

ALTERNATIVAS BIOLÓGICAS PARA EL CONTROL DE LOS MOSQUITOS *Aedes aegypti*, Y *Culex pipiens*

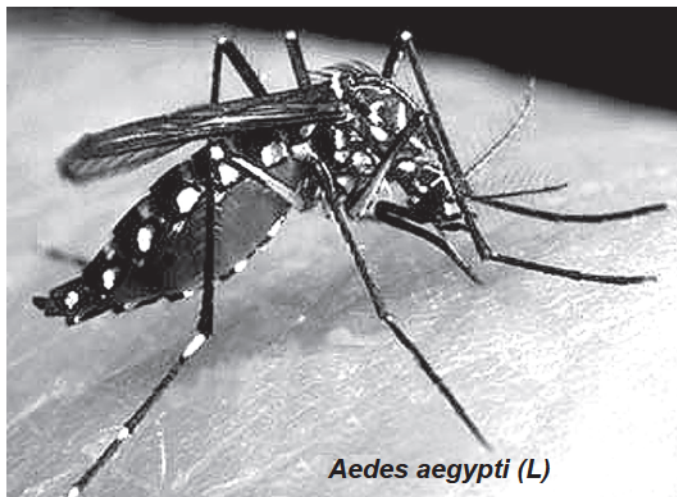
TRANSMISORES DE ENFERMEDADES EN LA CIUDAD DE LA PLATA

María C. Tranchida*

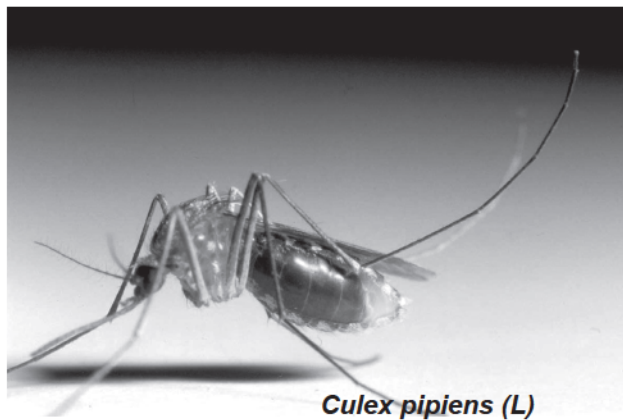
Los mosquitos son insectos conocidos por las molestias que causan sus picaduras y porque mediante ellas transmiten importantes enfermedades a los humanos y a otros mamíferos. Esta capacidad de transmitir enfermedades, es conocida como capacidad vectorial. Debido a esta capacidad de actuar como vectores, es que nace la necesidad de controlar a los mosquitos, manteniendo las poblaciones en bajas densidades.

Entre las principales especies de mosquitos vectores de enfermedades, conocidos a nivel mundial se encuentran *Aedes aegypti* y *Culex pipiens* (Fig. 1). Ambas, presentan gran importancia sanitaria en la Argentina.

Aedes aegypti, es la especie que transmite dengue y fiebre amarilla. Está presente en nuestro país desde 1983 cuando fue confirmada su re-emergencia. A partir de entonces, comenzaron a detectarse casos de dengue hasta que el último brote de esta enfermedad, en 2009, produjo 24.720 casos autóctonos confirmados por la Organización Panamericana de la Salud (a nivel nacional).



Aedes aegypti (L)



Culex pipiens (L)

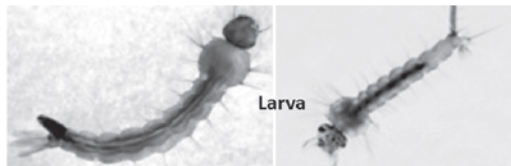


Fig. 1.

Culex pipiens es vector de algunas filariasis (enfermedades producidas por gusanos parásitos, pertenecientes al grupo de los nematodos) y de importantes virus (como el Virus del Nilo Occidental). Si bien es capaz de transmitir enfermedades, este mosquito es más conocido por las

molestias que causan sus picaduras y por el zumbido que emite cuando vuela.

