

ORIGINAL ARTICLE / ARTÍCULO ORIGINAL


SPATIAL DISTRIBUTION OF *GAMBUSIA AFFINIS* POEY, 1854
(POECILIIDAE) ACCORDING TO SHADING CONDITION
IN THE HUACACHINA LAGOON, PERU

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE *GAMBUSIA AFFINIS* POEY, 1854
(POECILIIDAE) SEGÚN CONDICIÓN DE SOMBRA EN LA LAGUNA
DE HUACACHINA, PERÚ

George Argota-Pérez^{1*}

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

* Corresponding author: george.argota@gmail.com

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

ABSTRACT

The spatial distribution of introduced species in lentic systems depends on microenvironmental gradients such as shade and radiation, which modulate microhabitat occupation. In coastal desert oases, this heterogeneity can influence the spatial organization of a biological control agent of mosquito larvae, such as *Gambusia affinis* Poey, 1854, although there is limited empirical evidence in these ecosystems. The objective of this research was to describe the spatial distribution of *G. affinis* according to shade conditions in the Huacachina Lagoon, Peru. An analytical, cross-sectional, observational study was conducted between August and December 2025. Eighteen contiguous 3-m-wide coastal segments were evaluated (10 shaded and 8 sunny). The independent variable was shade conditions, and the dependent variable was abundance per segment (ind/m²). Shaded segments showed a higher average abundance (8.3 ± 0.60) than sunny segments (5.0 ± 0.46), with higher maximum values and a greater range of variation. The higher concentration in areas with vegetation cover suggests a preference for less exposed microclimates, associated with thermal regulation and the availability of refuge. It is concluded that shade significantly influences the spatial distribution of *G. affinis* in the Huacachina Lagoon, demonstrating a differential pattern of occupation in coastal microhabitats.

Keywords: abundance – *Gambusia affinis* – microhabitat – shade – spatial distribution

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 Helmintología 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://doi.org/10.62429/rnh20262012116>

RESUMEN

La distribución espacial de especies introducidas en sistemas lénticos depende de gradientes microambientales como sombra y radiación, los cuales modulan la ocupación de microhábitats. En oasis costeros desérticos, esta heterogeneidad puede influir en la organización espacial de un agente de control biológico de larvas de mosquitos como *Gambusia affinis* Poey, 1854, aunque existe limitada evidencia empírica en estos ecosistemas. El objetivo de la investigación fue describir la distribución espacial de *G. affinis* según condición de sombra en la Laguna de Huacachina, Perú. Se realizó un estudio observacional analítico, transversal, entre agosto y diciembre de 2025. Se evaluaron 18 segmentos litorales contiguos de 3 m (10 sombreados y 8 soleados). La variable independiente fue la condición de sombra y la dependiente la abundancia por segmento (ind/m²). Los segmentos sombreados presentaron mayor abundancia media ($8,3 \pm 0,60$) que los soleados ($5,0 \pm 0,46$), con valores máximos superiores y mayor rango de variación. La mayor concentración en áreas con cobertura vegetal sugiere preferencia por microclimas menos expuestos, asociados a regulación térmica y disponibilidad de refugio. Se concluye que, la condición de sombra influye significativamente en la distribución espacial de *G. affinis* en la Laguna de Huacachina, evidenciando un patrón diferencial de ocupación en microhábitats litorales.

Palabras clave: abundancia – distribución espacial – *Gambusia affinis* – microhábitat – sombra

INTRODUCCIÓN

La ecología acuática integra biología de la conservación, limnología, ecotoxicología y manejo de ecosistemas, lo que permite abordar de manera integral la dinámica de ambientes acuáticos naturales y artificiales. En este marco, se presta especial atención a la distribución espacial de las especies introducidas y a la interacción entre factores bióticos y abióticos, ya que estas relaciones determinan la estructura y el funcionamiento de las comunidades acuáticas. Asimismo, la presión humana, los cambios climáticos y otras perturbaciones ambientales pueden modificar los patrones de ocupación espacial y la estabilidad de los ensamblajes biológicos, subrayando la necesidad de estudios que evalúen las respuestas adaptativas de la fauna frente a condiciones microambientales variables (Woo *et al.*, 2025; Johnston & Shepta, 2026).

