

Producción de peces  
*Poecilia maylandi*  
y su implementación para el  
**control biológico** de *Aedes spp.*

Angel F Betanzos R, Hilda Rangel F, Carlos E Martínez R,  
Mario H Rodríguez, Karina González V, Manuel Rivas G,  
Topiltzin Contreras M.



Instituto Nacional  
de Salud Pública

## **Producción de peces *Poecilia maylandi* y su implementación para el control biológico de *Aedes spp.***

Primera edición, 2020

D.R. © Instituto Nacional de Salud Pública  
Av. Universidad 655, Col. Santa María Ahuacatitlán  
62100 Cuernavaca, Morelos, México

ISBN 978-607-511-202-2

Impreso y hecho en México  
*Printed and made in Mexico*

**Agradecimientos:** Esta guía contó con la colaboración de Stephanie Montero Bending, Martha Beatriz Chávez Íñiguez, René Santos Luna y con la cooperación del Honorable Ayuntamiento de Xochitepec, Temixco, Jojutla y Puente de Ixtla en el Estado de Morelos.

**Citación sugerida:** Betanzos-Reyes AF, Rangel-Flores H, Martínez Rangel CE, Rodríguez-López MH, González-Valle K, Rivas-González JM, Contreras-MacBeath T. Guía de procedimientos para la producción de peces *Poecilia maylandi* y su implementación para el control biológico de *Aedes spp.* Cuernavaca: INSP, 2020.

**Participaron en la elaboración de la guía:** Angel Francisco Betanzos Reyes, Hilda Rangel Flores, Mario Henry Rodríguez (Centro de Investigación sobre Enfermedades Infecciosas del Instituto Nacional de Salud Pública); Carlos E Martínez Rangel (Facultad de Medicina de la UAEM); Karina González Valle (Universidad Guázar y Valencia); Manuel Rivas González (Escuela de Estudios Superiores del Jicarero de la UAEM); Topiltzin Contreras MacBeath (Laboratorio de Ictiología del Centro de Investigaciones Biológicas de la UAEM).

# Contenido

<b>Presentación</b>	<b>5</b>
<b>Prólogo</b>	<b>7</b>
<b>Introducción</b>	<b>9</b>
<b>Antecedentes</b>	<b>11</b>
Acuicultura y biodiversidad	11
Control biológico con peces	12
<i>Poecilia maylandi</i> . Familia <i>Poeciliidae</i>	15
Distribución	15
Biología	15
Clasificación Taxonómica	17
Principios para el mantenimiento de los poecílidos	17
<b>Colecta y cría en la subcuenca del Río Apatlaco Morelos, México</b>	<b>19</b>
Colecta de peces	19
Estanques controlados y siembra de peces	21
Adaptación de los peces en estanques controlados	22
Instalaciones de crianza	22
Estanques de nutrición y crecimiento	24
Rendimiento del cultivo de peces <i>Poecilia maylandi</i>	26
<b>Implementación del control biológico con peces nativos en comunidad</b>	<b>27</b>
Planificación	27
Capacitación de responsables de manejo de peces para control biológico	28
Extracción de peces de los estanques para control biológico	28
Transporte y entrega de peces	29
Encuestas y verificación para el control biológico	30
Informe de la implementación del control biológico con peces nativos en la comunidad	31
<b>Bibliografía</b>	<b>33</b>

# Abreviaturas y siglas

<b>CENAPRECE</b>	Centro Nacional de Prevención y Control de Enfermedades. Secretaría de Salud Federal. México
<b>CIPAS</b>	Centro Integral Piscícola para el Ambiente y Salud. Xochitepec, Morelos. México
<b>CONACYT</b>	Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología. Secretaría de Educación Federal. México
<b>CONAPESCA</b>	Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. Gobierno Federal
<b>ETV</b>	Enfermedades Transmitidas por Vectores
<b>FAO</b>	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
<b>H</b>	Sexo femenino de especies de peces (hembras)
<b>IEBEM</b>	Instituto de Educación Básica del Estado de Morelos. México.
<b>INSP</b>	Instituto Nacional de Salud Pública. Cuernavaca, Morelos. México
<b>M</b>	Sexo masculino de especies de peces (machos)
<b>PVC</b>	Tubo plástico de cloruro de vinilo versátil para el drenaje o transporte de aguas claras, residuales, líquidos y otros materiales no líquidos
<b>RNPA</b>	Registro Nacional de Pesca y Acuacultura. Conapesca. México
<b>SDS</b>	Secretaría de Desarrollo Sustentable del Gobierno del Estado de Morelos (2013-2018)
<b>UAEM</b>	Universidad Autónoma del Estado de Morelos. México

# Presentación

**E**sta guía para la aplicación de *Poecilia maylandi* para el control biológico de *Aedes aegypti* con la participación de la comunidad surge como una necesidad técnica para el desarrollo de una estrategia de participación municipal en la prevención y control del dengue con enfoque ecosistémico en la subcuenca del río Apatlaco de Morelos, México (CONACyT-234179:2015-2017). En ella, convergen experiencias y conocimientos colegiados sobre este pez nativo del río Apatlaco, el proceso de crianza en el laboratorio CIPAS del municipio de Xochitepec y las lecciones aprendidas en su aplicación organizada para el control biológico de criaderos de *A. aegypti* en colonias de los municipios que conforman la subcuenca del río Apatlaco: Puente de Ixtla, Jojutla, Xochitepec y Temixco en el estado de Morelos, México.

Su contenido es producto de la colaboración técnica del Dr. Juan Manuel Rivas González de la Escuela de Estudios Superiores del Jicarero y Dr. Einar Topiltzin Contreras MacBeath de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos; la Mtra. Stephanie Montero Bending de la Secretaría de Desarrollo Sustentable del Estado de Morelos; la pasante de Biología Karina González Valle; y los doctores Ángel Francisco Betanzos Reyes e Hilda Rangel Flores del Instituto Nacional de Salud Pública. También destaca el proceso de regulación y registro en Conapesca (RNPA: 1700009655) y acuícola (17010471) con apoyo del Biólogo Arturo Castañeda Castillo. La creación de esta guía se llevó a cabo dentro de un proceso de interacción transdisciplinaria, donde se compartieron conocimientos, experiencia y aprendizajes aplicables a una diversidad de contextos y necesidades para ayudar en la prevención y control criaderos de *A. aegypti*.

La participación municipal con abordaje ecosistémico en la prevención del dengue y otras arbovirosis privilegia los conocimientos y condiciones de la transmisión de las enfermedades transmitidas por *A. aegypti* a nivel local y regional, para la aplicación de acciones de prevención pertinentes al contexto social, cultural y ambiental.

Esta guía incluye la descripción de la biología y crianza del pez *P. maylandi* (Topote del Balsas) y los procedimientos para su aplicación en el control biológico de criaderos de este mosquito. Ésta formó parte de un paquete de acciones organizadas de educación y participación de la población local, municipal e intersectorial, a través de estrategias de educación y formación en escuelas (educación preescolar, primaria y secundaria), en la comunidad y campañas

de saneamiento de residuos sólidos en colaboración con ayudantías municipales, autoridades municipales, sectores gubernamentales (ambiente, educación y salud) y el Programa de Control de Enfermedades Transmitidas por Vectores (ETV) de los Servicios de Salud estatal y jurisdiccional.

Angel F. Betanzos.  
Médico Epidemiólogo del Instituto Nacional de Salud Pública.  
abetanzos@insp.mx

# Prólogo

Los mosquitos *Aedes* son los encargados de transmitir, entre las personas, varios virus causantes de enfermedades. Entre estas enfermedades destaca el dengue, causado por cuatro serotipos del virus homónimo, que es endémico en varios Estados de México. Recientemente, otros virus como el virus Zika y el virus Chikungunya, también transmitidos por estos mosquitos, fueron introducidos y rápidamente diseminados en el continente americano incluyendo México. Las infecciones producidas por estos virus pueden cursar asintomáticas, pero también producir cuadros agudos graves con complicaciones sistémicas y letalidad variable. No existe tratamiento antiviral específico para ellas, de modo que sólo puede ofrecerse a los pacientes infectados tratamiento sintomático. Tampoco existen vacunas eficaces para su prevención, por lo que las únicas estrategias de prevención y control de su diseminación están dirigidas a abatir las poblaciones de mosquitos y prevenir las picaduras de éstos.

Los mosquitos *Aedes aegypti* y *A. albopictus* se han adaptado a vivir y reproducirse en las casas y en los alrededores de los entornos urbanos. En estos sitios, los mosquitos, que tienen apetito por la sangre humana, encuentran fuentes de este alimento que las hembras requieren para producir sus huevos. Adicionalmente, las casas les ofrecen sitios sombreados y frescos donde vivir mientras desarrollan sus huevos. A partir de los huevos, el desarrollo de los mosquitos sólo puede llevarse a cabo en el agua. De modo que las hembras depositan sus huevos en una variedad de contenedores con agua, que son utilizados por los habitantes humanos, con quienes comparten el medio ambiente urbano.

Estos ecosistemas urbanos, con fluctuaciones estacionales, son propiciados y mantenidos por las condiciones sociales, culturales y económicas que definen las necesidades de las comunidades humanas para llevar a cabo sus actividades cotidianas. Pero de todas ellas, la necesidad del abasto de agua y su disponibilidad en depósitos para su uso cotidiano son determinantes para que los mosquitos dispongan del medio líquido para desarrollar sus larvas.

Tradicionalmente, el uso de insecticidas para el control de mosquitos adultos ha sido la intervención más socorrida. Sin embargo, ya sean éstos aplicados en nebulizaciones o en rociado intradomiciliario, su efectividad es limitada dado que los mosquitos se han vuelto resistentes a estos químicos tóxicos. En este contexto, las estrategias de salud pública para el control de estos mosquitos vectores requieren del trabajo conjunto de los programas de

control, otros sectores gubernamentales y de la participación activa de las comunidades. Este arreglo permite el desarrollo de estrategias integrales de control, en las que se conjunten medidas para disminuir las fuentes de producción larvaria, el control de la población de mosquitos adultos, la disminución del contacto humano-vector, el mejoramiento de la vivienda, el desarrollo urbano adecuado y el empoderamiento informado de las comunidades para la promoción del bienestar individual y colectivo.

Actualmente, muchas comunidades colaboran en el control de mosquitos, participando en la eliminación de los contenedores en sus domicilios que pudieran acumular agua, lo que se organiza en campañas de Patio Limpio y descacharización. Sin embargo, los contenedores más grandes en los que se almacena el agua para uso humano no pueden eliminarse y requieren de otro tipo de manejo. Aunque se cuenta con insecticidas larvicidas que pueden ser aplicados en estos depósitos, su efecto es limitado por las mismas razones que hacen poco efectivo los adulticidas.