La actividad vectorial (capacidad de transmitir un virus de una persona a otra) de estos mosquitos se ve incrementada debido a la gran disponibilidad de sitios de

cría apropiados. En cualquier recipiente pequeño que acumule agua y zanjas de desagüe domiciliario (ambiente común donde habita *Culex pipiens*), donde las hembras adultas depositan los huevos, se desarrollan las larvas y pupas, alcanzan el estado adulto siendo capaces de



Alquila y Vende Amplia cartera

La Plata
Calle 12 N° 712 (B1900AHE)
Tel/Fax 0221 424 1165
e-mail: lp@mambertopropiedades.com

Buenos Aires
Cerrito 1130 Piso 1 (C1010AAX)
Tel/Fax: 011 4815 8587
e-mail: ba@mambertopropiedades.com

www.mambertopropiedades.com

transmitir enfermedades mediante las picaduras.

Existen diferentes métodos para el control de poblaciones de mosquitos como: el control químico, que se basa en el empleo de insecticidas comerciales; el control cultural, que propone un esfuerzo de la comunidad para erradicar poblaciones perjudiciales y el control biológico, que se define como la reducción poblacional de especies plagas mediante la acción de un agente biológico. El agente de control biológico, puede ser depredador, patógeno, parásito, competidor, microorganismo o toxinas producidas por ellos.

La modificación de los sitios de cría naturales, la remoción a gran escala de los mismos y el tratamiento de los restantes hábitats larvales con aceites o toxinas inorgánicas fueron los primeros métodos empleados para el control de mosquitos. Recién en los años '50, adquiere importancia el control biológico cuando el pez *Gambusia affinis*, capaz de alimentarse de larvas de mosquitos, fue introducido en varios países para el control de diferentes especies. El interés en el empleo de controladores biológicos creció aun más en la década del '60, cuando se observó que perdieron eficacia los insecticidas convencionales, momento en el cual comenzó a emplearse el nematodo (gusano) *Romanomermis culicivorax* y varios protozoos (microorganismos unicelulares) para el control de larvas. Luego, en la década del '70 fue descubierta la bacteria *Bti*, microorganismo ampliamente usado cuyas propiedades como agente de control siguen aún siendo exhaustivamente estudiadas.

Aquí se presentan alternativas para el control del estado larval de los mosquitos *Aedes aegypti* y *Culex pipiens*, basadas en métodos biológicos, eficaces, permanentes y seguros para el ambiente, empleando enemigos naturales presentes en las poblaciones de ambas especies.

Control de larvas de mosquitos mediante depredadores

1- Copépodos (microcrustáceos)

Los copépodos, son pequeños crustáceos que forman parte importante de las comunidades que viven en cuerpos de agua dulce (Fig. 2).



Fig. 2. Copépodos.

En nuestro país, no existían datos de copépodos capaces de controlar larvas de mosquitos que viven en recipientes artificiales como lo hacen *Aedes aegypti* y *Culex pipiens*, por lo cual los datos presentados en este artículo representan los primeros registros para la Argentina.

Diez especies de copépodos fueron colectadas y registradas a partir de distintos ambientes donde viven las larvas de los mosquitos. Fueron seleccionadas *Diacyclops uruguayensis*, *Acanthocyclops robustus*, *Macrocyclops albidus* y *Mesocyclops longisetus*. El objetivo fue evaluar el rol que estas cuatro especies de copépodos pueden ejercer como consumidores de larvas de mosquitos.

Mediante experimentos de laboratorio se evaluaron cuatro puntos importantes para el posible empleo de estas especies de copépodos como controladores de mosquitos: 1- Si los adultos (tanto hembras como machos) y las larvas de los copépodos

eran capaces de consumir larvas de mosquitos. 2- Si consumían diferente número de las larvas *Aedes aegypti* o *Culex pipiens* cuando estas viven en un mismo recipiente (situación que comúnmente se observa en la naturaleza). 3- Si a lo largo del tiempo, eran capaces de consumir el mismo número de larvas. 4- Si estas especies pueden pasar períodos de sequía (condición a la que están expuestos los recipientes donde viven estas dos especies de mosquitos) y poder sobrevivir en el agua que se acumula en esos recipientes artificiales.