En particular, los oasis costeros constituyen sistemas complejos donde la interacción de microclimas heterogéneos, la turbidez del agua y la presencia de sombra genera patrones de comportamiento y distribución espacial de la fauna acuática, configurándolos como escenarios naturales de interés para estudios de ecología aplicada, bioindicadores y adaptaciones conductuales de especies resistentes (Magurran *et al.*, 2010; Dunn *et al.*, 2021). Estudios recientes destacan que la variabilidad microambiental en cuerpos de agua influye significativamente en la ocupación de nichos y en la organización espacial de comunidades de peces, al

establecer gradientes de estrés térmico y disponibilidad de refugio dentro de un mismo ecosistema (Dudgeon *et al.*, 2006; Matthew *et al.*, 2020). En consecuencia, comprender cómo características locales como la sombra y el microclima afectan la distribución de especies introducidas resulta central para evaluar su rol ecológico y su utilidad como bioindicadores en ambientes acuáticos expuestos a perturbaciones múltiples.

La ecología de *Gambusia affinis* Poey, 1854, se ha abordado ampliamente en ambientes templados y tropicales, con estudios internacionales centrados en su rol como bioindicador de calidad de agua y agente de control biológico de larvas de mosquitos (Jourdan *et al.*, 2021). Investigaciones modernas muestran que *G. affinis* posee alta tolerancia a condiciones ambientales variables, incluyendo fluctuaciones térmicas y distintos niveles de oxígeno, lo que favorece su ocupación diferencial de microhábitats heterogéneos bajo gradientes de sombra y exposición solar (Chen *et al.*, 2025). En el contexto latinoamericano, se reconoce su introducción en ecosistemas de agua dulce fuera de su rango nativo, donde interactúa con la fauna local y utiliza ambientes variados, lo que sugiere patrones de distribución espacial asociados a la disponibilidad de refugio y a condiciones microambientales que favorecen su establecimiento en zonas turbias y sombreadas (Wang *et al.*, 2024).

El contexto particular de la Laguna de Huacachina (Ica, Perú), si bien constituye un hábitat relevante para diversas

especies acuáticas, incluida *G. affinis*, se caracteriza por presentar microclimas diferenciados que sustentan una flora y fauna diversas, aun insuficientemente investigadas (Marcone *et al.*, 2023). Por una parte, en estos tipos de ecosistemas permanece la dificultad sobre la comprensión integral de la biodiversidad y de su dinámica ecológica (Maestre *et al.*, 2021); en consecuencia, abordar la ecología espacial de *G. affinis* desde una perspectiva aplicada en este oasis artificial, caracterizado por alta variabilidad térmica, intensa evaporación y marcada heterogeneidad ambiental (Dudgeon *et al.*, 2021), reviste extraordinaria importancia.

La laguna presenta sectores sombreados por palmeras y vegetación ribereña que alternan con áreas expuestas al sol, generando microclimas contrastantes en temperatura y radiación, factores que influyen en la selección de microhábitats por peces dulceacuícolas (Kurtul *et al.*, 2024). La elevada turbidez y la limitada visibilidad del sustrato contrastan con mayor biomasa algal en zonas soleadas, patrón asociado a la regulación lumínica de la productividad primaria en sistemas lénticos (Dudgeon *et al.*, 2021). En este contexto, analizar la distribución espacial de *G. affinis* según condición de sombra permite evaluar respuestas adaptativas en ambientes ambientalmente heterogéneos, como se ha documentado para especies del género *Gambusia* en escenarios variables (Kurtul *et al.*, 2024).

