

Accepted Manuscript / Manuscrito Aceptado

Title Paper/Título del artículo:

Resiliencia amenazada: Posibles Impactos del cambio climático y actividades humanas en el langostino nativo *Macrobrachium tenellum*

Resilience under threat: Possible impacts of climate change and human activities on the native shrimp *Macrobrachium tenellum*

Authors/Autores: Mendiola-Altamirano, T. Y., Vargas-Ceballos, M. A., Montoya-Martínez, C.E., Guerrero-Galván, S., Vega-Villasante, F.

ID: e1901

DOI: <https://doi.org/10.15741/revbio.12.e1901>

Received/Fecha de recepción: February 11th 2025

Accepted /Fecha de aceptación: September 05th 2025

Available online/Fecha de publicación: September 30th 2025

Please cite this article as/Como citar este artículo: Mendiola-Altamirano, T. Y., Vargas-Ceballos, M. A., Montoya-Martínez, C.E., Guerrero-Galván, S., Vega-Villasante, F. (2025). Resilience under threat: Possible impacts of climate change and human activities on the native shrimp *Macrobrachium tenellum*. *Revista Bio Ciencias*, 12, e1901. <https://doi.org/10.15741/revbio.12.e1901>

This is a PDF file of an unedited manuscript that has been accepted for publication. As a service to our customers we are providing this early version of the manuscript. The manuscript will undergo copyediting, typesetting, and review of the resulting proof before it is published in its final form. Please note that during the production process errors may be discovered which could affect the content, and all legal disclaimers that apply to the journal pertain.

Este archivo PDF es un manuscrito no editado que ha sido aceptado para publicación. Esto es parte de un servicio de Revista Bio Ciencias para proveer a los autores de una versión rápida del manuscrito. Sin embargo, el manuscrito ingresará a proceso de edición y corrección de estilo antes de publicar la versión final. Por favor note que la versión actual puede contener errores de forma.

Artículo original

Resiliencia amenazada: Posibles Impactos del cambio climático y actividades humanas en el langostino nativo *Macrobrachium tenellum*

Resilience under threat: Possible impacts of climate change and human activities on the native shrimp *Macrobrachium tenellum*

Resiliencia del langostino nativo *Macrobrachium tenellum*

Resilience of the native shrimp *Macrobrachium tenellum*

Mendiola-Altamirano T. Y^{1,2} () , Vargas-Ceballos M. A^{2,3} * (<https://orcid.org/0000-0002-3999-3965> ()), Montoya-Martínez C.E² (<https://orcid.org/0000-0002-8646-6762> ()), Guerrero-Galván S. R² (<https://orcid.org/0000-0001-6803-4491> ()), Vega-Villasante F² (<https://orcid.org/0000-0003-4208-265X> ()).

¹Maestría en Ciudad, Cambio Climático y Resiliencia, Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara.

²Laboratorio de Calidad de Agua y Acuicultura Experimental, Departamento de Ciencias Biológicas, Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara. Av. Universidad 203, Delegación Ixtapa, C. P. 48280 Puerto Vallarta.

³Estancias posdoctorales por México. Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI).

*Corresponding Author:

Manuel Vargas-Ceballos. Investigador postdoctoral, Laboratorio de Calidad de Agua y Acuicultura Experimental. Departamento de Ciencias Biológicas. Centro Universitario de la Costa. Av. Universidad 203, Delegación Ixtapa, C. P. 48280 Puerto Vallarta, Jalisco, México. E-mail: manuel.vargas@academicos.udg.mx

Manuel Vargas-Ceballos. Investigador postdoctoral, Laboratorio de Calidad de Agua y Acuicultura Experimental. Departamento de Ciencias Biológicas. Centro Universitario de la Costa. Av. Universidad 203, Delegación Ixtapa, C. P. 48280 Puerto Vallarta, Jalisco, México. E-mail: manuel.vargas@academicos.udg.mx

