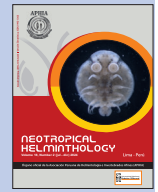




Neotropical Helminthology



ORIGINAL ARTICLE / ARTÍCULO ORIGINAL

PREDATORY BEHAVIOR OF *GAMBUSIA PUNCTATA* (POEY, 1854) ON *AEDES AEGYPTI* (LINNAEUS, 1762) LARVAE BASED ON VISUAL DETECTION IN A CONTROLLED EXPERIMENTAL SYSTEM

COMPORTAMIENTO DEPREDADOR DE *GAMBUSIA PUNCTATA* (POEY, 1854) SOBRE LARVAS DE *AEDES AEGYPTI* (LINNAEUS, 1762) DADO SU DETECCIÓN VISUAL EN UN SISTEMA EXPERIMENTAL CONTROLADO

George Argota-Pérez^{1,2*}; José Iannacone^{2,3,4,5} & Rigoberto Fimia-Duarte⁶

¹ Centro de Investigaciones Avanzadas y Formación Superior en Educación, Salud y Medio Ambiente "AMTAWI". Ica, Perú. george.argota@gmail.com

² Grupo de investigación One Health-Una Salud, Universidad Ricardo Palma. Lima, Perú.

³ Laboratorio de Zoología. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Ricardo Palma (URP). Lima, Perú. jose.iannacone@urp.edu.pe

⁴ Laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal. Facultad de Ciencias Naturales y Matemática. Lima, Perú.

⁵ Grupo de Investigación en Sostenibilidad Ambiental (GISA). Escuela Universitaria de Posgrado. Universidad Nacional Federico Villarreal. Lima, Perú.

⁶ Facultad de Tecnología de la Salud y Enfermería. Universidad Ciencias Médicas de Villa Clara. Villa Clara, Cuba. rigoberto.fimia66@gmail.com

* Corresponding author: george.argota@gmail.com

George Argota Pérez: <https://orcid.org/0000-0003-2560-6749>

José Iannacone: <https://orcid.org/0000-0003-3699-4732>

Rigoberto Fimia Duarte: <https://orcid.org/0000-0001-5237-0810>

ABSTRACT

The objective was to evaluate the predatory behavior of *Gambusia punctata* (Poey, 1854) on *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) larvae given its visual detection in a controlled experimental system. Two males and eight females of *G. punctata* were placed in a plastic container with submerged aquatic plants in the first third of the container. For the first three days, 30 *A. aegypti* larvae were supplied daily. A device was designed to distribute the mosquito larvae uniformly across the container's surface. A vertical plastic sheet was introduced in the second third of the container, restricting the fish to the first third. Four-millimeter mesh cylinders were placed near the vegetation, designed to confine two larvae within each cylinder. Predatory response was assessed based on detection time and near-total permanence of the fish close to the cylinders. The experiment was replicated twice. Detection times were similar between replicates (6.01 ± 0.21 s and

Este artículo es publicado por la revista Neotropical Helminthology de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú auspiciado por la Asociación Peruana de Helminología e Invertebrados Afines (APHIA). Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original.



DOI: <https://dx.doi.org/10.62429/rnh20242181834>

6.04±0.18 s), but replicate 1 showed greater variability and lower precision compared to replicate 2, which demonstrated higher consistency. No statistically significant differences were found. It was concluded that *G. punctata* effectively detects *A. aegypti* larvae when visible, but detection decreases when larvae are hidden, suggesting the use of other senses. The variability in detection times highlights the influence of experimental factors.

Keywords: *Aedes aegypti* – *Gambusia punctata* – larvae – predation – visual detection