Aunque existe información previa, persiste la necesidad de estudios ecológicos que documenten la distribución y los ajustes adaptativos frente a variables locales (Castillo *et al.*, 2021; Marcone *et al.*, 2023). En consecuencia, el problema científico radica en la limitada evidencia sobre cómo la sombra condiciona la ocupación espacial de *G. affinis* en oasis costeros. Por ello, la pregunta que orienta este estudio es: ¿Cómo influye la condición de sombra en la distribución espacial de *G. affinis* en la Laguna de Huacachina, Perú?

El objetivo del estudio fue describir la distribución espacial de *G. affinis* según condición de sombra en la laguna de la Huacachina, Perú.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de tipo observacional y nivel descriptivo con componente analítico, mediante un diseño no experimental y de corte transversal. La investigación

se ejecutó entre agosto y diciembre de 2025 en la Laguna de Huacachina, ubicada en la ciudad de Ica, Perú (14°05'S; 75°46'O). La Laguna de Huacachina, un ecosistema léntico inserto en un entorno desértico costero, constituye un hábitat crítico para la fauna acuática y contribuye significativamente a la biodiversidad local en un paisaje predominantemente árido. Su heterogeneidad microambiental, marcada por diferencias en exposición solar, cobertura vegetal y condiciones térmicas, puede influir en la distribución espacial de especies introducidas como *G. affinis*. Se adoptó el método hipotético-deductivo con el propósito de contrastar la hipótesis de que la abundancia de *G. affinis* difiere, según la condición de sombra en el borde litoral.

La población estuvo conformada por todos los individuos de *G. affinis* presentes en la franja litoral observable durante el periodo de estudio. La muestra se delimitó mediante un muestreo no probabilístico por criterios ecológicos, estableciéndose 18 segmentos contiguos de 3 m de longitud cada uno a lo largo del borde litoral. Diez segmentos fueron clasificados como sombreados y ocho como soleados, de acuerdo con el predominio de cobertura vegetal o exposición solar directa. La clasificación se realizó previamente al conteo, asegurando homogeneidad microambiental dentro de cada unidad de observación.

Se incluyeron segmentos con visibilidad superficial adecuada para el conteo visual y profundidad menor a 40 cm, con presencia activa de individuos en la columna de agua. Se excluyeron sectores con perturbación antrópica durante el muestreo, obstrucción total por vegetación emergente o alteraciones físicas momentáneas que comprometieran la observación. Este criterio permitió garantizar comparabilidad estructural entre unidades y reducir sesgos por variabilidad externa. La variable independiente fue la condición de microhábitat, categorizada como segmentos sombreados y soleados. La variable dependiente fue la abundancia de individuos por segmento, definida como el número de organismos observados durante un intervalo estandarizado de cinco min y expresada adicionalmente como densidad relativa (ind/m²) (Amundrud & Srivastava, 2020).

La recolección de datos se realizó mediante observación ecológica directa sistematizada, empleando una ficha estructurada diseñada para el estudio. La visibilidad del sustrato se estimó mediante una varilla graduada de PVC rígido, de 1,0 m de longitud total, con escala milimetrada visible cada 1 cm y marcaciones contrastadas en intervalos de 5 cm para facilitar la lectura subacuática. La varilla fue introducida verticalmente en el borde litoral hasta el punto

en que el sustrato dejaba de ser visualmente distinguible desde la superficie, registrándose la profundidad máxima de visibilidad en centímetros (cm). Las mediciones se realizaron bajo condiciones estandarizadas de ángulo de observación perpendicular a la superficie del agua y evitando la proyección de sombra directa del observador sobre el punto de lectura. Cada registro se efectuó una vez por segmento inmediatamente antes del conteo de individuos, a fin de mantener correspondencia temporal durante la medición.

El análisis estadístico se efectuó con IBM SPSS Statistics versión 29.0. La normalidad de los datos de abundancia se evaluó mediante la prueba de Shapiro–Wilk, verificándose cumplimiento del supuesto ($p > 0,05$ en ambos grupos). La homogeneidad de varianzas se examinó mediante la prueba de Levene. Dado el cumplimiento de supuestos paramétricos, la comparación de medias entre segmentos sombreados y soleados se realizó mediante la prueba *t*-Student para muestras independientes. El nivel de significancia se estableció en $\alpha = 0,05$.