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo analizar los efectos antropogénicos en las poblaciones de langostinos nativos a través de evidencia documental. Para ello, se llevó a cabo el análisis de documentos detectados en bases de datos que abordaran los factores antropogénicos sobre estas especies. Además, se llevó a cabo la realización de encuestas a habitantes locales para recopilar información sobre el aprovechamiento de la especie y los efectos antropogénicos identificados por las comunidades. Adicionalmente, se llevó a cabo el análisis de la calidad

nutricional del músculo de *Macrobrachium tenellum* mediante cómputo químico para determinar su calidad proteica basada en aminoácidos esenciales. La investigación identificó seis factores principales que amenazan las poblaciones de *M. tenellum*: modificación y fragmentación del hábitat, contaminación del agua por actividades agrícolas, industriales y urbanas, prácticas de pesca destructivas, introducción de especies invasoras, impactos del cambio climático y alteraciones en el microbioma intestinal. El análisis nutricional demostró que la proteína de *M. tenellum* es de alta calidad, con cantidades adecuadas de aminoácidos esenciales. Se evidencia la necesidad de implementar un enfoque de conservación holístico que integre medidas de protección ambiental, manejo sostenible y consideraciones socioeconómicas para garantizar la preservación de la especie y el bienestar de las comunidades dependientes.

PALABRAS CLAVE:

Contaminación, Nutrición, Sobrepesca, Impacto social, Modificación del hábitat.

ABSTRACT

The objective of this study was to analyze the anthropogenic effects on native shrimp populations through documentary evidence. To this end, documents found in databases addressing anthropogenic factors affecting these species were analyzed. Additionally, surveys were conducted among local residents to gather information on the use of the species and the anthropogenic effects identified by the communities. Furthermore, the nutritional quality of *Macrobrachium tenellum* muscle was analyzed using chemical computation to determine its protein quality based on essential amino acids. The research identified six main factors threatening *M. tenellum* populations: habitat modification and fragmentation, water pollution from agricultural, industrial, and urban activities, destructive fishing practices, introduction of invasive species, climate change impacts, and intestinal microbiome alteration. Nutritional analysis showed that *M. tenellum* has high-quality protein, with adequate amounts of essential amino acids. There is a clear need to implement a holistic conservation approach that integrates environmental protection measures, sustainable management, and socioeconomic considerations to ensure the preservation of the species and the well-being of dependent communities.

KEY WORDS

Pollution, Nutrition, Overfishing, Social impact, Habitat modification.

Introducción

Debido a las acciones humanas el cambio climático se ha ido acelerando, convirtiéndose en uno de los desafíos más complejos tanto en aspectos sociopolíticos y socioeconómicos como en aspectos ambientales relacionadas con la calidad del aire, agua, suelo o emisiones, y ecológicos entendiendo como aquellas que afectan directamente las relaciones entre los organismos y sus ecosistemas. América Latina y el Caribe son áreas que se destacan por ser más vulnerables ante el cambio

2015). Carabias *et al.* (2005) señalan que el cambio climático intensifica la vulnerabilidad de ecosistemas y de las poblaciones humanas que depende de ellos, afectando particularmente los hábitats de agua dulce, que dependen de procesos ecológicos de zonas remotas y sufren tanto impactos directos como indirectos por actividades humanas y alteraciones ambientales (Carabias *et al.*, 2005; Molina *et al.*, 2017). Las pesquerías, como sistemas socioecológicos dinámicos, están experimentando cambios acelerados relacionados con los mercados, la explotación y las formas de gobernanza, lo que las hace particularmente vulnerables a los impactos del cambio climático (Daw *et al.*, 2009). Flores *et al.* (2010) reconocen que las capturas pesqueras son indicadores del cambio climático global, ya que el aumento de la temperatura influye significativamente en los procesos físicos y biológicos a escala regional y global, afectando los ciclos de vida de las especies a nivel poblacional. Esto se refleja en la dispersión, el reclutamiento y la eficiencia de los individuos en varias etapas de su ciclo de vida. Pero, no solo el cambio climático ha sido identificado como potencial modificador de los ecosistemas y por ende de los organismos asociados a los mismos. Hay factores que han sido claramente estudiados como modificadores deletéreos de esos sistemas naturales y, en muchos casos, han contribuido a la disminución de especies o su extinción. La contaminación por metales pesados y pesticidas, la alteración de los cursos de agua, la sobrepesca y la introducción de especies exóticas son solo algunas de las amenazas que enfrentan estos ecosistemas (Escobar, 2002; Mokaya *et al.*, 2004) y no solo afectan la biodiversidad, sino que también ponen en riesgo los servicios ecosistémicos vitales para el bienestar humano (Mendiguchía, 2005) lo que a su vez repercute en la seguridad alimentaria y la economía de las comunidades locales que dependen de estos.