RESUMEN

El objetivo fue evaluar el comportamiento depredador de la *Gambusia punctata* (Poey, 1854) sobre larvas de *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) dado su detección visual en un sistema experimental controlado. Se ubicaron dos machos y ocho hembras de la especie *G. punctata* en un recipiente plástico que contenía plantas acuáticas sumergidas en el primer tercio del recipiente. Durante los tres primeros días, se suministraron diariamente 30 larvas de mosquitos de *A. aegypti*. Se diseñó un utensilio para colorar simultáneamente las larvas de mosquitos en toda la superficie del recipiente. Se introdujo una mica plástica en forma vertical en el segundo tercio que limitó la presencia de ejemplares al primer tercio del recipiente. Se introdujeron cuatro cilindros de malla milimétrica cerca de la vegetación, diseñados para restringir la salida de dos larvas que se colocaron en cada interior de los cilindros. Se consideró la respuesta depredatoria, según el tiempo de detección y la permanencia casi total de los ejemplares cercanos a los cilindros. El experimento se replicó dos veces. Los tiempos promedio de detección fueron similares entre las réplicas (6,01±0,21 s y 6,04±0,18 s), pero la réplica 1 mostró mayor variabilidad y menor precisión. La réplica 2 mostró mayor consistencia. No hubo diferencias estadísticas significativas. Se concluye que, *G. punctata* detecta bien las larvas de *A. aegypti* cuando están visibles, pero la detección disminuye al estar ocultas, sugiriendo el uso de otros sentidos. La variabilidad en tiempos de detección destaca la influencia de factores experimentales.

Palabras clave: *Aedes aegypti* – depredación – detección visual – *Gambusia punctata* – larvas

INTRODUCCIÓN

El estudio de la alimentación en peces constituye un aspecto fundamental de la biología acuática. La disponibilidad de alimento, no solo define su crecimiento y bienestar, también afecta su reproducción, longevidad y sistema inmunológico (Cominassi et al., 2020; Cruz et al., 2023). Las fluctuaciones en la oferta alimentaria provocan respuestas adaptativas que permiten a los peces sobrevivir en condiciones adversas. Estas adaptaciones incluyen cambios metabólicos y conductuales que facilitan la búsqueda de alimento, especialmente en especies que dependen de presas específicas, como los peces larvívoros (Flourizel et al., 2024). El género *Gambusia* es conocido por su alta depredación de larvas de mosquitos (Steven et al., 2021), siendo la *Gambusia punctata* (Poey, 1854), una de las especies representantes en Cuba (Argota et al., 2013).

Varios estudios destacan la relevancia de los peces larvívoros en el control biológico de mosquitos, como *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762), vector de enfermedades

como el dengue y la fiebre amarilla. La especie *G. punctata* ha sido objeto de numerosas investigaciones por su eficiencia como depredador de larvas y su capacidad para aclimatarse a variaciones en la oferta de alimento (Rodríguez et al., 2019; Argota et al., 2020). Se reconoce que la respuesta visual de esta especie es crucial en la captura de larvas, especialmente cuando estas se encuentran en proximidad. Sin embargo, el uso de otros mecanismos sensoriales, como la detección acústica o química, recibe menos atención a pesar de su potencial relevancia en la depredación cuando las larvas están más distantes o en menor cantidad (Mearns et al., 2020).

A pesar de la extensa investigación sobre la capacidad depredadora de *G. punctata*, no se comprende completamente cómo esta especie adapta su comportamiento y fisiología cuando las larvas de mosquito son escasas o difíciles de localizar visualmente. En particular, se desconoce hasta qué punto utiliza otros sentidos, como la detección de señales acústicas o químicas

emitidas por las larvas, y cómo estos mecanismos influyen en la depredación cuando la visibilidad o proximidad de las presas es limitada. Este vacío en el conocimiento limita nuestra comprensión de la capacidad adaptativa de la especie en ambientes fluctuantes, lo que obstaculiza el desarrollo de estrategias más efectivas durante los programas de control biológico contra las larvas de *A. aegypti*.

El objetivo fue evaluar el comportamiento depredador de la *G. punctata* sobre larvas de *A. aegypti* dado su detección visual en un sistema experimental controlado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se ubicaron dos machos y ocho hembras de la especie *G. punctata* en un recipiente plástico: 2,0 m de largo; 1,0 m de ancho y 1,0 m de altura. En el recipiente se colocaron cuatro plantas acuáticas sumergidas en el fondo del primer tercio del recipiente. Durante los tres primeros días, se suministraron diariamente 30 larvas de mosquitos (L3 o L4) de *A. aegypti* en la mañana (06:00-06:30 h) y la tarde (17:30-18:00 h). Se diseñó un utensilio para colorar simultáneamente las larvas de mosquitos en toda la superficie del recipiente (Figura 1).