Las estrategias de control biológico se basan en el uso de agentes vivos dañinos para las larvas de los mosquitos, ya sean tóxicos o sean sus depredadores (se alimenten de ellas). Para estimar la eficacia de estas estrategias se debe tomar en cuenta su efectividad para suprimir las poblaciones larvarias, su sostenibilidad una vez aplicadas y su costo. El uso de peces larvívoros es una estrategia que responde bien a estas consideraciones y que ofrece la oportunidad para el trabajo organizado de las comunidades, en participación con los programas gubernamentales multisectoriales para construir estrategias integrales de control.

Esta Guía de procedimientos para la producción de peces *Poecilia maylandi* y su implementación para el control biológico de *Aedes spp.* describe todos los aspectos para la producción de estos depredadores larvarios; desde su colecta en sus hábitats silvestres, su cría y producción, así como su aplicación para el control larvario. Si bien está dedicada a la explotación de un pez nativo del río Apatlaco en el estado de Morelos, puede ser útil para explorar esta estrategia de control con otros peces nativos en otros sitios geográficos.

Mario H. Rodríguez.  
Investigador Emérito del Instituto Nacional de Salud Pública.  
mhenry@insp.mx



# Introducción

La utilidad del uso de peces para el control biológico de mosquitos se conoce desde hace muchos años, sin embargo, su utilización comenzó a principios del siglo XX, destacando el uso del pez mosquito (*Gambusia affinis*), una de las especies más prometedoras, por ser un eficaz consumidor de larvas de mosquitos, por su abundancia, alta capacidad reproductiva y por encontrarse en numerosos ecosistemas de agua dulce. Su gran capacidad de adaptación también le permite a *Gambusia affinis* habitar en cuerpos de agua con alto contenido en residuos orgánicos, lugares de intensa contaminación y de vegetación abundante, hábitats en los que también son comunes diferentes especies de mosquitos.<sup>1</sup>

La aplicación formal del control biológico con peces larvívoros se inició en los años setenta sobre criaderos de vectores de la malaria, como una alternativa para resolver las preocupaciones debido a la contaminación ambiental por el uso de insecticidas y la efectividad limitada de estos en vectores resistentes. Sin embargo, su aplicación se fue reduciendo debido a las dificultades para cubrir la diversidad y extensión de criaderos de *Anopheles* y por la insuficiente evidencia de su efectividad en el control de larvas y pupas y su impacto en la reducción de la transmisión de la malaria.<sup>2</sup>

El control biológico de criaderos de *Aedes spp.*, en contenedores de agua, es una medida recomendada por la Organización Mundial de la Salud (OMS), dentro de las estrategias de gestión integrada para el fortalecimiento de acciones de los programas de control del dengue y otras arbovirosis.<sup>3</sup> Los peces del género *Poecilia* (*P. reticulata*, *P. maylandi* y *P. gracilis*) se han utilizado para eliminar las larvas de mosquitos en grandes recipientes utilizados para almacenar agua potable, así como en pozos abiertos de agua dulce, acequias y depósitos industriales. Por lo general, el pez mosquito se adapta bien a estos tipos de medios acuáticos cerrados y se ha utilizado con mayor frecuencia.<sup>4,5</sup> De bajo costo, su acción sostenida contra formas acuáticas del vector puede sustituir el uso de medidas químicas con bajo efecto residual, lo que evita la contaminación del ambiente.<sup>3</sup>

La importancia cada vez mayor de la piscicultura ha obligado a quienes se ocupan de ella a mejorar las técnicas necesarias para producir peces de calidad y su propagación masiva, artificial o semiartificial. Las técnicas de propagación artificial han permitido la reproducción de peces como el *P. maylandi*, una especie nativa de la región de la subcuenca del río Apatlaco. También permiten

la reproducción y la cría (estado larval de peces) en un ambiente protegido y controlado, lo que incrementa así su supervivencia, crecimiento y resistencia a las enfermedades, además de aumentar su tolerancia a cambios de temperatura, con lo que se puede mantener su producción fuera de la temporada habitual de reproducción.

Para el control biológico de mosquitos, en localidades endémicas de dengue y otras arbovirosis transmitidas por el mismo *Aedes spp.*, se recomienda utilizar peces larvífagos autóctonos, ya que las especies exóticas pueden escaparse e invadir hábitats naturales y vulnerar la funcionalidad y diversidad de los ecosistemas.<sup>6</sup>

La aplicación de peces puede utilizarse en viviendas donde existan grandes depósitos de agua permanentes, que rara vez son vaciados o lavados, y que tienen alta productividad larvaria y pupal. En su implementación, un requisito indispensable es la aceptabilidad y participación de la población que asegure el sostenimiento de la medida. Para ello, es conveniente enriquecer esta aceptabilidad con el reconocimiento de beneficios complementarios que brinda la medida de control al medio ambiente, en particular sobre hábitat de especies nativas. Para la inclusión de esta estrategia en el control de mosquitos *Aedes spp.*, es necesario conducir procesos para desarrollo de la participación organizada de la comunidad; participación que incluye además de la decisión de aplicar y mantener esta alternativa de control, participar en la planificación, distribución, mantenimiento y verificación del control efectivo de criaderos. Por otra parte, es importante estimar las limitaciones de su aplicación, por ejemplo, la susceptibilidad y riesgo de muerte de los peces debido a niveles elevados de cloración del agua almacenada ( $\geq 0.6$  mg/L).

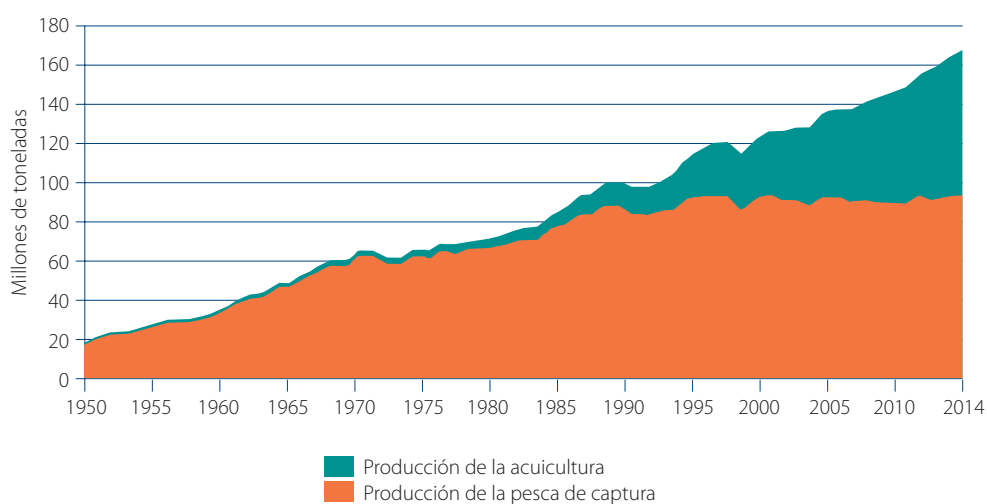
La presente guía tiene el propósito de brindar el soporte técnico para la producción de peces nativos, su distribución e implementación en actividades de control biológico de larvas de mosquitos *Aedes spp.* Esta estrategia debe complementarse con acciones educativas y gestión de la participación municipal, comunitaria e intersectorial.

## Acuicultura y biodiversidad

La creciente importancia de la acuicultura se debe a su contribución en la seguridad alimentaria y actividad económica, lo que favorece la producción de alimentos que compensa la disminución progresiva de la captura pesquera a nivel mundial. Para el 2014, la acuicultura alcanzó una producción histórica mundial en la oferta de pescado de 20 kg per cápita, representando la mitad de todo el pescado destinado al consumo humano (figura 1).<sup>7</sup>

De acuerdo al Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD, por sus siglas en inglés: <https://www.biodiversidad.gob.mx/planeta/internacional/cbd.html>), los seres humanos son quienes modifican más los ecosistemas de aguas continentales pues introducen alteraciones físicas que generan la pérdida y degradación de los hábitats, la extracción excesiva de agua, la sobreexplotación y la contaminación.<sup>8</sup> Las principales amenazas incluyen una acuicultura poco sustentable, que ocasiona alteraciones ambientales debido al uso desmedido de agua, y la eutrofización por un enriquecimiento de aguas superficiales con nutrientes que a su vez provoca aumento de fitoplancton. Además de recambios indiscriminados del líquido, y la contaminación con antibióticos, hormonas, materia orgánica (heces fecales y peces muertos) y la introducción de especies exóticas invasoras.<sup>9</sup>

**Figura 1.** Producción mundial de la pesca de captura y la acuicultura



Fuente: FAO, 2016.<sup>7</sup>

La introducción de especies exóticas es considerada una de las principales causas de pérdida de biodiversidad, debido a que éstas alteran hábitats, provocan cambios en las características químicas del agua, alteran procesos biogeoquímicos, modifican redes tróficas y pueden presentar interacciones reproductivas en detrimento de las especies nativas, que puede resultar en una reducción del tamaño poblacional;<sup>10</sup> como es el caso de la carpita de Morelos (*Notropis boucardi*).<sup>9,11</sup> De este modo, las especies exóticas invasoras se convierten en el segundo factor de riesgo de pérdida de diversidad biológica, sólo después de la destrucción del hábitat;<sup>12</sup> siendo la acuicultura una de las numerosas actividades humanas que han afectado severamente la condición de los ecosistemas dulceacuícolas tanto en Morelos, como en todo el planeta.<sup>13</sup>

Las especies de peces comúnmente utilizadas proceden principalmente de regiones como el sureste asiático, Centroamérica y Brasil, las cuales son introducidas mediante tres principales mecanismos: importación, la llegada de un vector de transporte como son barcos y plataformas móviles y la propagación natural desde una región o escape accidental de granjas. Una vez introducidas, estas especies son capaces de establecerse en el medio natural para formar poblaciones viables que se expanden y alteran los ecosistemas invadidos.<sup>10,12</sup>

## Control biológico con peces

El control biológico de plagas con peces representa una alternativa para reducir la dependencia a medidas químicas como los insecticidas, con lo que se evitan posibles efectos deletéreos a organismos no blancos y la contaminación del medio ambiente. La aplicación del control biológico con peces larvívoros se inició durante la reemergencia de la malaria en los años setenta, cuando también se originaban preocupaciones sobre la contaminación ambiental y la emergencia de resistencia de los mosquitos a los insecticidas aplicados por los programas de control. Las primeras intervenciones con control biológico se realizaron en Somalia, utilizaron principalmente peces de la especie *Oreochromis spilurus* (pez tilapia) sobre criaderos de *Anopheles arabiensis* y *Gambusia affinis holbrooki* para el control de *A. stephensi* en la India.<sup>3</sup> Esta estrategia también se aplicó en cuerpos de agua dulce del lago Malawi en África para controlar la población de caracoles, para reducir la transmisión de esquistosomiasis.<sup>14,15</sup>