Los langostinos de río del género *Macrobrachium* viven en todas las regiones tropicales y subtropicales del mundo y se adaptan a una variedad de entornos, como ríos, arroyos, estuarios, pantanos y lagunas costeras (Vega-Villasante *et al.*, 2014; Vega-Villasante *et al.*, 2017). Cruz-Sánchez *et al.* (2019) destacan su importancia económica debido a su alto valor proteico, sabor y atractivo visual. García-Guerrero *et al.* (2013) señalan que existen escasos estudios sobre este género y su aprovechamiento. Estudios previos han señalado la limitada producción científica sobre el género *Macrobrachium*, especialmente en lo relacionado con su aprovechamiento sustentable y potencial económico (Chong-Carrillo *et al.*, 2015; Chong-Carrillo *et al.*, 2016). Estos trabajos identifican debilidades estructurales en la investigación regional y destacan la importancia de fortalecer el conocimiento aplicado sobre estas especies. A pesar de su relevancia, las poblaciones de langostinos nativos enfrentan múltiples amenazas asociadas a la expansión urbana, el uso intensivo del suelo, la contaminación de cuerpos de agua y a la sobreexplotación. La CONASPECA (2021) ha reportado un estancamiento e incluso disminución en la producción de especies de langostinos en años recientes. Específicamente, *M. tenellum* (Smith, 1871) es una especie dulceacuícola nativa de la vertiente del Pacífico, distribuida desde el noroeste de México hasta Perú. Habita principalmente en ríos y arroyos con desembocadura directa al mar, formando parte de sistemas estuarinos y zonas de transición dulce-salobre. Su captura representa un ingreso complementario importante para pescadores artesanales, no solo es un componente importante de la biodiversidad acuática si no que es parte de la identidad alimentaria de diversas comunidades ribereñas en regiones como Jalisco, Nayarit y Oaxaca.

En el caso específico de *M. tenellum*, la alteración de los sistemas acuáticos debido a actividades antropogénicas como la agricultura, la minería y la industria, pone en riesgo no solo a la especie sino también a las personas que la consumen (Cruz-Sánchez *et al.*, 2019). La comprensión de estos factores y sus efectos es crucial para desarrollar estrategias de conservación y manejo sostenible que aseguren la persistencia de estas especies y los servicios ecosistémicos que proporcionan. Como señalan Altieri *et al.* (2013), existe una relación estrecha entre la resiliencia social y ecológica, particularmente en grupos o comunidades que dependen directamente de los recursos ambientales para su supervivencia. El presente estudio tiene como objetivo determinar la forma en que las actividades humanas pueden afectar las poblaciones de langostinos de río, con particular atención en *M. tenellum*, a través de la búsqueda de información especializada en bases de datos y a través de la percepción que los mismos habitantes de la zona poseen sobre este langostino. Asimismo, se analizó la calidad nutricional de *M. tenellum*, a través de su cómputo químico, con el fin de compararla con otras fuentes proteicas comunes en poblaciones con recursos limitados, para determinar el posible efecto de la disminución o pérdida de este recurso en la nutrición de las comunidades ribereñas.

Material y Métodos

Estudio bibliométrico

Se llevó a cabo búsqueda de artículos publicados sobre el cambio climático y los efectos antropogénicos a la que se enfrentan los langostinos del género *Macrobrachium*. Cabe señalar que el análisis bibliométrico fue realizado a nivel del género *Macrobrachium*, considerando todas las especies reportadas en la base de datos consultada. A partir de estos resultados generales, se hizo un análisis comparativo y reflexivo enfocado particularmente en *M. tenellum*, en función de su presencia en la literatura y su relevancia en el contexto regional de estudio. La búsqueda se llevó a cabo en la base de datos SCOPUS. La colecta de la información se realizó utilizando las palabras clave: “anthropogenic”, “*Macrobrachium*”, “climate change” y “global warming”, limitando a título, resumen y palabras clave. Los resultados fueron filtrados para solo conservar los artículos que hicieran referencia a la temática establecida. En el análisis se tuvo en cuenta la línea de tiempo de producción de artículos desde 2000 hasta 2024, los autores, afiliaciones, países, áreas temáticas y tipo de documento. La base de datos fue transferida a Excel para su manejo y generación de gráficos.