Aspectos éticos: el estudio se desarrolló bajo principios de mínima intervención y observación no invasiva, sin captura ni manipulación de organismos. La metodología no implicó alteración del hábitat ni estrés inducido a la fauna. El protocolo cumplió con los lineamientos institucionales para investigación ambiental y con la normativa local vigente, garantizando integridad ecológica y uso exclusivo de la información con fines científicos.

RESULTADOS

Los valores individuales de abundancia y densidad por segmento se presentan en la Tabla 1. En los diez segmentos clasificados como sombreados, el número de individuos registrados osciló entre 5 y 11 por unidad de muestreo, lo que correspondió a densidades comprendidas entre 1,67 y 3,67 ind/m². La mayor frecuencia de registros se concentró en valores intermedios–altos, con predominio de densidades iguales o superiores a 2,67 ind/m². En contraste, los ocho segmentos soleados presentaron abundancias entre 3 y 7 individuos, con densidades que variaron entre 1,00 y 2,33 ind/m², concentrándose principalmente en el intervalo inferior del rango observado.

Tabla 1. Densidad de individuos de *Gambusia affinis* por segmentos sombreados y soleados (ind/m²) en la Laguna de Huacachina, Ica, Perú.

No.	Segmentos	Individuos	Densidad
1		10	3,33
2		8	2,67
3		11	3,67
4		7	2,33
5	Sombreados	9	3,00
6		6	2,00
7		10	3,33
8		5	1,67
9		8	2,67
10		9	3,00
11		5	1,67
12		4	1,33
13		7	2,33
14	Soleados	3	1,00
15		6	2,00
16		5	1,67
17		4	1,33
18		6	2,00

La Tabla 2 muestra el resumen estadístico comparativo. Los segmentos sombreados ($n = 10$) mostraron un promedio de abundancia superior al registrado en los segmentos soleados ($n = 8$), evidenciando una diferencia consistente en los valores centrales entre ambos microhábitats. El error estándar fue ligeramente mayor en el grupo sombreado, en concordancia con su mayor rango absoluto. Los valores mínimos y máximos indican que los segmentos con cobertura vegetal alcanzaron registros más elevados, mientras que los sectores soleados se mantuvieron dentro de un intervalo inferior más acotado.

Tabla 2. Resumen estadístico de densidad de individuos de *Gambusia affinis* por segmentos sombreados y soleados (ind/m²) en la Laguna de Huacachina, Ica, Perú.

Estadígrafos	Segmentos sombreados	Segmentos soleados
Número de segmentos	10	8
Promedio	8,3	5,0
Error estándar	0,60	0,46
Valor mínimo	5,0	3,0
Valor máximo	11,0	7,0
Rango	6,0	4,0
Sesgo estandarizado	-0,54	0,0

Este resultado respondió de manera directa al objetivo planteado y mostró coherencia metodológica: se verificaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas antes de aplicar la prueba t-Student, lo que fortaleció la validez inferencial. El resultado de la prueba t-Student para muestras independientes evidenció una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de abundancia registradas en los dos tipos de segmentos. El valor del estadístico obtenido ($t = 4,19$) indicó una separación marcada entre los promedios comparados, mientras que el nivel de significancia asociado ($p < 0,001$) confirmó que dicha diferencia no puede atribuirse al azar bajo el nivel de confianza establecido. Los resultados respaldan la existencia de un contraste significativo en la abundancia media entre segmentos sombreados y soleados.

DISCUSIÓN

Los hallazgos indicaron un patrón consistente de mayor abundancia en segmentos sombreados, con una separación estadísticamente significativa entre medias. La mayor dispersión en sectores sombreados sugirió no solo incremento en valores centrales, sino también mayor heterogeneidad espacial bajo cobertura vegetal, lo que pudo reflejar microvariaciones internas en refugio o recursos (Woo *et al.*, 2025). En este sentido, los resultados confirmaron que la sombra actuó como factor estructurador de la ocupación espacial, en concordancia con la hipótesis implícita del estudio.