Esta alternativa de control mostró ventajas en sus costos de implementación, siendo hasta 25 veces mayor la inversión para el rociado residual con DDT (\$0.50 USD per cápita) que el control biológico utilizando peces (\$0.02 USD per cápita).<sup>3</sup>

También se documentaron ventajas en su rentabilidad y sostenimiento cuando se integraba la participación de la comunidad en el mantenimiento de la medida en los criaderos; con actividades periódicas para eliminar la maleza alrededor de los cuerpos de agua, la distribución y reposición de peces en criaderos de mosquitos.<sup>3</sup> Sin embargo, la falta de evidencia para sustentar su efectividad en el control de larvas de *Anopheles* y sobre la prevención de la transmisión de la malaria fue limitando su utilización por los programas de control, aunque se recomienda como actividad complementaria a otras medidas de control integral.<sup>2</sup>

En México, existe evidencia sobre la efectividad de peces nativos (*Poecilia sphenops*) en criaderos de *A. pseudopunctipennis*, principal vector de la malaria en las costas del Océano Pacífico.<sup>16</sup> Esta misma especie autóctona, al igual que otras, también ha mostrado eficacia para el control de larvas de *A. aegypti* en tanques de almacenamiento de agua en Tapachula, Chiapas, México.<sup>17</sup>

El uso de peces para el control biológico de criaderos del vector del dengue y otras arbovirosis es una alternativa recomendada por la OMS, específicamente para criaderos domésticos con capacidad igual o mayor a 200 litros (tanques, piletas y tambos), utilizados para almacenamiento de agua, los cuales contrastan con criaderos naturales extensos y variados de *Anopheles*.<sup>3,18,19</sup>

El pez guppy (*Poecilia reticulata*) es una de las especies más prometedoras por su eficacia depredadora de larvas de mosquitos, con ventajas en costos operativos, aceptabilidad y sostenimiento.<sup>20-22</sup> Este pez es resistente a largos periodos de inanición, cambios bruscos de temperatura<sup>19</sup> y presenta capacidad de adaptación para alimentarse de microorganismos o micro algas, y de sobrevivir en cuerpos de agua con alto contenido de residuos o sitios de intensa contaminación y abundante vegetación, donde también comparte hábitats con diferentes especies de mosquitos.<sup>23</sup>

Sin embargo, la evidencia sobre su efectividad es aún limitada. Algunos estudios han demostrado una relación inversa entre los niveles de cobertura con peces (*Poecilia reticulata*) y los niveles de infestación del vector. De esta forma, se documentó que por cada incremento del 1% en la cobertura con *P. reticulata* se logró reducir en 0.19% la infestación en contenedores positivos a larvas de *A. aegypti* ( $R^2=0.49$ ,  $p<0.006$ ).<sup>18,5</sup> En otro estudio llevado a cabo en el municipio de Tetecala, Morelos, México, durante 2014, se realizó un ensayo experimental de campo para analizar la eficacia del pez guppy en el control de larvas en recipientes con capacidad de 15 litros. En este ensayo se observó una reducción significativa de niveles de larvas (OR= 0.264, IC95%: 0.156-0.446,  $p<0.000$ ) de hasta 3.79 veces con respecto a recipientes testigos sin medida alguna y de 1.8 veces más sobre el control químico con el insecticida temefos (OR= 0.554, IC95%: 0.316-0.969,  $p=0.037$ ).<sup>24</sup>

La implementación del control biológico utilizando peces autóctonos implica asegurar condiciones en la preservación de los hábitats naturales de especies nativas y, también, sustentar su eficacia y efectividad a través del monitoreo y evaluación de los beneficios en la protección del ecosistema y repoblación de las especies de peces nativas de la región. Es importante notar que ésta es una alternativa dirigida a determinados criaderos, y que se complementa con acciones integrales por la comunidad, sectores y actores sociales participando en la prevención y control de la transmisión del dengue y otras arbovirosis.

Su implementación como medida biológica de control debe complementarse necesariamente con acciones de educación, participación social y comunitaria, y la vinculación de la cooperación intersectorial y municipal. Los peces no se pueden colocar en todos los sitios de reproducción de mosquitos y en el caso de *P. maylandi* su aplicación se recomienda a recipientes mayores de 200 litros, aunque se han aplicado también en cisternas, tambos y tinacos. Además, con la utilización de especies nativas se protegen especies en peligro de extinción y se abre la posibilidad de la repoblación natural en su hábitat natural, las cuencas de los ríos, en donde fueron inicialmente colectados. Así, con esta medida de control, se recicla el remanente de crianza y la producción que se genera en viviendas cubiertas.

El control biológico con peces nativos (*P. maylandi*) es una alternativa que complementa acciones que responden a necesidades de transmisión local y regional. Estas necesidades deben identificarse mediante el estudio sistémico de la transmisión espacial y temporal (diagnóstico) en la región a intervenir.

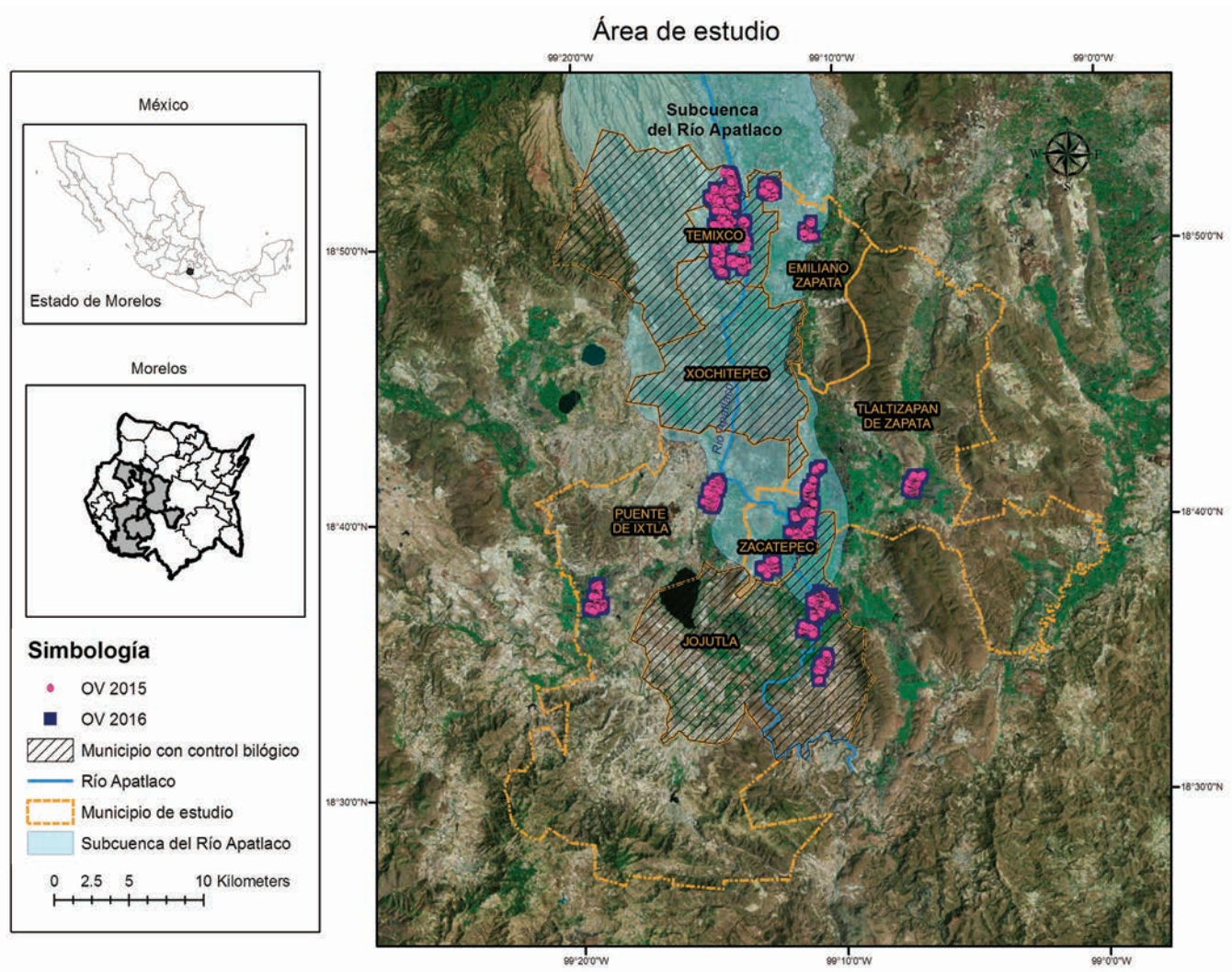
En el caso particular de su implementación en municipios de la subcuenca del río Apatlaco, dentro del abordaje ecosistémico de la participación municipal, su aplicación demostró efectividad, rentabilidad y sostenimiento en el control de criaderos potenciales de contenedores de agua en viviendas, colonias y municipios de la región.<sup>25</sup> Además, documentaron cambios progresivos en la aceptación, conocimiento y



prácticas de medidas de prevención y control de saneamiento físico y control biológico, sobre las medidas tradicionales de control químico con temefos (figura 2).

En un estudio en la región de la cuenca del río Apatlaco el control biológico mostró efectividad en la disminución de larvas y pupas de *Aedes aegypti* en depósitos de almacenamiento de agua mayores a 200 litros,<sup>26</sup> el costo estimado fue de \$0.50 o \$0.02268 USD (valor de cotización actual de \$18.6317 MXN por dólar, 24 de abril del 2018) por pez, \$0.1072 USD por vivienda (cuatro peces para dos contenedores en promedio por vivienda) y \$0.0214 USD per cápita (cinco integrantes por vivienda), siendo consistente con estimaciones realizadas a finales del siglo XX.<sup>3,27</sup>

**Figura 2.** Control biológico con peces (*Poecilia maylandi*) y monitoreo con ovitrampas y en municipios de la Sub-cuenca del Río Apatlaco del estado de Morelos, México. 2015-2016<sup>24</sup>



Fuente: INSP, Subdirección de Geografía Médica

## ***Poecilia maylandi*. Familia *Poeciliidae***

Los guayavones, topotes, espadas, pez mosquito y mollys son un grupo de peces dominantes en las aguas dulces y salobres de tierras bajas de América Central y las Indias Occidentales, con distribución desde el este de Estados Unidos hasta el noreste de Argentina. La Familia *Poeciliidae* comprende unos 22 géneros y 180 especies; la mayoría de ellas pequeñas, 31-70 mm LP (200 mm máximo). Los miembros de esta familia cuentan con fecundación interna por medio del gonopodio del macho (modificación de los radios anales 3-5) y dan a luz a sus crías vivas.<sup>28</sup>

En ambos sexos, los primeros tres radios anales no están divididos, y el tercero casi alcanza el margen distal de la aleta. El cuarto radio es profundamente ramificado. Los caracteres gonopodiales se usan ampliamente con fines taxonómicos y a veces las especies no pueden identificarse sin examinar a los machos.