Los resultados obtenidos, indicaron que tanto hembras, machos y larvas de copépodos eran capaces de consumir larvas de mosquitos, pero que las hembras podían ingerir un mayor número. Por lo tanto el empleo de hembras permitiría un control más eficaz de los mosquitos a corto plazo.

Ninguna de las cuatro especies seleccionadas consumió larvas de *Aedes aegypti* y *Culex pipiens* en diferente número (no detecté preferencia de los copépodos hacia ninguna de las especies de mosquitos), característica importante que permitiría el control de ambos mosquitos indistintamente.

En cuanto al consumo de larvas de mosquitos a lo largo del tiempo, sólo dos de las especies seleccionadas, fueron capaces de mantener constante el número de presas que ingieren. Mientras que para las otras dos especies, la cantidad de larvas consumidas fue muy diferente de un día a otro.

Por último solo tres de las especies evaluadas fueron capaces de tolerar la desecación y demostraron que podrían vivir en el tipo de agua que se acumula en los contenedores artificiales (como baldes y floreros). Por lo tanto pueden ser introducidas en recipientes artificiales para lograr el control de los estados larvales de los mosquitos.

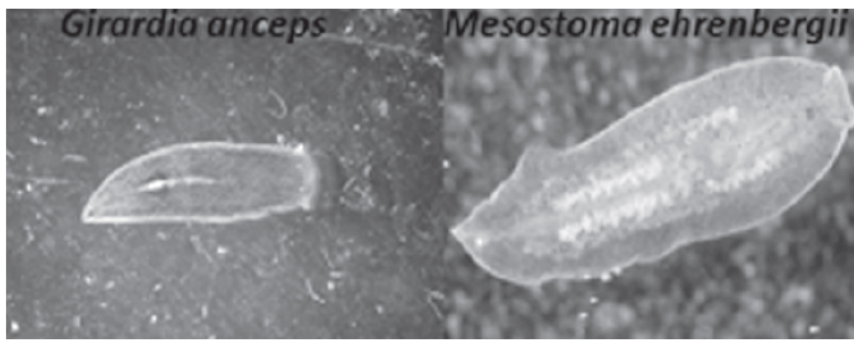


Fig. 3. Gusanos chatos.

A partir de los resultados de mis estudios con copépodos, sugiero realizar experiencias en condiciones de campo con las especies *Diacyclops uruguayensis* y *Acanthocyclops robustus*, ya que ambas consumieron un número constante de larvas de mosquitos y fueron capaces de vivir en las condiciones a las que los recipientes artificiales suelen estar expuestos.

2- Gusanos chatos de vida libre (Platelmintos Turbelarios)

Con la finalidad de seleccionar especies de gusanos chatos que fuesen depredadores y pudiesen ser empleados para controlar las larvas de *Aedes aegypti* y *Culex pipiens*, realicé una búsqueda de estos organismos en el campo.

Mediante experimentos de laboratorio evalué la tasa de depredación diaria, si los diferentes tamaños de los depredadores consumen diferente número de larvas según el estadio larval (estadios más avanzados presentan mayor tamaño corporal), si estos gusanos depredan selectivamente sobre *Aedes aegypti* o *Culex pipiens* y si son capaces de tolerar la desecación y la calidad del agua de los recipientes artificiales.

Los gusanos chatos, de las tres especies identificadas fueron capaces de consumir más de la mitad de las larvas de mosquitos que se le ofrecieron diariamente. Los depredadores que presentaron mayor tamaño corporal (más de 0,5 cm) fueron los únicos capaces de consumir larvas de tercer y cuarto estadio

(que son las de mayor tamaño) de ambas especies de mosquitos.

Por otro lado, ninguna de las tres especies de Turbelarios, consumió mayor cantidad de larvas de *Aedes aegypti* o de *Culex pipiens*, por lo que no observé preferencia por ninguna de las especies ofrecidas como presa.