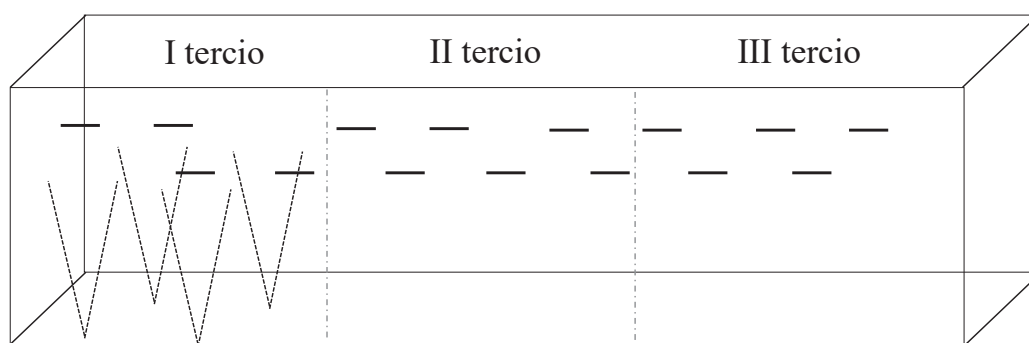


Figura 1. Vegetación acuática (∨) y presencia de larvas de *A. aegypti* (—) en la superficie del tanque de agua.

Durante el cuarto y quinto día, se colocó una mica plástica delgada sobre la superficie del primer tercio, donde igualmente se suministró el alimento. En esta condición experimental, se produjo una restricción a la disponibilidad alimentaria porque las larvas fueron depositadas por encima de la mica plástica impidiendo su depredación. En el sexto día las larvas se concentraron en el último tercio del recipiente debido a que se introdujo, una mica plástica vertical en el segundo tercio que limitó la presencia de ejemplares en el primer tercio del recipiente. En esta fase, se colocaron cuatro cilindros de malla milimétrica cerca de la vegetación, diseñados para restringir la salida de dos larvas de mosquitos que se colocaron en cada interior de los cilindros. En el séptimo día, se retiró la mica de la superficie del primer tercio como la mica vertical y de manera inmediata se suministraron larvas de mosquitos para su depredación.

Se consideró la respuesta depredatoria, según el tiempo de detección y la permanencia casi total de los ejemplares (desde seis individuos) cercanos a los cilindros que contenían las larvas de mosquitos. El experimento se replicó dos veces.

Para el tratamiento de los datos se utilizó el programa estadístico SPSS v25. Se comparó el valor promedio del tiempo de detección y la permanencia mediante la prueba t-Student. Los resultados se consideraron significativos cuando $p < 0,05$.

Aspectos éticos: existió un adecuado parafraseo desde la literatura científica, no hubo manipulación intencional de los datos para cumplir con el objetivo del estudio y tampoco, existió subjetividad en la interpretación teórica de los hallazgos.

RESULTADOS

La Tabla 1 presenta una comparación de los tiempos de detección de los ejemplares cercanos a los cilindros con larvas de mosquitos en dos réplicas experimentales.

Tabla 1. Tiempo de detección (seg) y la permanencia casi total de los ejemplares cercanos a los cilindros con larvas de mosquitos.

| Estadísticos | Réplica 1 | Réplica 2 |
|----------------------------|-----------|-----------|
| | 5,24 | 5,44 |
| | 5,53 | 5,57 |
| | 6,17 | 6,09 |
| | 6,26 | 6,33 |
| | 6,32 | 6,38 |
| | 6,51 | 6,41 |
| Promedio | 6,01 | 6,04 |
| Desviación estándar | 0,50 | 0,43 |
| Coefficiente variación (%) | 8,35 | 7,11 |
| Error estándar | 0,21 | 0,18 |

Los tiempos promedio de detección en ambas réplicas fueron similares, con $6,01 \pm 0,21$ seg para la réplica 1 y $6,04 \pm 0,18$ seg para la réplica 2. La réplica 1 muestra una mayor variabilidad en los tiempos de detección, con una desviación estándar de 0,50 segundos frente a 0,43 segundos en la réplica 2. Además, el coeficiente de variación es algo más alto en la réplica 1 (8,35%) en comparación con la réplica 2 (7,11%), indicando una menor consistencia en los tiempos de detección en la primera. Los errores estándar también reflejan una

mayor precisión en la réplica 2, con 0,18 seg frente a 0,21 seg en la réplica 1. En general, los resultados sugieren que, aunque los tiempos promedio de detección son comparables, la réplica 2 presenta una menor variabilidad y mayor precisión en las mediciones.