Las hembras grávidas retienen esperma y pueden producir varias camadas sucesivas estando aisladas de los machos hasta por 10 meses o más. Algunas especies muestran superfecundación, de modo que dos o más camadas en diferentes etapas de desarrollo coexisten en una sola hembra.<sup>28</sup> Esto ha evolucionado varias veces en esta familia, probablemente de manera independiente. Los poecílicos presentan gestación intrafolicular y placenta folicular. Los neuromastos desnudos u “órganos en depresiones”, en los cuales hay filamentos nerviosos expuestos al medio acuoso circundante, funcionan como una conexión íntima entre el ambiente y el sistema acústico lateral, el cual detecta vibraciones y está desarrollado ampliamente en estos peces.

Los machos nupciales dominantes son de color negro en la mayor parte del cuerpo y en las aletas dorsal y caudal, con un área subterminal naranja en la caudal. La máxima longitud conocida es de 68 a 100 mm de largo total (LT, desde la punta del hocico hasta la punta más larga de la aleta caudal).<sup>28</sup> Los órganos se presentan como sigue: a lo largo de la hilera axial de escamas (raras veces faltan algunos), posteriormente en la tercera fila de escamas por la línea media ventral, y en el pedúnculo caudal, a lo largo de la segunda hilera medio lateral. Estos órganos también se presentan en posición anterior antes de la aleta pélvica y algunos más en posición posterior sobre la segunda hilera sobre la hilera de escamas axial, como se muestra en la figura 3.

## **Distribución**

*Poecilia maylandi* se encuentra distribuida en la vertiente del océano Pacífico, cuenca del río Balsas, subcuenca del río Apatlaco y río Aguililla, en los estados de Guerrero, Jalisco, Michoacán y Morelos.<sup>28</sup> Habita a profundidades de hasta un metro en arroyos y ríos de agua clara a turbia, con remansos y cursos rápidos; con velocidad del agua variable (aunque la especie busca el agua más tranquila) fondo de lodo, arena, limo, grava, rocas, cantos rodados o fragmentos de rocas pulidos y sueltos, con algas verdes emergentes densas de *Eichhornia crassipes* llamado comúnmente como potamogeton o Jacinto de agua, como se muestra en la figura 4.<sup>28</sup>

## **Biología**

Existe poca información sobre esta especie. La captura de especímenes jóvenes se debe realizar preferentemente entre marzo y junio; la temporada reproductiva es probablemente mucho más larga que eso. Las diatomeas, algas verdes filamentosas y fitoplancton son probablemente sus principales alimentos, al igual

**Figura 3.** *Poecilia maylandi*: A) Macho y B) Hembra

A) Macho, aleta anal modificada en gonopodio



B) Hembra, sin aleta anal modificada y gravidez



Fuente: Dr. Humberto Mejía Mojica. Laboratorio de Ictiología. Centro de Investigaciones Biológicas de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

**Figura 4.** *Eichhornia crassipes*



Fuente: CIPAS, 2018



que para otras especies de Mollys. *Poecilia maylandi* es un pez vivíparo, tiene una fecundación interna, esto quiere decir que mantienen los huevos dentro del cuerpo y dan a luz a crías vivas. Los machos poseen una modificación de su aleta anal en forma de órgano reproductor llamada gonopodio, que les sirve para transferir los espermatozoides durante la fertilización interna. Las crías salen del vientre de la madre completamente formados y son capaces de nadar y alcanzan la etapa juvenil a los dos meses y la adulta a los seis meses (figura 5). El número de crías puede ser de uno hasta un promedio de 100 y depende principalmente del tamaño de la madre.

## Clasificación taxonómica

Reino: *Animalia*

Phylum: *Chordata*

Clase: *Actinopterygii*

Orden: *Cyprinodontiformes*

Familia: *Poeciliidae*

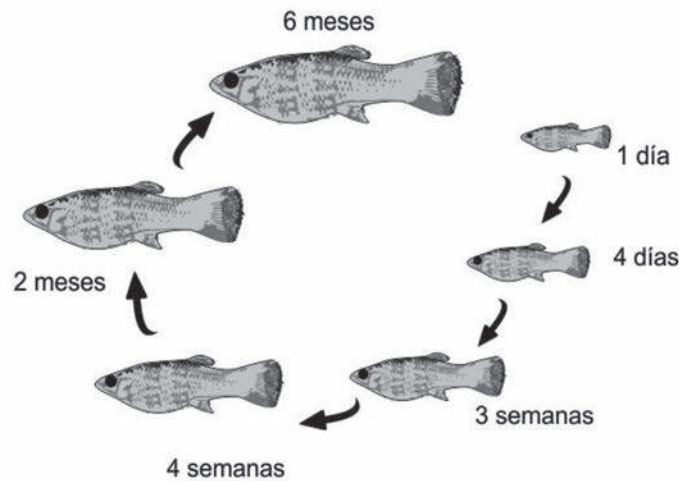
Género: *Poecilia*

Especie: *Poecilia maylandi* (Meyer, 1983)

## Principios para el mantenimiento de los poecílicos

Las condiciones acuáticas de mantenimiento para poecílicos se establecen en función de las especies con las que están asociados. Por norma general, se puede preparar el agua en torno a valores neutros de

**Figura 5.** Ciclo biológico del *P. maylandi*



Fuente: Dibujo elaborado por el Dr. Manuel Rivas (Escuela de Estudios Superiores del Jicarero, Universidad Autónoma del Estado de Morelos) y la pasante de Biología Karina González Valle (Universidad Guizár y Valencia).

acidez (pH: 7), aunque el rango de niveles tolerables es de 6 a 8 de pH. Aunque cada especie presenta particularidades, en el caso de los poecílicos conviene ofrecer aguas moderadamente duras a duras, pudiendo llegar hasta los 30° de dureza. En caso de acuario/cautiverio conviene aportar al agua cierto porcentaje de salinidad.

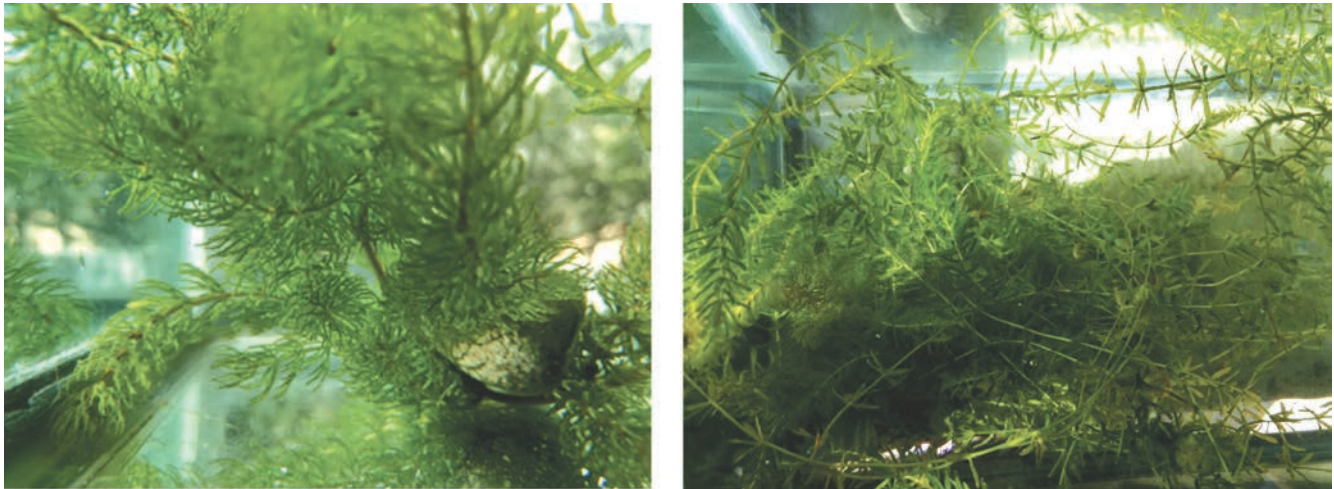
En condiciones de cautiverio, esta familia de peces prefiere aguas claras de baja corriente en acuarios plantados que ofrezcan refugio a las crías y a las hembras. La temperatura adecuada de mantenimiento comprende una amplia franja de posibilidades, por lo que es conveniente fijarla entre los 20 y los 26° C.<sup>29</sup>

En el acuario la cría de poecílicos se produce de forma automática e incontrolada. Por lo general las hembras controlan sus periodos fértiles y los hacen coincidir con épocas ricas en alimento, su número no suele superar los cuarenta individuos, aunque existen casos de hembras de gran tamaño que pueden superar los 100.

Los padres devoran a las crías a pesar de la capacidad de huida instantánea de las crías por lo que se debe preparar el tanque con el suficiente número de escondites posibles para que las crías puedan refugiarse. Generalmente, el alga que crece en los estanques es suficiente para la siembra, como se muestra en la figura 6.

Cuando las hembras están grávidas, presentan un abultamiento que se puede distinguir en la zona ventral y, en ocasiones, en los estados más avanzados se puede distinguir incluso la presencia de los huevos. Cuando se acerca el momento del alumbramiento, que suele producirse al atardecer, la mancha de gravidez retrocede hasta la aleta anal como se muestra en la figura 3B.<sup>29</sup>

**Figura 6.** *Macrophyta acuática (Ceratophyllum demersum)*



Fuente: CIPAS, 2018

# Colecta y cría en la subcuenca del Río Apatlaco. Morelos, México

## Colecta de peces

Las colectas se llevaron a cabo con las siguientes artes de pesca como son la red de mano (red de cuchara) y chinchorro de tres metros de largo por 1.5 de alto y con luz de malla de 0.5 cm, como se muestra en la figura 7. Se toman muestras hasta encontrar la especie que se necesita.

Previamente, se debe tener conocimiento sobre las características morfológicas de la especie para que la identificación se lleve a cabo en el lugar de la colecta. Posteriormente, cada uno de los organismos colectados se depositan en una cubeta con agua para transportarlos. Se registran algunos parámetros fisicoquímicos del sitio (hábitat) con ayuda de una sonda multiparamétrica, tales como el oxígeno disuelto, la temperatura del agua, el total de sólidos disueltos y la conductividad en cada uno de los sitios de colecta (figuras 8 y 9).

La colecta se realiza en transectos de aproximadamente 30 metros de largo. Después de la captura, los peces son trasladados a estanques controlados, que se describen en el siguiente capítulo, para su cuidado y reproducción (figura 10). Cuando los peces colectados están en estado juvenil no se puede cuantificar el número exacto de hembras y machos colectados.