Girardia anceps y *Botrhomestoma cf. evelinae* sobrevivieron después de un período seco a través de cocoques (estructuras reproductivas con cáscara dura y resistente) y *Girardia anceps*, fue la especie de gusanos chatos que mejor toleró las condiciones del agua que se acumula en recipientes artificiales.

Por lo tanto *Girardia anceps*, conocida comúnmente como planaria, podría ser un enemigo natural adecuado para reducir poblaciones de mosquitos que viven en recipientes artificiales.

En el zoológico de la ciudad de La Plata fueron realizados dos experimentos, mediante los cuales comprobé que la planaria *Girardia*

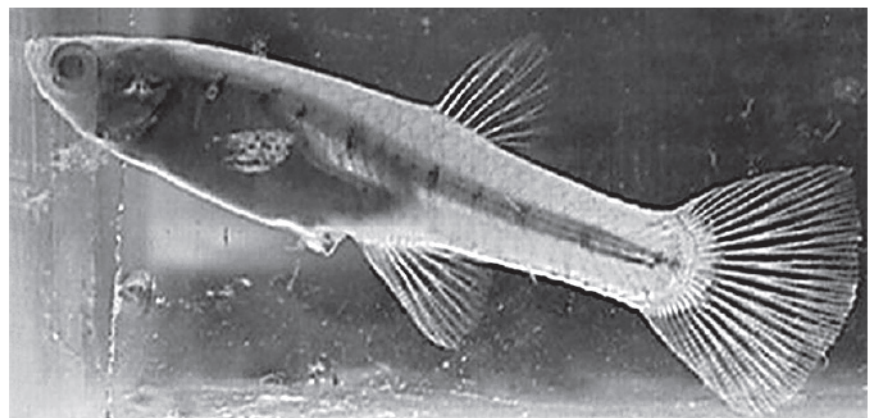
anceps es capaz de controlar las poblaciones naturales de mosquitos que viven en contenedores artificiales (*Aedes aegypti* y *Culex pipiens*), como floreros y neumáticos en desuso, que acumulan agua y resultó ser un agente de control eficiente para *Aedes aegypti* durante una temporada completa de cría (noviembre - mayo) de este mosquito. Por lo tanto este gusano chato puede ser empleado para el control de ambas especies de mosquitos en aquellos lugares donde existe gran cantidad de recipientes artificiales que acumulen agua como cementerios y tanques de agua para consumo humano.

3- Peces larvívoros (Panzuditos)

El pez *Cnesterodon decemmaculatus* (conocido comúnmente como "panzudito", Fig. 4) se alimenta de larvas de mosquitos y vive en las zanjas de desagüe domiciliario. En mi estudio fue evaluado como controlador a largo plazo de poblaciones naturales de *Culex pipiens*. En nueve zanjas de desagüe domiciliario fueron liberadas tres densidades de peces: 1, 7, y 13 peces/m². Este experimento se realizó durante el período enero de 2006, enero de 2008. El número de larvas del mosquito *Culex pipiens* fue registrado en las zanjas antes de la liberación de los peces. Mensualmente se registró el contenido del tracto digestivo de ejemplares de los peces (*Cnesterodon decemmaculatus*) y el número de crías por hembra.

En las zanjas donde fueron intro-

Fig. 4. Pez panzudito.



ducidos 13 peces/m² observé la eliminación de las larvas del mosquito luego de quince semanas de iniciada la experiencia. Por otro lado, donde fueron introducidos 7 peces/m² las larvas desaparecieron luego de veintidós semanas de la introducción de los depredadores. Por último, en las zanjas tratadas con 1 pez/m², si bien no se logró la erradicación de las larvas, se logró reducir la población registrando un menor número que en las zanjas control (zanjas donde no se liberaron peces, dejando que la población del mosquito siguiera su ciclo natural).

El número de crías por hembra adulta del pez *Cnesterodon decemmaculatus* varió entre 4 y 8. Restos de larvas de mosquitos fueron detectados en los peces colectados en las zanjas donde fueron introducidos artificialmente. Con estos resultados, se comprobó que la población del pez se adaptó al lugar donde fue liberado ya que pudo reproducirse, y que las larvas del mosquito fueron consumidas y por lo tanto controladas por este depredador.