Al comparar los resultados entre ambas réplicas experimentales mediante la prueba t-Students, no hubo diferencias estadísticas ($t = 0,18$; valor $p = 0,91$) (Figura 2).

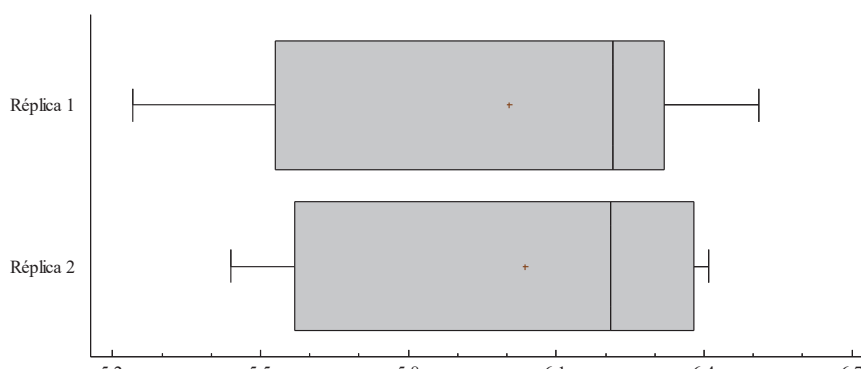


Figura 2. Caja y bigotes para la comparación de las réplicas experimentales sobre el tiempo de detección y la permanencia casi total de los ejemplares cercanos a los cilindros con larvas de mosquitos.

DISCUSIÓN

Los resultados señalaron cómo la especie *G. punctata* adapta su comportamiento depredador en condiciones donde las larvas de *A. aegypti* están parcialmente ocultas dentro de los cilindros y entre la vegetación acuática. Los resultados muestran que, aunque los tiempos promedio de detección entre las réplicas experimentales no difieren significativamente, la variabilidad en los tiempos de detección y la precisión en las mediciones sugieren aspectos relevantes sobre la capacidad de detección y adaptación de esta especie.

Gambusia punctata se ha identificado como una especie eficiente en la depredación de larvas de mosquitos, utilizando principalmente su capacidad visual para localizar presas (Argota *et al.*, 2020). Sin embargo, cuando las larvas están prácticamente ocultas dentro de los cilindros y camufladas en la vegetación, la detección visual directa se vuelve menos efectiva. Este escenario quizás pone en evidencia la importancia de entender cómo esta especie ajusta sus mecanismos sensoriales para compensar la dificultad de localización de las presas.

La respuesta adaptativa de *G. punctata* bajo estas condiciones puede involucrar una combinación de estrategias sensoriales. La detección visual sigue siendo crucial, pero el estudio plantea la necesidad de explorar otros mecanismos sensoriales como la percepción acústica y química. Aunque el análisis se centra en la detección visual, la capacidad de *G. punctata* para utilizar señales acústicas o químicas emitidas por las larvas podría explicar, cómo la especie logra detectar presas escondidas o en baja cantidad. Estos mecanismos adicionales pueden ser esenciales para la depredación eficiente en entornos complejos (Cohen *et al.*, 2023; Wang *et al.*, 2024).

A pesar de la eficiencia observada en la detección visual, la habilidad para detectar señales no visuales en condiciones de ocultamiento podría ser un factor crucial para el éxito de la depredación en ambientes naturales (Culp & Crowl, 1994; Naundorf & Freund, 2002; Zerulla & Stoddard, 2021; Hoover *et al.*, 2024).

La principal limitación del estudio fue que solo se consideró la depredación larvaria desde su detección visual, sin explorar otros posibles mecanismos sensoriales que podrían ser relevantes para la depredación efectiva en condiciones de ocultamiento de las larvas. Por lo tanto, la investigación futura debería centrarse en cuantificar y comparar la eficacia de la detección visual frente a otros mecanismos sensoriales para obtener una imagen más

completa de la estrategia depredadora de *G. punctata*. Este entendimiento ampliado podría mejorar las estrategias de control biológico de mosquitos y proporcionar una perspectiva valiosa sobre la ecología y comportamiento adaptativo de esta especie

Se concluye que, *G. punctata* tiene una capacidad efectiva para detectar larvas de *A. aegypti* cuando están cercanas y visibles. Sin embargo, la detección disminuyó cuando las larvas estuvieron ocultas entre los cilindros y la vegetación acuática, sugiriendo la posible utilización de mecanismos sensoriales adicionales, como la percepción acústica o química. La variabilidad en los tiempos de detección entre réplicas destaca la influencia de factores experimentales en la precisión de la detección.