Los estudios seleccionados fueron organizados y analizados de acuerdo con las temáticas establecidas: i) Cambio climático: Se evaluaron proyecciones sobre la distribución geográfica de las especies y las respuestas fisiológicas al aumento de temperatura y eventos extremos; ii) Modificación del hábitat: Se analizaron los efectos de barreras físicas, como presas y desvíos de ríos, en la conectividad de las poblaciones y los ciclos reproductivos; iii) Sobrepesca y prácticas ilegales: Se documentaron los impactos de la extracción excesiva, la pesca con artes destructivas y la falta de regulación en la sostenibilidad de las poblaciones; iv) Contaminación: Se revisaron estudios sobre bioacumulación de metales pesados, microplásticos y otros contaminantes, y sus efectos fisiológicos y ecológicos; v) Importancia sociocultural y

económica: Se recopiló información sobre el papel de *Macrobrachium* en la economía local y en las tradiciones culturales de comunidades costeras y fluviales. vi) Calidad nutricional: Se analizaron datos sobre la composición bioquímica (proteínas, lípidos y minerales) de la especie (y que se detalla a continuación) y los posibles efectos de la contaminación en su calidad. vii) Resiliencia: Se identificaron y categorizaron argumentos en contra y a favor de la capacidad de las especies para adaptarse y persistir frente a los impactos ambientales, resaltando factores genéticos, ecológicos y de manejo que podrían influir en su capacidad adaptativa.

Determinación de la calidad nutricional: cómputo químico

Debe describir los materiales utilizados y explicar detalladamente los métodos de investigación aplicados para la ejecución del trabajo. Esta sección finaliza señalando las pruebas estadísticas empleadas para analizar objetivamente los resultados. El cómputo químico (CS por sus siglas en inglés) es un método para evaluar el valor nutricional de una proteína en función de la cantidad de aminoácidos esenciales que contiene, comparándolos con los requerimientos humanos (FAO/WHO, 2013). Por su parte, el cómputo químico corregido por digestibilidad (PDCAAS por sus siglas en inglés) toma en cuenta no solo el perfil de aminoácidos de la proteína, sino también su digestibilidad, es decir, qué tan bien el cuerpo puede digerirla y absorberla. (FAO/WHO, 2013). El perfil de aminoácidos del músculo caudal (cola) de *M. tenellum*, fue obtenido del estudio llevado a cabo por Espinosa-Chaurand *et al.* (2013). El CS y el PDCAAS, se determinaron siguiendo el método implementado por Montoya-Martínez *et al.* (2016) y Basto-Rosales *et al.* (2020).

El cálculo del cómputo químico (CS) se realizó de la siguiente manera:

$$CS = \frac{((\text{mg de aminoácidos esenciales en la proteína evaluada}))}{((\text{mg de mismos aminoácidos en la proteína de referencia}))} \quad (1)$$

Para el cómputo químico corregido se utilizó la digestibilidad reportada para el músculo de camarón con digestibilidad del 83.46 % (Orlien *et al.*, 2021). La evaluación del PDCAAS se realizó de la siguiente manera: miligramos de aminoácido esencial en 1 g de la proteína de prueba / miligramos del mismo aminoácido en 1 g de la proteína de referencia, por su digestibilidad.

Los valores de CS y PDCAAS iguales o mayores a 1 demuestra que el alimento cumple con los requisitos proteicos necesarios para satisfacer los requerimientos de la alimentación humana. En cambio, los valores inferiores a 1 indican cuales son los aminoácidos limitantes. Se comparó el PDCAAS del músculo de *M. tenellum* con los de la tilapia (*Oreochromis niloticus*), la carpa (*Cyprinus carpio*) y el atún (*Thunnus thynnus*) (Basto-Rosales *et al.*, 2020) para determinar la similitud o diferencias nutricionales entre estos.