Por último, en el laboratorio evalué si las hembras *Culex pipiens* seleccionan el sitio para poner sus huevos, teniendo en cuenta la presencia-ausencia del pez larvívoro. Se pudo observar que las hembras de esta especie de mosquito prefieren poner sus huevos en lugares donde el pez está ausente, ya que detectan la presencia de un depredador en el agua capaz de consumir sus larvas.

Control de larvas de mosquitos mediante bacterias

Dos tipos de bacterias que afectan a los mosquitos fueron halladas durante mi estudio. El primer tipo, provoca una enfermedad crónica en las larvas de *Culex pipiens* por la cual dichas larvas no pueden pasar al estado de pupa (previo al adulto volador) y mueren como larvas. Esta enfermedad es detectada por una

coloración blanca de las larvas, diferente al marrón que comúnmente presentan y que es causada por una bacteria. Se evaluó el mecanismo por el cual la bacteria entra a la larva para infectarla y la frecuencia con que aparece en poblaciones naturales del mosquito. Pude comprobar que esta bacteria ingresa a las larvas mediante lesiones en la cutícula (pared del cuerpo) y no por ingestión, que es la vía más común por la cual las bacterias entran a los insectos para provocarles una infección. La frecuencia de aparición de esta bacteria es relativamente baja en poblaciones naturales, desconociéndose aún si su presencia está relacionada a elementos presentes en el agua del lugar.

Por técnicas de biología molecular, se puede determinar que dicha bacteria es una protobacteria del género *Aquaspirillum* (Fig. 5). Este es el primer registro de *Aquaspirillum*



Fig. 5

como patógeno (agente que causa una enfermedad) de mosquitos, ya que la información acerca de relaciones de estas bacterias con insectos era nula hasta el momento de este hallazgo.

El segundo tipo de bacteria encontrado provoca mortalidad en las larvas. Se trata de un tipo de bacteria hallada en suelos, que producen esporas, estructuras que resultan

tóxicas para los mosquitos cuando sus larvas las ingieren. Tres aislamientos nativos de estas bacterias fueron obtenidos en este trabajo y se denominaron C107, C207 y C307. Estos fueron caracterizados sobre la base de estudios morfológicos, biológicos, bioquímicos y moleculares. Se evaluó la capacidad de estas bacterias para matar larvas de seis especies de mosquitos que viven en los alrededores de la ciudad de La Plata. Sólo los aislamientos bacterianos C107 y C207, fueron capaces de matar larvas de mosquitos y en coincidencia con esto, en ellos se registró la presencia de genes que producen sustancias que resultan tóxicas para los mosquitos. Todos los análisis realizados (moleculares, morfológicos, bioquímicos y biológicos), mostraron que el aislamiento C107 corresponde a la especie

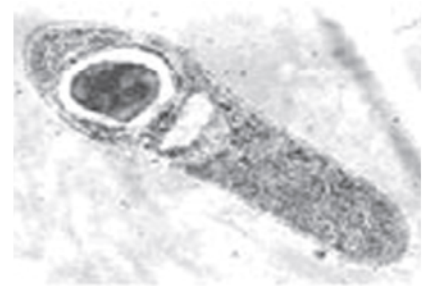


Fig. 6

Bacillus sphaericus (Fig. 6, y C207 a la especie *Bacillus fusiformis*. El aislamiento C307, es una especie de bacteria (*Bacillus licheniformis*) que no provoca mortalidad en larvas de mosquitos.

El éxito y las dificultades del control de mosquitos empleando organismos vivos

El control biológico tiene la ventaja de actuar de manera específica sobre el organismo que se desea controlar, provocar baja o nula perturbación en el ambiente y ofrecer un control a largo plazo. Mientras que el control convencional realizado con insecticidas químicos de amplio espectro no es específico,

actuando también sobre fauna que no es el objetivo del control.

Para lograr un control biológico exitoso debe conocerse previamente la ecología del vector que se desea controlar y la del agente de control que se quiere emplear. Las poblaciones de mosquitos se caracterizan por tener explosiones demográficas así como también por declinar rápidamente y los adultos se desplazan de manera constante colonizando nuevos ambientes.