**Figura 7.** Colecta de peces en el Río Apatlaco, Morelos, México



Fuente: CIPAS, 2016

**Figura 8.** Instrumentos para captura de peces



Red de cuchara



Chinchorro de pesca



Multiparamétrica

**Figura 9.** Medición con sonda multiparamétrica



Fuente: Fuente: CIPAS, 2016



**Figura 10.** Estanque de reproducción 3 por 2 metros

Fuente: CIPAS, 2018

## Estanques controlados y siembra de peces

El área de reproducción debe disponer de tres secciones: 1) Estanque de reproductores; 2) Estanques exclusivos para crías; y 3) Estanques de nutrición y crecimiento. Por ejemplo, se recomienda que la infraestructura de estanques se construya de concreto con esquinas ovaladas, cuatro para reproductores de 1 x 1 metros, cuatro de 3 x 2 x 1 metros para las crías (figura 11) y otros cuatro de 4 x 4 x 1 metros para su crecimiento. Estos estanques deben estar protegidos con malla antigranizo para evitar depredadores (aves e insectos en fase de desarrollo acuático como las libélulas).

Cada estanque debe tener bordes redondeados y desnivel para su desagüe individual mediante tubos PVC que terminen con una malla que impida que los peces se vayan al desagüe. Cada tubo debe tener en su base un codo que ayude a mover el tubo del desagüe hasta 90°, con la finalidad de vaciar el agua. Cada tubo se une al resto para llegar a un registro antes de ser vertido al drenaje municipal.

Los peces reproductores, de los que se obtienen los productos sexuales necesarios para dar vida a una nueva generación, necesitan muchos cuidados. En cada uno de los cuatro estanques reproductores (1 x 1 x 1) se pueden mantener de 20 a 50 reproductores. En una proporción de machos y hembras de uno a dos, es ideal tener dos machos por hembra. Si las técnicas de propagación se aplican adecuadamente,

tomando en cuenta que cada hembra puede producir en promedio 30 crías en un periodo de 30 días, es necesarios al menos un tanque de 3 x 2 x 1 por cada estanque de reproductores para colocar a las crías.

Los poecílicos no conforman parejas, por lo que es necesario agrupar machos y hembra adultos para inducir la fecundación. Este agrupamiento se integra al menos por un macho y una hembra de la misma especie, en la etapa de reproducción después de cuatro meses de crecimiento. Al formar las parejas de reproductores, se pretende contar con una reproducción controlada. En los estanques de 1 x 1 x 1 se encuentran los peces reproductores y toda la cría se sembrará en los estanques de 2 x 3 x 1 para su crecimiento, el alimento inicial será la fórmula que se describe en el cuadro I(A), durante el primer mes de siembra; el segundo mes se utilizarán algas y larvas y cada semana se dará un suplemento con fórmula (cuadro I [B]). Durante el tercer mes se utilizarán algas y larvas y cada semana se dará un suplemento con fórmula (cuadro I [C]). A partir de esta fecha se continuará la misma alimentación y el suplemento se dará al menos tres veces por semana en las cantidades que marca dicho suplemento. La separación de los peces se hará con coladeras de diferentes tamaños, en este caso se utilizará la coladera del número 3 (cuadro II).

## Adaptación de los peces en estanques controlados

El procedimiento que se aplica a los organismos colectados para su reproducción es el siguiente: la cubeta en la cual fueron depositados posteriormente a su captura es introducida en el estanque aproximadamente por 20 minutos, con el fin de que la temperatura del agua en que transportaron sea semejante a la del estanque de cautiverio y así evitar un shock térmico en los peces, como se muestra en la figura 11. Este proceso se repite en cada colecta.

Los peces se colocan en estanques previamente preparados con agua almacenada por más de tres semanas y con la presencia de algas que crecen en los estanques de manera natural. Los peces se alimentan de larvas de mosquito, algas y alimento comercial tipo mini pellet, que se detalla más adelante.

## Instalaciones de crianza

Durante las primeras tres a cuatro semanas de la cría, su alimentación inicial es la formula líquida por una semana, posteriormente a base de la formula en polvo por cuatro semanas y finalmente con alimento granulado. Una vez que alcanzan la etapa juvenil, requieren de estanques más grandes para continuar su desarrollo.

Los tanques especiales de crianza deben tener una dimensión de 1 x 2 x 3 metros. Los tanques se construyen de ladrillo empleando material de buena calidad, de esta manera se asegura que los muros de los estanques sean resistentes y se evita la entrada de ranas, sapos y serpientes. La estructura del drenaje de los estanques es simple: todos los estanques deben tener un declive hacia la esquina donde se instala un tubo de PVC de 2 pulgadas con un codo superior que mida aproximadamente 80 cm con una red metálica para que en caso de que se llene el estanque, el agua drene y no escapen las crías. Además, deben contar con un recipiente situado en el fondo (para recoger a las crías cuando se vacía el estanque).

Cuando se introducen las crías, el estanque debe contener un 80% de agua, de la cual cada tercer día se debe vaciar de 30 a 40% y agregar la misma cantidad de agua limpia una o dos veces por semana, en la medida que las crías crecen. El índice de siembra para un estanque de ese tipo es de 5 000 crías por estanque.

## Cuadro I Requerimientos nutricionales y alternativas en la preparación de fórmula líquida (A), polvo (B) y mini pellet (C) de alimentos balanceados para peces en fase de engorda

### A. Líquida

Vitaminas: Leche en polvo --40 gramos---8 cucharadas. Y: Huevo. -una pieza (huevo duro- un huevo duro. Una taza de agua equivalente a 250 ml.

#### a. Composición:

■ Proteínas totales	5.50%
ovoalbúmina, ovomucina, onalbúmina, ovomucoide, ovotransferrina.	0.6%
otras	4.9%
■ Grasas totales	13.50%
■ Carbohidratos totales	30.00%
■ Vitaminas totales	1.70%
■ Minerales totales	1.30%
■ Agua	48.00%

#### b. Preparación líquida (CIPAS):

Producto	Medida (kg)	Equivalencia casera (gramos)
Harina de algas	50 gramos	10 cucharadas soperas
Harina de soya	25 gramos	5 cucharadas soperas
Vitaminas y minerales (VITAFORT-A®)	5 gramos	1 cucharada sopera

Leche en polvo --40 gramos---8 cucharadas.

Huevo. ---una pieza (huevo duro)--- un huevo duro.

agua---250 ml---una taza

*Preparación y uso:* En un recipiente se introducen todos los ingredientes, se licuan o disuelven hasta conseguir una mezcla homogénea. Se puede usar de inmediato, esta fórmula es suficiente para alimentar a las crías de los cuatro estanques por una semana, se puede mantener en refrigeración o preparar requerimientos diarios (dividir las porciones). Vaciar la fórmula líquida en una botella con un orificio y se agrega en cada estanque una porción diaria de 30 mililitros.

### B. Polvo

#### a. Composición:

■ Proteínas totales	15.50%
■ Grasas totales	5.00%
■ Carbohidratos totales	6.50%
■ Vitaminas totales	0.50%
■ Fibra	1.00%

#### b. Preparación en polvo (CIPAS):

Producto	Medida (kg)	Equivalencia casera (gramos)
Harina de algas	500 gramos	Dos tazas
Harina de soya	250 gramos	Una taza
Harina salvado de avena de arroz o trigo	250 gramos	Una taza
Vitaminas y minerales (VITAFORT-A®)	10 gramos	cucharadas soperas

*Preparación y uso:* Mezclar todos ingredientes en un recipiente de una capacidad mayor a un kilogramo, para obtener una mezcla homogénea, esta puede realizarse de manera manual o tapar el recipiente y agitar hasta obtener la mezcla homogénea. Esta fórmula es suficiente para alimentar a los peces juveniles de los cuatro estanques por un mes. Agregar en cada estanque dos a cuatro cucharadas soperas diarias.

### C. Mini pellets (granulado)

#### a. Composición:

■ Proteínas totales	15.50%
■ Grasas totales	16.00%
■ Grasa vegetal	11.00%
■ Carbohidratos totales	6.50%
■ Vitaminas totales	0.50%
■ Fibra	1.00%

#### b. Preparación Mini pellets (CIPAS):

Producto	Medida (kg)	Equivalencia casera (gramos)
Harina de algas	500 gramos	Dos tazas
Harina de soya	250 gramos	Una taza
Harina salvado de avena de arroz o trigo	250 gramos	Una taza
Vitaminas y minerales (VITAFORT-A®)	10 gramos	Dos cucharadas soperas
Aceite vegetal	20 gramos	Cuatro cucharadas soperas

*Preparación y uso:* Mezclar todos ingredientes en un recipiente de una capacidad mayor a un kilogramo, esta puede mezclarse de manera manual o tapar el recipiente y agitar hasta obtener la mezcla homogénea y consistencia granulada. Esta fórmula es suficiente para alimentar a los peces adultos y juveniles de los cuatro estanques de manera continua. Agregar dos a cuatro cucharadas soperas diarias en cada estanque.

**Cuadro II** Descripción de actividades principales en la reproducción, alimentación y separación de peces para el control biológico