Complementariamente, se incluyó un componente de percepción social mediante encuestas dirigidas a la población en general. Las encuestas fueron distribuidas

mediante la plataforma Google Forms, con preguntas cerradas de opción múltiple y dicotómicas. Su propósito fue evaluar el conocimiento sobre la especie, la percepción de los factores antropogénicos que afectan sus poblaciones y las actitudes hacia su conservación. Se aplicaron entre mayo de 2014 y febrero de 2025.

Resultados y Discusión

Análisis bibliométrico

Los resultados presentados en esta sección derivan de una revisión sistemática que abarca tanto estudios generales del género *Macrobrachium* como aquellos específicos sobre *M. tenellum*. Esta inclusión dual se debe a la escasa disponibilidad de información científica enfocada exclusivamente en esta especie, permitiendo así una visión más amplia y contextualizada de los impactos ambientales y socioeconómicos analizados. Se analizaron un total de 64 publicaciones en el periodo comprendido entre los años 2000 y 2024. Los años 2022 y 2024 destacaron como los de mayor productividad científica, con ocho publicaciones cada uno. A partir del año 2020, se observó un notable incremento en la producción científica relacionada con el impacto del cambio climático y factores antropogénicos sobre el género *Macrobrachium* (Figura 1).

Figura 1. Línea de tiempo de las publicaciones científicas relacionadas con el efecto del cambio climático y factores antropogénicos sobre el género *Macrobrachium*.

Un total de 18 autores contribuyeron a las publicaciones científicas relacionadas con el impacto del cambio climático y factores antropogénicos sobre el género *Macrobrachium*. De estos, la mayoría presentó dos publicaciones, mientras que un

menor número de autores (Abanikanda, O.T.F., Abolaji, O.V., y Albuquerque, F.E.A.) registraron solo una publicación cada uno. La distribución sugiere una participación pero concentrada de ciertos autores en este campo de estudio (Figura 2).

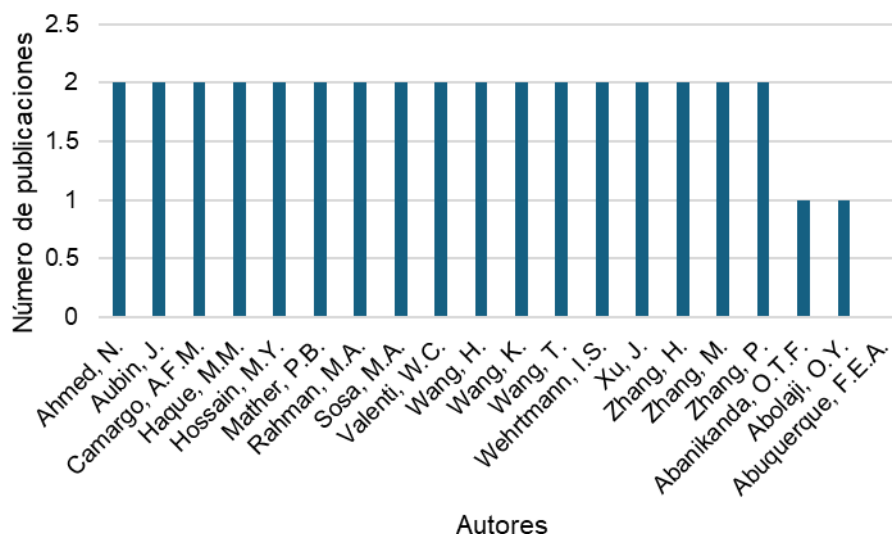


Figura 2. Autores de las publicaciones científicas relacionadas con el efecto del cambio climático y factores antropogénicos sobre el género *Macrobrachium*.

Se identificaron más de 20 instituciones a nivel global que contribuyen a la investigación del género *Macrobrachium* en relación con los efectos del cambio climático y factores antropogénicos. Las instituciones participantes están distribuidas en diversos continentes, reflejando el interés mundial en esta línea de investigación. A nivel institucional, la Universidad de São Paulo, la Universidad Estatal Paulista Júlío de Mesquita y la Universidad de Agricultura de Bangladesh lideran la producción científica con cinco, cuatro y dos publicaciones, respectivamente. Las instituciones restantes registran dos o menos publicaciones cada una (Figura 3). En cuanto a la producción científica por países, China destaca como el principal contribuyente con 11 publicaciones, seguida por Bangladesh y Brasil con 9 publicaciones cada uno, y Australia con 7 publicaciones (Figura 4).