Author contribution: CRediT (*Contributor Roles Taxonomy*)

GAP = George Argota-Pérez

JI = José Iannacone

RFD = Rigoberto Fimia-Duarte

Conceptualization: GAP, RFD

Data curation: GAP

Formal Analysis: GAP, JI, RFD

Funding acquisition: GAP

Investigation: GAP, JI, RFD

Methodology: GAP, RFD

Project administration: GAP

Resources: GAP, JI

Software: GAP

Supervision: RFD, JI

Validation: GAP, RFD

Visualization: RFD, JI

Writing – original draft: GAP

Writing – review & editing: GAP, RFD, JI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Argota, P.G., Fimia, D.R., & Iannacone, J. (2013). Características de la *Gambusia punctata* (Poeciliidae) para su selección como biomonitor en ecotoxicología acuática en Cuba. *The Biologist (Lima)*, 11, 229-236.
- Argota, P.G., Fimia, D.R., Iannacone, J., & María, A.P. (2020). Crecimiento ante la respuesta visual y regímenes prolongados de alimentación en el biorregulador larval de mosquitos *Gambusia punctata* poey, 1854. *Neotropical Helminthology*, 14, 111-116.
- Cohen, R.M., Mazurais, D., & Bégout, M.L. (2023). Response to visual and mechano-acoustic predator cues is robust to ocean warming and acidification and is highly variable in European sea bass. *Frontiers in Marine Science*, 10, 2296-7745.
- Cominassi, L., Moyano, M., Claireaux, G., Howal, S., Zambodino, I.J.L., Mark, F.C., & Peak, M.A. (2020). Food availability modulates the combined effects of ocean acidification and warming on fish growth. *Scientific Reports*, 10, 2338.
- Cruz, S.M., Awruch, C.A., Somoza, G.M., Svagelj, W., & Palacios, M.G. (2023). Links between reproduction and immunity in two sympatric wild marine fishes. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 287, 111538.
- Culp, J.M., & Crawl, T.A. (1994). Non-visual cues in benthic predator-prey systems: Introduction to a symposium. *Journal of The North American Benthological Society*, 13, 266-267.
- Flourizel, I., Ebimie, N.N., & Obadiah, N. (2024). The use of larvivorous fish species to control malaria transmission in Africa: A review. *International Journal of Fisheries and Aquaculture Research*, 10, 23-43.
- Hoover, H., Manenti, R., & Melotto, A. (2024). The role of experience in the visual and non-visual prey recognition of fire salamander populations from caves and streams. *Diversity*, 16, 312.
- Mearns, D.S., Donovan, J.C., Fernandes, A.M., Semmelhack, J.L., & Baier, H. (2020). Deconstructing hunting behavior reveals a tightly coupled stimulus-response loop. *Current Biology*, 30, 54-69.
- Naundorf, B., & Freund, J.A. (2002). Signal detection by means of phase coherence induced through phase resetting. *Physical Review*, 66, 040901.
- Rodríguez, M.S., Hidalgo, G., Brito, L., Arrebola, M., Morales, L., Hernández, D., Sánchez, D., Rodríguez, G.J., & Ponce de León, J.L. (2019). Partial trophic segregation in co-occurring *Gambusia* species (Cyprinodontiformes: Poeciliidae) in a natural wetland of Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas*, 39, 117-130.
- Steven, W., Ombeni, K., Kweka, E.J., Kimirei, M., & Cleopa, C. (2021). Predator preferences: a key to effective biological control design. *Journal of Health & Biological Sciences*, 9, 1-4.
- Wang, J., Lv, J., Wang, F., Chen, X., & Jia, Y. (2024). Light perception and related alternation of physiological performance in spotted knifejaw *Oplegnathus punctatus*. *Aquaculture*, 592, 741224.
- Zerulla, T.C., & Stoddard, P.K. (2021). The biology of polymorphic melanic side-spotting patterns in poeciliid fishes. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 8, 608289.

Received February 23, 2024

Accepted September 13, 2024.