Actividad	Descripción	Monitoreo (bitácora)
Seleccionar reproductores de peces de la misma especie	Preparar el estanque, con el agua madura de al menos tres días, cuando esto no es posible, pasar 30% de agua de otro estanque donde hay peces de la misma especie con manguera de 2 pulgadas con malla en un extremo. Colocarlos en los estanques de 1 x 1 x 1, hembras y machos en proporción uno a uno o dos a uno (H/M). Mantener libre y limpio el lugar Las cucharas y demás utensilios usados, deben lavarse y colocarse en su lugar, cada vez que se utilicen.	Cuántos peces se colocaron, proporción macho/hembra y fecha.
Alimentación	Fórmula A, base nutrición líquida, para peces hasta un mes de edad. Fórmula B, base nutrición harina, para peces hasta dos meses de edad. Utilizará algas y larvas y cada semana se dará la fórmula C, base nutrición mini pellet, para peces hasta tres meses de edad. Utilizará algas y larvas y cada semana se dará la fórmula 3. De los tres meses en adelante, utilizará alga y larvas y al menos tres veces a la semana, se dará la fórmula C (cuadro I).	
Separación de la cría	Preparar el estanque, con el agua madura de al menos ocho días, cuando esto no es posible, pasar 30% de agua de otro estanque donde hay peces de la misma especie con manguera de 2 pulgadas con malla en un extremo. Colocarlos en los estanques de 3 x 2 x 1, toda la cría que se sale de las parejas en un solo estanque, por semana (no más de 6 000 organismos). Mantener libre y limpio el lugar. Las cucharas y demás utensilios usados deben ser regresados limpios a su lugar.	Cuántos peces (cría) o cuántas coladeras (#1) se colocaron en el estanque y en cuántos días y en qué semana (fecha).
Separación de peces juveniles (tres meses)	Preparar el estanque, con el agua madura de al menos ocho días, cuando esto no es posible, pasar 30% de agua de otro estanque donde hay peces de la misma especie con manguera de 2 pulgadas con malla en un extremo. Colocarlos en los estanques de 4 x 1 x 1, todo el pez para su aplicación en la comunidad se separa usando coladera del #3 (no más de 16 000 peces) o se lleva directamente del estanque a la comunidad. Mantener libre y limpio el lugar. Las cucharas y demás utensilios usados deben lavarse y colocarse en su lugar, cada vez que se utilicen.	Cuántos peces (juveniles) o cuántas coladeras (#3) se colocaron en el estanque y en cuántos días y en qué semana (fecha).
Supervisar los estanques	Todos los días. Que las condiciones sean adecuadas (ordenado y limpio). Contar con agua en 80% de su capacidad. Contar con agua, en caso de alguna fuga (un tanque siempre listo y sin peces).	
Eliminación de alga	Se eliminará al menos 80% del alga de cada estanque, con coladeras del #4 grande, se colocará el alga en el arnés o recipiente colador de plástico para que se escurra y seque o se puede dejar en la misma coladera hasta que se escurra y seque.	Registro de todas las actividades y observaciones sobre el proceso.
Vaciado y llenado de estanques	Cada estanque se vaciará al menos 30% de su capacidad y de preferencia 40% cada semana o dos veces por semana y se llenará el mismo día con agua nueva de la llave, del filtro, del tinaco o de la que se tiene en reserva.	
Bombas y/o turbina	Mantener la bomba y/o turbina en adecuadas condiciones. Para casos de emergencia, oxigenar los estanques, en un lugar seguro (en un cuarto lejos del sol y lluvia) con señalamiento y bajo resguardo (con llave) sólo para uso del personal capacitado y autorizado.	

Estos peces son los que se distribuyen de manera inmediata (de tres a cuatro meses) para el control biológico.

## Estanques de nutrición y crecimiento

El objetivo de esta sección es lograr una adecuada alimentación y crecimiento de los peces que serán distribuidos en la comunidad. Esta alimentación debe satisfacer los requerimientos de proteínas y aminoácidos esenciales. La fuente de proteínas preferida es la harina de pescado; sin embargo, las dificultades para su adquisición y elevado costo pueden limitar su disponibilidad. Una alternativa aplicada en el CIPAS son las proteínas de origen vegetal a base de algas (figura 6), que se obtienen de los mismos



**Figura 11. Aclimatación de los peces**

Fuente: CIPAS, 2017

estanques, a través de su extracción, secado y molido; brindando, además, vitaminas y grasas en su alimentación. Ésta se combina con harina de soya (comercial), la cual complementa las necesidades de carbohidratos, proteínas, grasas, vitaminas y minerales. Para la sostenibilidad del cultivo, nutrición y crecimiento de los peces, se puede agregar harinas de cereales como salvado de avena, arroz o trigo y vitaminas de uso veterinario.

En la práctica, la alimentación consiste en algas (figura 6) y larvas de mosquitos que se desarrollan en el estanque durante el periodo de preparación del mismo y se complementa con alimento comercial en forma de harina (cuadro I). Al alcanzar la talla juvenil deberán ser trasladados al tanque de crecimiento final, el cual se ha preparado previamente en la forma ya descrita, lo que permite el crecimiento de algas y desarrollo de larvas de mosco. Idealmente, al ser trasladados del tanque de crianza, deberá realizarse la separación por sexo, con el propósito de realizar el crecimiento separado de machos y hembras y de esta forma evitar una reproducción no controlada y por tanto mezcla de diferentes características en la camada resultante. En el caso de los peces destinados a la comunidad, el crecimiento puede ser en común, esto es, machos y hembras, ya que además del control biológico el otro objetivo es continuar con la reproducción de peces para repoblar mantos acuíferos (subcuenca del río Apatlaco).

Los peces se instalan en estos estanques (crecimiento), cuando alcanzan su etapa juvenil (de los tres meses en adelante). Para su alimentación se utiliza alga, larvas y al menos tres veces a la semana, se dará la fórmula C descrita en el cuadro I.

Para separar a las crías y pasarlos a estos estanques, se usa coladera del #3 (no más de 5 000 peces), de acuerdo a la cantidad necesaria para la cobertura de viviendas en la comunidad o colonia programadas para tratar.

Los estanques de nutrición y crecimiento, también construidos de tabique y concreto con las dimensiones recomendadas de 4 x 4 x 1 metros. Algunas ventajas de utilizar estanques de superficie no mayor a 4 x 4 x 1 son:

1. La superficie poco profunda del estanque facilita la captura y manejo de los peces.
2. El alga es menos densa, facilita el desarrollo de los organismos y sirve de alimento a los mismos.
3. Se facilita la limpieza y desinfección del estanque, la cual consiste en drenar el estanque y con la ayuda de cepillo se remueve todo el perifiton y se desinfecta al final con solución de hipoclorito de sodio al 10%.
4. Es fácil observar en qué estado se encuentran los peces.

## **Rendimiento del cultivo de peces *Poecilia maylandi***

En la naturaleza, al igual que en condiciones controladas, el crecimiento poblacional de *Poecilia maylandi* puede ser afectado por diferentes factores como: la estacionalidad, sucesos ambientales, la depredación, competencia dentro de la misma población o factores externos como la calidad y cantidad del agua, etc. Estos factores pueden modificar el tamaño de la población.

El proceso de adaptación del pez se logra en un periodo de un año, posterior a su aclimatación, lo que implica una producción inicial irregular hasta su reproducción continua, eficiente y de calidad. El resultado de este proceso es la distribución de peces sanos y bien nutridos, lo que permite limitar su mortalidad en condiciones artificiales de laboratorio (1%) y campo (24%).<sup>28</sup> De acuerdo con la mortalidad y crecimiento de la población se puede reducir el número estanques para evitar la sobrepoblación y ajustar la producción necesaria para el número de viviendas por cubrir en la comunidad.

En la experiencia de 56 peces extraídos del río Apatlaco, pasando por un proceso de cuarentena en estanque, se generó la producción de crías a los 35 días que fueron reinstaladas o sembradas en estanques de cría con agua madura (agua almacenada por más de tres semanas con crecimiento de algas). Las primeras crías de estos peces se encontraron hasta el día 54 y 60, las cuales se contabilizaron e instalaron en estanques de crianza (figura 10).

Las condiciones generales que se describen en este documento para su reproducción son recomendables para los municipios endémicos por dengue, dentro de un proceso de reproducción y no de extracción, y para evitar mayores riesgos a especies en amenaza de extinción. Por otro lado, se ofrecen oportunidades de repoblación a los sitios de extracción inicial.

# Implementación del control biológico con peces nativos en comunidad

El control biológico con peces nativos en la prevención y control del dengue es una alternativa para reducir la población de larvas de mosquito. De acuerdo al nivel de eficacia en disminuir la capacidad vectorial de poblaciones de *Aedes spp.*, tiene el potencial para interrumpir la transmisión del dengue y otra arbovirosis.

La factibilidad operativa y técnica para la reproducción artificial en cautiverio de especies nativas y distribución para el control biológico de larvas de *Aedes spp.*, se demostró en la implementación en viviendas de tres municipios que conforman la subcuenca del río Apatlaco: Jojutla, Temixco y Xochitepec, distribuyendo un total de 9900 peces (cuadro III).

La implementación organizada para el control biológico de larvas de *Aedes spp.*, con peces nativos, comprende seis acciones principales:

1. Planificación
2. Capacitación de responsables del manejo de peces para control biológico
3. Extracción de peces
4. Transporte y entrega de peces
5. Encuestas y verificación
6. Preparación del informe de acciones

## Planificación

La organización de los procesos para la implementación inicia con la decisión y consentimiento de la comunidad, de su aceptación, confianza y acuerdo en su participación en la aplicación, mantenimiento y retroalimentación. De esta forma, se mejoran los alcances y ventajas en la prevención y control sostenido de criaderos específicos de *Aedes spp.*, y se preserva el medio ambiente.

**Cuadro III** Distribución de ejemplares de *Poecilia maylandi* introducidos para el control biológico en municipios del río Apatlaco, Morelos. México. 2015-2017

Localidad	Cantidad	Año de entrega
Jojutla	2 500	Mayo 2015
Jojutla	3 000	Mayo 2016
Temixco	3 800	Octubre 2016
Xochitepec	600	Abril 2017

Fuente: Registro de Campo (CIPAS)

Se requiere de información local sobre la dimensión del área operativa. Es necesario recopilar información disponible sobre características geográficas, mapas cartográficos, vías de comunicación, clima, seguridad y organización local (líderes, comités comunitarios o ayudantes municipales) que ayude en la implementación y sostenimiento. Además, se debe complementar con información demográfica, levantando un censo de viviendas y solicitando el consentimiento para la aplicación de peces en las piletas, tanques y tambos existentes, de acuerdo a las necesidades reales de la comunidad.

Para el levantamiento del censo, se puede incluir la colaboración de alumnos de nivel bachillerato y promotores comunitarios del ayuntamiento; además, se puede organizar con ellos la entrega de dos peces por recipientes con volumen de agua igual o mayor a 200 litros (tanques, tambos y piletas), acompañada de información clara sobre el manejo y cuidados de los peces instalados.

## Capacitación de responsables de manejo de peces para control biológico

El objetivo es lograr competencias en la reproducción, alimentación y separación de los peces hasta la etapa juvenil para su distribución final. Se definen conceptos claves en el manejo de peces: 1) una *Pareja* es formada por una hembra y un macho de la misma especie en la etapa de reproducción después de cuatro meses de crecimiento; 2) a la *Etapa juvenil* pertenecen los peces de tres meses de edad, que han alcanzado la madurez para poder ser utilizados como biocontroladores; y 3) los *biocontroladores* son los peces con capacidad para alimentarse de larvas de mosquito, con capacidad biológica de ingerir un mínimo de 300 larvas por día.<sup>24,26</sup>

Los peces adultos (recolecta) se colocan en el estanque de reproductores, con una proporción mínima de un macho por dos hembras, siendo ideal dos machos por cada hembra. Diariamente deberá revisarse el estanque de los reproductores para extraer a las crías o si es posible, trasladar las hembras grávidas a otro estanque con funciones de “maternidad”, el cual igualmente deberá contar con refugio para las crías. Posterior al parto, la hembra se regresa al estanque de reproductores para iniciar un nuevo ciclo. Las crías pasan al estanque de crecimiento hasta que alcanzan una talla juvenil.