Los hábitats en los que crían, abarcan un amplio rango que va desde ambientes temporarios (charcos) hasta permanentes (lagunas) y artificiales (como floreros y baldes), a completamente naturales (axilas de hojas de plantas). En cada tipo de ambiente, predominan diferentes factores que causan mortalidad de los estados inmaduros (larvas y pupas) de mosquitos, además de los físicos y químicos. Los enemigos naturales representan uno de los factores de mortalidad que pueden afectar a los mosquitos, usualmente en el estado larval. Debido a las características tan variadas que presentan las distintas especies de mosquitos, en cuanto a los lugares donde cría, al comportamiento de alimentación y a su fisiología en general, proporcionan un desafío para los investigadores que trabajan en el tema, al momento de seleccionar el agente de control adecuado. Por ejemplo, es probable que un mismo agente biológico no pueda ser empleado en el control de *Culex pipiens*, que vive en aguas poluidas como la de los desagües domiciliarios y a la vez, ser un eficaz controlador de *Aedes aegypti* que cría en contenedores artificiales donde se acumula agua potable para consumo humano. Mediante los resultados obtenidos en este trabajo, se concluyó que el pez larvívoro *Cnesterodon decemmaculatus* es un agente de control adecuado para poblaciones naturales de *Culex pipiens* por tratarse de una especie

que habita naturalmente cuerpos de aguas generalmente estancadas y poluidas, lugares complejos para la aplicación de otros métodos de control biológico. La introducción de este agente junto con la limpieza y el apropiado drenaje de los desagües sería sumamente eficaz para la reducción poblacional de *Culex pipiens*. Por otra parte, dentro de las bacterias identificadas en este estudio, el aislamiento C107, correspondiente a *Bacillus sphaericus*, es considerado buen candidato para el control de estados inmaduros de *Culex pipiens*, en el contexto de un plan de manejo integrado de este insecto vector.

El gusano chato (Turbelario) *Girardia anceps* y los copépodos resultaron candidatos interesantes para el control de poblaciones naturales de los mosquitos que viven en contenedores artificiales, debido a su capacidad para tolerar las condiciones extremas que este tipo de ambientes presentan. La capacidad de *Girardia anceps* para controlar estados inmaduros de mosquitos en recipientes artificiales, sumada a la facilidad de producirla masivamente en el laboratorio, llevan a proponerla como el agente de control más apropiado en aquellos sitios donde el control cultural no pueda ser aplicado, como recipientes de gran volumen usados para almacenar agua para consumo humano y donde la tasa de recambio de la misma es baja.

Por lo tanto, no existe un único agente de control que pueda ser aplicado para cualquier especie de mosquito ni en cualquier tipo de ambiente. Además, el agente seleccionado, debe ser integrado en un programa de control más amplio, ya que no hay un enemigo natural que reúna todas las cualidades esperadas, como reproducirse en el ambiente de manera eficaz, adaptarse a una amplia diversidad de hábitats y ser capaz de coloni-

zarlos, ser activo en la búsqueda de los insectos vectores y sobrevivir a la ausencia de los mosquitos.

Mediante los resultados obtenidos en este estudio, se ha demostrado que el empleo de enemigos naturales en momentos y lugares adecuados, proporciona una buena alternativa para el control de insectos vectores, que resulta segura para el ambiente y eficaz en el mediano y largo plazo.

La naturaleza ofrece una amplia gama de posibles agentes para el control biológico de *Aedes aegypti* y *Culex pipiens*, quedando de esta manera a nuestro alcance, la posibilidad de evitar la propagación de enfermedades transmitidas por estos mosquitos. Este logro podrá alcanzarse, si se aumenta el esfuerzo en la investigación sobre estos organismos para emplearlos adecuadamente. El avance de todos estos estudios, nos permitirá obtener como resultado, un control duradero y eficaz de insectos vectores de enfermedades.

*CEPAVE, Facultad de
Ciencias Naturales y Museo
UNLP, CONICET.