comunitaria en el municipio Taguasco, Sancti Spíritus, Cuba. Rev Cubana Med Trop. 2006;5:139-41.
10. Rojas-Sahagún CC, Hernández-Sánchez JM, Vargas-Ceballos MA, Ruiz-González LE, Espinosa-Chaurand LD, Nolasco-Soria H, et al. Capacidad depredadora del langostino *Macrobrachium tenellum* sobre larvas de *Aedes aegypti* en condiciones de laboratorio. Rev Cubana Med Trop. 2012;64:315-23.

11. García Ávila I, González Broche R. Principales especies de peces larvívoros de la familia *Poeciliidae* y su efectividad en las condiciones naturales de Cuba. *Rev Cubana Med Trop.* 1986;38:192-207.
12. Valero N, Meleán E, Maldonado M, Montiel M, Larreal Y, Espina LM. Capacidad larvívora del gold fish (*Carassius auratus auratus*) y del guppy salvaje (*Poecilia reticulata*) sobre larvas de *Aedes aegypti* en condiciones de laboratorio. *Rev Cient.* 2006;16:414-9.
13. Secretaría de Salud. Guía para determinar la susceptibilidad y/o resistencia de mosquitos a insecticidas. México: Subsecretaría de Prevención y Promoción de la Salud; 2015.
14. Ibáñez-Bernal S, Martínez-Campos C. Clave para la identificación de larvas de mosquitos comunes en las áreas urbanas y suburbanas de la República Mexicana. *Fol Entomol Mex.* 1994;92:43-73.
15. Darsie RF, Ward RA. Identification and geographical distribution of the mosquitoes of North America, North of México. *Mosquito Systematics Supplement.* *J Am Mosq Control Assoc.* 1981;1:1-313.
16. Conde-Osorio AM. Estudio de la longevidad y el ciclo gonotrófico del *Aedes* (S.) *aegypti* (Linnaeus, 1762), cepa Girardot (Cundinamarca) en condiciones de laboratorio. [Tesis de Licenciatura en Biología]. Colombia: Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana; 2003.
17. Randhawa MA. Calculation of LD50 values from the method of Miller and Tainter, 1944. *J Ayub Med Coll Abbottabad.* 2009;21:184-5.
18. IBM Corp. Released 2012. IBM SPSS Statistics for Windows, Versión 21. Armonk, NY. [cited 2016 Feb 9]. Available from: <http://www-01.ibm.com/software/analytics/spss/>
19. Pelizza SA, Scorsett AC, Bisaro V, Lastra CL, García JJ. Individual and combined effects of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis*, temephos and *Leptolegnia chapmanii* on the larval mortality of *Aedes aegypti*. *BioControl.* 2010;55:647-56.
20. Brown MD, Walker DO, Hendrikz JK, Cabral CP, Araujo DB, Ribeiro ZM, et al. Chlorine tolerance of Mesocyclops (Cyclopoida: Cyclopidae) copepods and three container-breeding species of mosquitoes. *Environ Entomol.* 1994;23:1245-9.
21. Xue RD, Qualls WA. Larvicidal activity of synthetic disinfectants and antibacterial soaps against mosquito, *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae). *J Med Entomol.* 2013;50:137-9.
22. Van Emden HM, Kroon CM, Schoeman EN, Van Seventer HA. The toxicity of some detergents tested on *Aedes aegypti* L., *Lebistes reticulatus* Peters, and *Biomphalaria glabrata* (Say). *Environ Pollut.* 1974;6:297-308.
23. UC-Peraza RG, Delgado-Blas VH. Determinación de la concentración letal media (CL50) de cuatro detergentes domésticos biodegradables en *Laeonereis culveri* (Webster 1879) (Polychaeta: Annelida). *Rev Int Cont Amb.* 2012;28:137-44.

24. Campos RE, Lounibos LP. Natural prey and digestion times of *Toxorhynchites rutilus* (Diptera: Culicidae) in southern Florida. Ann Entomol Soc Am. 2000;93:1280-7.
25. Lounibos P, Campos RE. Investigaciones recientes sobre *Toxorhynchites rutilus* (Diptera: Culicidae) con referencia al control biológico de mosquitos habitantes en recipientes. Entomotropica. 2002;17:145-56.
26. Focks DA, Sackett SR, Dame DA. Field experiments on the control of *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus* by *Toxorhynchites rutilus rutilus* (Diptera: Culicidae). J Med Entomol. 1982;19:336-9.
27. Collins AP. Laboratory evaluation of the Freshwater prawn, *Macrobrachium borellii*, as a predator of mosquito larvae. Aquat Sci. 1998;60:22-7.
28. Giri F, Collins P. Evaluación de *Palaemonetes argentinus* (Decapoda, natantia) en el control biológico de larvas de *Culex pipiens* (Diptera, Culicidae) en condiciones de laboratorio. Iheringia Sér Zool. 2003;93:237-42.
29. Koldenkova L, García AI, Alonso NN, García GI. Aspectos de la reproducción del pez larvívoro *Poecilia reticulata* (Poeciliidae) en condiciones naturales. Rev Cuanab Med Trop. 1990;42:140-7.
30. Hernández CN, Díaz PM, Mendiola MJ, Báez AJ, García AI. Ingestión de larvas de *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae), por *Girardinus metallicus* (Cyprinodontiformes: Poeciliidae). Rev Cubana Med Trop. 2004;56:152-5.
31. Menéndez DZ, Manso VE, Castex RM, Fuentes GO, Hernández CN, García AI. Algunos aspectos ecológicos de la ictiofauna larvífaga presente en Cayo Santa María, Cuba. Rev Cubana Med Trop. 2007;59:73-6.
32. Rojas J, Soca L, García G. Contenido del tracto digestivo de 4 especies de peces autóctonos y sus implicaciones como biorreguladores de larvas de mosquitos en Venezuela. Rev Cubana Med Trop. 2005;57:1-8.
33. Rojas E, Gamboa M, Villalobos S, Cruzado F. Eficacia del control de larvas de vectores de la malaria con peces larvívoros nativos en San Martín, Perú. Rev Peru de Med Exp y Sal Púb. 2004;20:44-50.
34. Valero N, Meleán N, Maldonado M, Montiel M, Larreal, Espina LM. Capacidad larvívora del Gold Fish (*Carassius auratus auratus*) y del guppy salvaje (*Poecilia reticulata*) sobre larvas de *Aedes aegypti* en condiciones de laboratorio. Rev Cient. 2006;16:414-9.
35. Cavalcanti LP, Pontes RJ, Regazzi AF, Paula JF, Frutuoso RL, Sousa EP, et al. Competência de peixes como predadores de larvas de *Aedes aegypti*, em condições de laboratório. Rev Saude Publica. 2007;41:638-44.

36. García-Avila I, Koldenkova L, Santamarina-Mijares A, González-Broche R. The introduction of the larvivorous fish *Poecilia reticulata* (Peters, 1859) (Cyprinodontiformes: Poeciliidae), a bioregulator of culicids in oxidation ponds and contaminated drainage ditches on the Isla de la Juventud. Rev Cubana Med Trop. 1991; 43: 45-9.

37. World Health Organization. Use of fish for mosquito control. Cairo: Regional Office for Eastern Mediterranean; 2003.

Recibido: 15 de junio de 2016.

Aprobado: 30 de noviembre de 2016.

Fernando Vega-Villasante. Laboratorio de Artrópodos. Centro Universitario de la Costa. Universidad de Guadalajara. Puerto Vallarta, Jalisco, México. Correo electrónico: villasante@gmail.com