## Extracción de peces de los estanques para control biológico

El propósito de esta etapa es la extracción de los peces para el control biológico, vivos, sin maltrato y entregar para su traslado al área de aplicación. Inicia con la extracción y termina con el embalaje. Se utilizan bolsas de plástico transparente para embalaje calibre 200, en la cantidad suficiente a la cantidad de peces a transportar, y se deposita un máximo de 200 peces por bolsa, si el organismo no mide más de 3 a 5 cm en una bolsa de tamaño 80 x 40 cm. Se usa un tanque de oxígeno de cualquier tamaño, fijo a un carrito de transporte del mismo (diablito o carretilla de carga). Es necesario un vehículo para el traslado del material biológico al área comunitaria para su aplicación con la población.

Para la extracción de los peces del estanque, se requiere bajar el nivel del agua a una cuarta parte de su nivel original. Se inclina el tubo de salida poco a poco y se verifica que cuente con el cono en el extremo superior con malla tipo mosquitero hasta el nivel deseado para evitar se salgan los peces. Con la cuchara de la medida del estanque, se hace un primer recorrido de un extremo a otro y se baja sin arrastrar el piso del estanque para atrapar los peces con facilidad. Las medidas de bolsas de plástico dependen

de la cantidad de peces a recibir y deben llenarse con agua reposada al menos tres días si es de la llave y, al menos un día si es agua de la cisterna o de otro estanque (cuadro IV).

Recomendaciones:

- Antes de embalar, cerciorarse del pedido (fecha, hora de entrega y número de organismos) y asegurar la entrega (llamar para saber quién recibirá los peces y si el depósito está en condiciones).
- Mantener limpia el área de embalaje, transporte y entrega, así como la imagen personal de quien realiza esta actividad.
- Usar ropa adecuada (uniforme) así como identificación.
- Llevar el recibo de entrega y obtener la firma, fecha, nombre de quien recibió los organismos en el contra recibo donde especifique las condiciones en que recibió los peces (vivos, completos y a tiempo).

## Transporte y entrega de peces

El objetivo es asegurar el traslado oportuno, preservando la calidad de los peces previendo condiciones seguras del traslado y su preservación biológica para su entrega en los sitios de implementación (cuadro V).

**Cuadro IV** Descripción de actividades principales de la extracción de peces de los estanques para control biológico

Actividad	Descripción	Monitoreo (bitácora)
Mantener listo el lugar de extracción de peces	Mangueras de desagüe limpias y entregar a su lugar en las mismas condiciones Mantener libre y limpio el lugar Las cucharas deben ser regresadas limpias a su lugar	
Contar las bolsas	Revisar el estado físico de las bolsas (no perforadas, peces vivos) tanto de recepción como de la entrega a su destino final	
Bolsas para transporte	Se llena 1/3 de agua (reposada) y las 2/3 partes de oxígeno si el tiempo de traslado excede una hora y no más de 30 horas y si es menor a este tiempo con aire del ambiente, el amarre siempre será con ligas para el primer amarre y se dobla exceso de la bolsa y se hace otro amarre con la misma liga.	Cuántos peces se extrajeron y cuántas bolsas se entregaron (a quién) y en qué transporte
Supervisar el depósito	Antes de entregar los peces, se debe verificar que las condiciones sean las adecuadas Contar con agua para embalaje Contar con bolsas para embalaje Contar con ligas para embalaje Contar con oxígeno para embalaje Contar con cajas para transporte	
Tanque de oxígeno	Mantener el oxígeno en un lugar seguro (en un cuarto lejos del sol y lluvia) con señalamiento y bajo resguardo (con llave) sólo para uso del personal capacitado y autorizado. Fijo a un carrito de transporte (diablito), el cual servirá para transportar el oxígeno para el llenado de las bolsas y nunca llenar las bolsas en el lugar donde se encuentra el oxígeno, ya que estas se llenarán en el espacio específico para esta actividad (cerca de cada estanque).	Reporte de supervisión
Hoja de entrega	Conseguir firma y entregar copia de recibido	
Transporte	Antes de entregar las bolsas, es necesario cerciorarse de que cuente con cajas para el transporte No olvidar llevar bolsas extras con oxígeno, bolsas vacías, así como ligas, marcador y bolsas con agua. El transporte de los peces debe ser colocando las bolsas de manera vertical, puede ser directo en el auto o en cajas, entre más se muevan las bolsas es mejor.	Registro de entrada y salida. Permiso de transporte
Gestionar permiso de transporte	Hoja de solicitud de peces por el receptor y la hoja de transporte de peces del laboratorio al destino final	

**Cuadro V Descripción de actividades principales del transporte, manejo y entrega de peces para control biológico**

Actividad	Descripción	Monitoreo
Verificar documentos para el transporte	<p>Contar con las verificaciones pertinentes, tanto físicas (llantas, líquidos de frenos y agua) como también los documentos de tránsito reglamentarios (engomados).</p> <p>Verificar si lleva consigo tarjeta de circulación y seguro.</p> <p>Llevar una bitácora de transporte.</p> <p>Contar con licencia de conducir.</p>	Chofer de la unidad
Limpiar y ordenar el vehículo de transporte	Verificar que el vehículo de transporte se encuentre libre de materiales punzocortantes, grasa o cualquier material que ponga en riesgo las bolsas con peces.	
Verificar las bolsas con el material biológico	Revisar el estado físico de las bolsas (no perforadas, peces vivos) tanto de recepción como de la entrega a su destino final.	
Supervisar el depósito	<p>Antes de entregar los peces, se debe verificar que las condiciones sean las adecuadas.</p> <p>Este debe contar con las condiciones estipuladas, para poder recibir los peces. Las medidas dependen de la cantidad de peces a recibir, las condiciones generales son las siguientes:</p> <p>El depósito es un recipiente temporal (uno o dos días) de concreto o plástico, con agua reposada de al menos tres días, si es de la llave, en caso de ser el agua de la cisterna que no contenga cloro puede ser de un día. El recipiente no debe haber tenido contacto con ningún químico.</p> <p>Para recibir 1 000 organismos es necesario contar con una medida mínima de 1 x 1 x 1 sin necesidad de utilizar aireadores de agua, si excede los dos días o mayor a la cantidad de organismos es necesario utilizar aireadores.</p> <p>Para recibir 6 000 organismos es necesario contar con una medida mínima de 3 x 2 x 1 sin necesidad de utilizar aireadores, si excede los dos días o mayor a la cantidad de organismos es necesario utilizar aireadores de agua.</p> <p>Para recibir 16 000 organismos es necesario contar con una medida mínima de 4 x 4 x 1 sin necesidad de utilizar aireadores, si excede los dos días o mayor a la cantidad de organismos es necesario utilizar aireadores.</p>	Hoja de entrega firmada y copia de recibido. Registro de entrada y salida
Combustible	Asegurar el combustible necesarios, solicitando la carga (vales o costo) de gasolina de acuerdo a la distancia de recorrido.	Registro de kilometraje y consumo
Permiso	Hoja de solicitud de peces por el receptor y la hoja de transporte de peces del laboratorio al destino final.	Chofer de la unidad

**Recomendaciones:**

- Antes de embalar, cerciorarse del pedido (fecha, hora de entrega y número de organismos) y asegurar la entrega (llamar para saber quién recibirá los peces y si el depósito está en condiciones).
- Mantener limpia el área de embalaje, transporte y entrega. Se debe cuidar también la higiene personal de quien realiza esta actividad.
- Usar ropa adecuada (uniforme) así como identificación.
- Llevar el recibo de entrega y obtener la firma, fecha, nombre de quién recibió los organismos en el contrarecibo y firmar la hoja de las condiciones en que recibió los peces (vivos, completos y a tiempo).

**Encuestas y verificación para el control biológico**

El objetivo es estimar la aceptabilidad, confianza y participación de la comunidad en la aplicación y mantenimiento de la alternativa para el control biológico del *Aedes spp.* Se recomiendan las siguientes actividades principales:

- Registro de viviendas donde se coloquen los peces en las comunidades.
- Aplicación de encuesta de forma aleatoria y verificación sobre la aceptabilidad, utilidad, beneficios percibidos y mantenimiento de los peces en depósitos instalados.
- Verificar periódicamente la presencia del pez y sus condiciones; además de la presencia de larvas o pupas en los tanques y piletas donde se encuentra el pez.

Cuando la distribución de los peces se realiza con alumnos de escuelas, se puede aplicar la encuesta con ellos mismos, previa capacitación y organización con docentes y padres de familia de la escuela participante.

## **Informe de la implementación del control biológico con peces nativos en la comunidad**

El propósito es documentar el proceso, incluyendo la cantidad de peces distribuidos y domicilios intervenidos, satisfacción de su uso, efectividad y sobrevivencia.

El desarrollo incluye la capacitación de la brigada municipal o alumnos de escuelas participantes para la aplicación de la encuesta y verificación para su análisis y generación del informe de implementación. La encuesta puede integrarse por preguntas cerradas dicotómicas (sí y no) sobre la satisfacción de la familia o responsable adulto de la vivienda, observación de larvas o pupas en los tanques y piletas donde se encuentran los peces y verificación de la presencia y sobrevivencia estos en los tanques y piletas donde fueron instalados. Con la captura de las encuestas y las observaciones de verificación se pueden construir indicadores sobre la frecuencia de satisfacción (número de familias en viviendas satisfechas entre el total de viviendas visitadas y cubiertas con la medida X 100), índice de larvas o pupas en recipientes controlados con peces (número de larvas y/o pupas por vivienda entre el total de viviendas exploradas con control biológico con peces X 100) y frecuencia de mantenimiento de peces en tanques y piletas controladas (número de viviendas con peces entre total de viviendas cubiertas con peces exploradas X 100).

La experiencia de la implementación del control biológico en el municipio de Xochitepec de manera sostenida desde el 2013 inició con 5 273 viviendas exploradas y 4 324 peces distribuidos en 1 944 domicilios (37%); posteriormente en el 2014, se visitaron 5 790 viviendas y se colocaron 8 527 peces en 3 656 domicilios (63%), lo que mantuvo una sobrevivencia del 80% de los peces del 2013 al 2014. Un aspecto importante fue la complementariedad de la participación entre familias de la comunidad, ya que éstas compartieron el excedente de peces que se reproducen para su distribución en otras viviendas de la comunidad.

La distribución de peces se fue reduciendo progresivamente conforme se avanzaba en la cobertura de viviendas, de tal manera que para el 2015, sólo se distribuyeron 2 055 peces en 578 domicilios. La experiencia de la implementación y reproducción de la especie en viviendas dio lugar a la decisión de entregar sólo machos en la comunidad para evitar la reproducción, pero cuando los organismos son muy jóvenes y sin desarrollo de las características sexuales que los distinguen, algunas hembras son entregadas y éstas logran reproducirse en los domicilios. Por ello, es importante su seguimiento regular, para monitorear la sobrepoblación de peces en domicilios para su recolecta oportuna y traslado a los estanques del laboratorio, en donde se ponen en cuarentena para su redistribución.