Comparativamente, los hallazgos coincidieron con lo señalado por Dudgeon *et al.* (2006), quienes sostuvieron que los gradientes microambientales dentro de sistemas lénticos determinan la organización espacial de peces a escalas finas. Asimismo, fueron consistentes con lo descrito por Chen *et al.* (2025), quienes reportaron alta plasticidad ecológica de *G. affinis* frente a variaciones térmicas y de oxígeno, favoreciendo su concentración en microhábitats con menor exposición. Sin embargo, Wang *et al.* (2024) destacaron la ocupación de ambientes turbios como estrategia dominante en contextos latinoamericanos, el presente estudio subrayó específicamente el papel de la sombra como variable discriminante, aportando evidencia empírica localizada para oasis costeros.

Desde una perspectiva crítica, la magnitud de la diferencia observada sugirió un efecto ecológicamente relevante, no solo estadístico, lo que respaldó la interpretación de preferencia por microclimas menos expuestos, asociados a regulación térmica y refugio (Kurtul *et al.*, 2024). No obstante, al tratarse de un diseño transversal, los resultados describieron asociación y no causalidad estricta, por lo que futuros estudios experimentales podrían profundizar en mecanismos fisiológicos o comportamentales subyacentes.

En términos disciplinares, la investigación aportó evidencia cuantitativa sobre la distribución espacial de una especie introducida en un oasis desértico artificial, contexto aun escasamente documentado (Marcone *et al.*, 2023). Su relevancia radicó en vincular estadísticamente un gradiente microambiental simple con un patrón de ocupación diferencial, contribuyendo tanto a la ecología de especies invasoras como a la gestión de sistemas lénticos bajo heterogeneidad ambiental.

Si bien los resultados mostraron consistencia estadística y coherencia metodológica, el estudio presentó algunas limitaciones inherentes a su diseño. En primer lugar, el carácter transversal permitió identificar asociaciones entre la condición de sombra y la abundancia, pero no establecer relaciones causales directas. En segundo lugar, el tamaño muestral estuvo restringido a 18 segmentos litorales, lo que, aunque suficiente para detectar diferencias significativas, limitó la extrapolación a escalas espaciales mayores dentro de la laguna o a otros oasis costeros con configuraciones ambientales distintas. Asimismo, no se incorporaron mediciones instrumentales simultáneas de variables fisicoquímicas (temperatura puntual, oxígeno disuelto, intensidad lumínica), por lo que la interpretación ecológica se sustentó en el gradiente de sombra como representación microambiental. Finalmente, el muestreo se concentró en un periodo específico del año, sin evaluar

variación estacional, lo que podría influir en la dinámica espacial de la especie.

Estas limitaciones no invalidaron los hallazgos, pero delimitaron su alcance interpretativo y señalaron líneas claras para investigaciones futuras con diseños longitudinales y mediciones ambientales integradas.

Los resultados evidenciaron que la condición de sombra influyó significativamente en la distribución espacial de *G. affinis* en la Laguna de Huacachina. La mayor abundancia registrada en segmentos sombreados indicó un patrón diferencial de ocupación asociado a microclimas menos expuestos. El análisis estadístico confirmó que esta diferencia no fue atribuible al azar, respaldando la hipótesis de que la heterogeneidad microambiental estructura la organización espacial de la especie. En conjunto, el estudio aportó evidencia cuantitativa relevante para comprender la ecología espacial de especies introducidas en oasis costeros y proporcionó una base empírica para su evaluación como bioindicador en sistemas lénticos con marcada variabilidad ambiental.

Author contribution: CRediT (*Contributor Roles Taxonomy*)

GAP = George Argota-Pérez

Conceptualization: GAP

Data curation: GAP

Formal Analysis: GAP

Funding acquisition: GAP

Investigation: GAP

Methodology: GAP

Project administration: GAP

Resources: GAP

Software: GAP

Supervision: GAP

Validation: GAP

Visualization: GAP

Writing – original draft: GAP

Writing – review & editing: GAP

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amundrud, S.L., & Srivastava, D.S. (2020). Thermal tolerances and species interactions determine the elevational distributions of insects. *Global Ecology and Biogeography*, 29, 1315-1327.
- Castillo, V. R. M., Alvarado, G. E. W., Laurent, R. A. R., & Huamantínco, A. A. A. (2021). Dípteros acuáticos de dos humedales de la costa central de Perú y obtención de adultos a partir de pupas en el laboratorio. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 45, 795-805.
- Chen, B., Shi, L., Gao, Y., Ai, F., Wang, Y., Lougheed, S. C., & Wang, Z. (2025). Adaptive advantages of invasive mosquitofish over native medaka in a warmer, hypoxic world: Comparative physiological and transcriptomic insights. *Science of the Total Environment*, 959, 178277.
- Dudgeon, D., Arthington, A. H., Gessner, M. O., Kawabata, Z. I., Knowler, D. J., Lévêque, C., Naiman, R. J., Prieur, R. A. H., Soto, D., Stiassny, M. L. J., & Sullivan, C. A. (2006). Freshwater biodiversity: Importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews*, 81, 163-182.
- Dunn, R. P., Samhuri, J. F., & Baskett, M. L. (2021). Transient dynamics during kelp forest recovery from fishing across multiple trophic levels. *Ecological Applications*, 31, e02367.
- Johnston, S., & Shepta, E. (2026). Temporal changes in zooplankton assemblage and the complex role of aquatic invasive species in the Ohio River, USA. *Frontiers in Environmental Science*, 13, 1736157.
- Jourdan, J., Riesch, R., & Cunze, S. (2021). Off to new shores: Climate niche expansion in invasive mosquitofish (*Gambusia* spp.). *Ecology and Evolution*, 11, 18369-18400.
- Kurtul, I., Tarkan, A. S., Musa, S. H., Haubrock, P. J., Soto, I., Aksu, S., & Britton, J. R. (2024). Exploring invasiveness and versatility of used microhabitats of the globally invasive *Gambusia holbrooki*. *Science of the Total Environment*, 925, 171718.
- Maestre, J. A., Badajoz, C. C., Peñaloza, P. C., Chalco, C. R., Peña, M. A. S., & Peña, M. A. S. (2021). Aquatic macroinvertebrates of arid and semi-arid ecosystems of Peru. *Frontiers in Environmental Science*, 9, 658940.

- Magurran, A. E., Baillie, S. R., Buckland, S. T., Dick, J. M., Elston, D. A., Scott, E. M., Smith, R. I., Somerfield, P. J., & Watt, A. D. (2010). Long-term datasets in ecology: An essential resource for understanding change. *Trends in Ecology & Evolution*, 25, 574-582.
- Marcone, G., Huertas, G., Zimmer, D. J., Van Valkenburgh, P., Moat, J., & Wernke, S. (2023). Late pre-hispanic fog oasis settlements and long-term human occupation on the Peruvian central coast from satellite imagery. *Antiquity*, 98, 211-228.
- Matthew, A. Campbell, P. T., Bruno, C., & Wei, J. C. (2020). Species invasions and the loss of ecological resilience: Consequences for freshwater fishes. *Journal of Fish Biology*, 97, 293-297.
- Wang, R., Yao, B., Tan, Z., Mao, C., Ma, Y., & Qu, J. (2024). Effect of warming on personality of mosquitofish (*Gambusia affinis*) and medaka fish (*Oryzias latipes*). *Animals*, 14, 2101.
- Woo, S., Kim, W., Kim, Y., & Kim, S. K. (2025). An integrated index for the health of aquatic ecosystem based on multi-species distribution models. *Science of the Total Environment*, 967, 178745.

Received January 22, 2026.

Accepted March 1, 2026.