La implementación de peces en la comunidad fue muy aceptable, conforme aumentaba su satisfacción al observar en tanques el efecto en el control de larvas de *Aedes spp.* Lo anterior dio origen al lema que menciona el personal de la brigada “un tanque que tiene peces no tiene maromeros”, y en las verificaciones de las viviendas se han encontrado peces colocados por los dueños en cisternas, tambos, tinacos, etc. En general todos cuidan a los peces y manifestaron su preferencia como alternativa para sustituir el control químico con temefos. Para contar con la evidencia de su efectividad para el control de criaderos en tanques o piletas en la comunidad, se integraron proyectos de tesis de estudiantes de la Maestría en Salud Pública con área de concentración en Epidemiología y en Salud Ambiental del Instituto Nacional de Salud Pública.<sup>24,26</sup> Los estudios concluyen lo siguiente:

- A) La positividad de los recipientes colocados que contenían peces fue menor comparada con el grupo de temefos y el grupo control, las diferencias son estadísticamente significativas en ambas comparaciones (pez & control,  $p < 0.0000$  y pez & temefos,  $p < 0.03$ ).
- B) El grupo de control biológico con peces mostró mejor efectividad antilarvaria. La presencia de larvas de *Aedes spp.*, fue 3.79 veces mayor en el grupo control (sin medida de control) y de 1.81 en el grupo con control químico con temefos.
- C) En los tanques domiciliarios, en lo referente a las diferencias de positividad de larvas de *Aedes spp.*, se observó una marcada diferencia en positividad durante las inspecciones realizadas entre controlar los tanques con temefos y controlarlos con peces (14.58% vs. 5.521%  $p = < 0.03$ ).
- D) Los resultados de ambos estudios mostraron un control biológico con peces efectivo, con diferencia significativa en comparación con el control químico con temefos.

Se demostró una mayor capacidad larvífaga de *P. maylandi* al comparar con el número de recipientes positivos cuando se utiliza temefos 1% en los depósitos de agua mayores a 200 litros. Entre las ventajas de la aplicación de peces en las viviendas se encuentra que los niños lo adoptan como una mascota y les otorgan los cuidados necesarios, además de que mostró ser resistente al remanente químico del agua (cloro).



# Bibliografía

1. Peters W. Eine neue vom Herrn Jagor im atlantischen Meere gefangene Art der Gattung *Leptocephalus*, und über einige andere neue Fische des Zoologischen Museums. *Monatsb Akad Wiss.* 1859:411-13.
2. Walshe DP, Garner P, Adeel AA, Pyke GH, Burkot T. Larvivoracious fish for preventing malaria transmission. *Cochrane Database Syst Rev.* 2017;12:CD008090. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD008090.pub3>
3. WHO Regional Office for the Eastern Mediterranean. Use of Fish for Mosquito Control. Cairo: WHO EMRO, 2003. Disponible en: <http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/116355/dsa205.pdf;jsessionid=2FEC3592EE7628F043C33A2212FFB73F?sequence=1>
4. Elias M, Islam MS, Kabir MH, Rahman MK. Biological control of mosquito larvae by *Guppy* fish. *Bangladesh Med Res Counc Bull.* 1995;21(2):81-6
5. Seng CM, Setha T, Nealon J, Socheat D, Chantha N, Nathan MB. Community-based use of the larvivoracious fish *Poecilia reticulata* to control the dengue vector *Aedes aegypti* in domestic water storage containers in rural Cambodia. *J Vector Ecol.* 2008;33(1):139. [https://doi.org/10.3376/1081-1710\(2008\)33\[139:CUOTLF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.3376/1081-1710(2008)33[139:CUOTLF]2.0.CO;2)
6. Azevedo-Santos VM, Vitule JRS, Pelicice FM, García-Berthou E, Simberloff D. Nonnative Fish to Control *Aedes* Mosquitos: A controversial, Harmful Tool. *BioScience.* 2017;67(1):84-90. <https://doi.org/10.1093/biosci/biw156>
7. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2016. Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos. Roma: FAO, 2016. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i5555s.pdf>.
8. Convenio sobre la Diversidad Biológica. La diversidad biológica de las aguas continentales. 2016. Disponible en: <https://www.cbd.int/waters/>
9. Domínguez O. Los sistemas acuícolas de recirculación: ¿una alternativa para el cultivo sustentable de peces ornamentales en el estado de Morelos? *Sociedades rurales, producción y medio ambiente.* 2012;12(24):213-231. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/265640966\\_Los\\_Sistemas\\_Acuicolas\\_de\\_Recirculacion\\_una\\_alternativa\\_para\\_el\\_cultivo\\_sustentable\\_de\\_peces\\_ornamentales\\_en\\_el\\_Estado\\_de\\_Morelos](https://www.researchgate.net/publication/265640966_Los_Sistemas_Acuicolas_de_Recirculacion_una_alternativa_para_el_cultivo_sustentable_de_peces_ornamentales_en_el_Estado_de_Morelos)
10. Mendoza R, Koleff P. Introducción de especies acuáticas en México y en el mundo. En: Mendoza R, Koleff P (coords). *Especies acuáticas invasoras en México.* México: Conabio, 2014. pp. 17-41.
11. Contreras-MacBeath T, M Rivas G. Threatened fishes of the world: *Notropis boucardi* (Günther 1868) (Cyprinidae). *Environmental Biology of Fishes.* 2007;78(3):287-8
12. Castro-Díez P, Alonso A, Gutiérrez-López M, de las Heras P, Medina-Villar S, Pérez-Corona E. Integración de impactos ecológicos causados por plantas exóticas invasoras: propuesta metodológica. *Ecosistemas.* 2015;24(1):12-17. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2015.24-1.03>
13. Contreras-MacBeath T, Gaspar-Dillanes MT, Huidobro-Campos L, Mejía-Mojica H. Peces invasores en el centro de México. En: Mendoza R, Koleff P (coords). *Especies acuáticas invasoras en México.* México: Conabio, 2014. pp. 413-24.
14. Wickramasinghe MB, Costa HH. Mosquito Control with Larvivoracious Fish Parasitology. *Parasitology Today.* 1986;2(8):228. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/sdfe/pdf/download/eid/1-s2.0-016947588690089X/first-page-pdf>
15. Stauffer JR, Arnegard ME, Cetrom M, Sullivan JJ, Chitsulo LA, Turner GF, *et al.* Controlling Vectors and Hosts of Parasitic Diseases Using Fishes. *BioScience.* 1997; 47(1):41-9. Disponible en: <http://ecosystems.psu.edu/research/labs/stauffer/publications/1990s/controlling-vectors-and-hosts-of-parasitic-diseases-using-fishes-a-case-history-of-schistosomiasis-in-lake-malawi>
16. Bond JG, Arredondo-Jiménez JI, Rodríguez MH, Quiroz-Martínez H, Williams T. Oviposition habitat selection for a predator refuge and food source in a mosquito. *Ecological Entomology.* 2005;30:255-63. <https://doi.org/10.1111/j.0307-6946.2005.00704.x>
17. Martínez-Ibarra J, Guillen YG, Arredondo-Jimenez J, Rodríguez-Lopez M. Indigenous fish species for the control of *Aedes aegypti* in water storage tanks in Southern Mexico. *Biocontrol.* 2002;47:481-6. <https://doi.org/10.1023/A:1015691831489>
18. Han WW, Lazaro A, McCall PJ, George L, Runge-Ranzinger S, Toledo J, *et al.* Efficacy and community effectiveness of larvivoracious fish for dengue vector control. *Tropical Medicine and International Health.* 2015;20(9):1239-56. <https://doi.org/10.1111/tmi.12538>
19. Wang CH, Hwang JS, Lay JR. Preliminary study on the biological control of dengue vectors by fish in Liouchyou Prefecture, Pingtung County, Taiwan. *Gaoxiong Yi Xue Ke Xue Za Zhi.* 1990;6(7):382-8.

20. 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(4):414-9.
21. Silva N, Tovar G, Tua G, Espig H. Capacidad larvívora del guppy salvaje (*Poecilia reticulata*) en peceras oscuras como control biológico de mosquitos en zonas domiciliarias. Avances en ciencias de la salud. 2012;1(2):22-6.
22. Fernández LD, Pineda CC, Francois LA. *Aedes* (St.) *aegypti*: relevancia entomoepidemiológica y estrategias para su control. AMC. 2011;15(3):610-25. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/amc/v15n3/amc180311.pdf>
23. Fonseca G, González J, Raúl B. Capacidad depredadora de *Poecilia* (Lebistes) *Reticulata* Peters, 1895 (*Cyprinodontiformes: Poeciliidae*) sobre larvas de *Culex Quinquefasciatus say* 1823 y *Aedes Aegypti* Linneo, 1762 (Díptera: *Culicidae*) en condiciones de laboratorio en Cuba. Rev Cubana Med Trop. 1988;40(1):54-60.
24. Marínez-Rangel CE. Eficacia del control biológico comparado con el abate con peces del genero *Poecilia*. Tesis de Grado de Maestría en Salud Pública. Instituto Nacional de Salud Pública, 2014.
25. Betanzos ÁF, Rodríguez MH, Romero M, Sesma E, Rangel H, Santos R. Association of dengue fever with *Aedes spp.* abundance and climatological effects. Salud Publica Mex. 2018;60(1):1-9. <https://doi.org/10.21149/8141>
26. Chavez-Iñiguez MB. Efectividad del control biológico de larvas y pupas del vector *Aedes aegypti* con peces en viviendas. Tesis de Grado de Maestría en Salud Pública. Instituto Nacional de Salud Pública, 2017.
27. Gerberich JB, Laird M. Larvivorous fish in the biocontrol of mosquitoes, with a selected bibliography of recent literature. En: Laird M, Miles JW, eds. Integrated mosquito control methodologies, Vol. 2. London: Academic Press, 1985. pp. 47-76.
28. Miller RR, Minckley WL, Norris SM. Peces dulce acuícolas de México. México: Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad, Sociedad Ictiológica Mexicana, El Colegio de la Frontera Sur, Consejo de peces del desierto, 2009.
29. AQUANOVEL. Familia *pecilidos*, manteniendo *ovovivíparos* en el acuario, especies para el acuario de agua dulce [internet]. AQUANOVEL; c 2002-2012. Disponible en: [http://www.aquanovel.com/web\\_antigua/pecilidos.htm](http://www.aquanovel.com/web_antigua/pecilidos.htm).

**Producción de peces *Poecilia maylandi*  
y su implementación  
para el control biológico de *Aedes spp.***

Se terminó de imprimir en mayo de 2020.  
La edición consta de 40 ejemplares y estuvo al cuidado  
de la Subdirección de Comunicación Científica y Publicaciones  
del Instituto Nacional de Salud Pública.