Del total de 76 publicaciones registradas en la base de datos Scopus, los artículos científicos constituyen el tipo de documento predominante, representando el 91% de la producción total en esta línea de investigación. Las revisiones ocupan el segundo lugar con un 5%, mientras que el 4% restante se distribuye entre editoriales, conferencias y Short surveys (encuestas breves) (Figura 5).

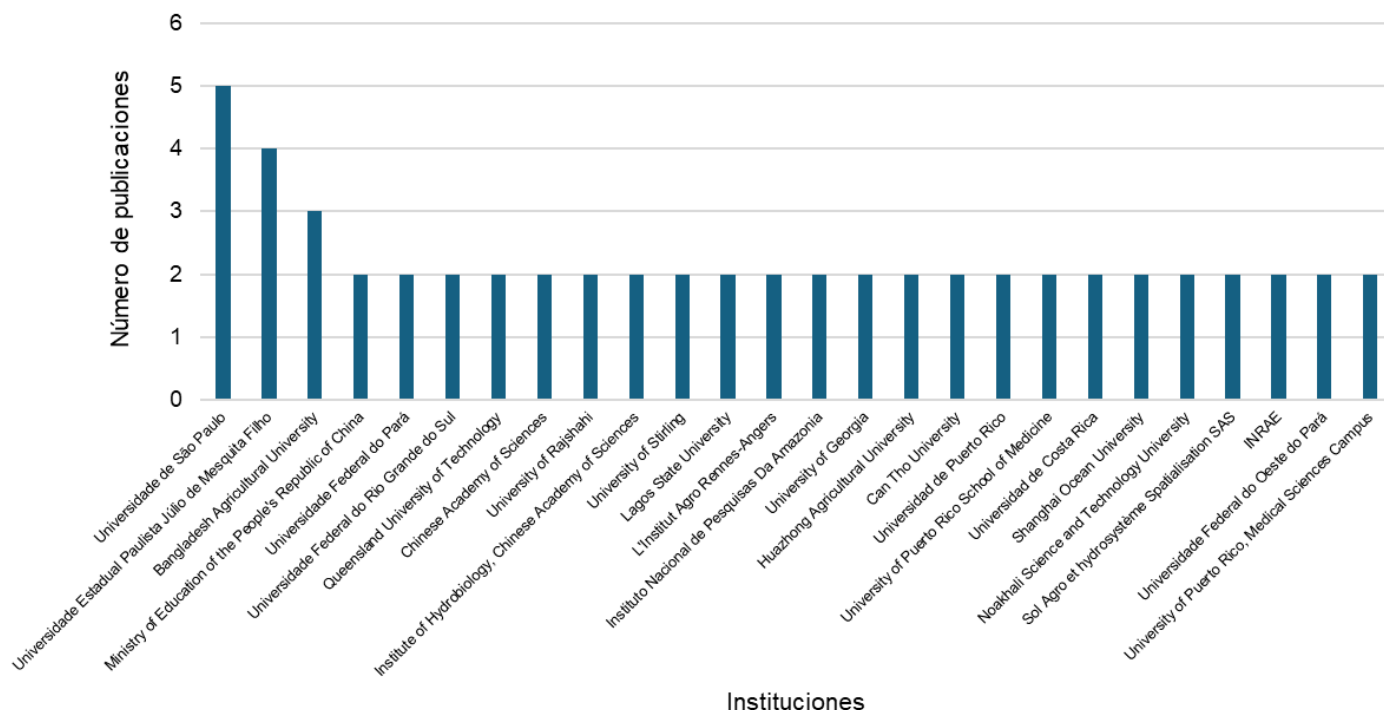


Figura 3. Afiliaciones de los autores de las publicaciones científicas relacionadas con el efecto del cambio climático y factores antropogénicos sobre el género *Macrobrachium*.

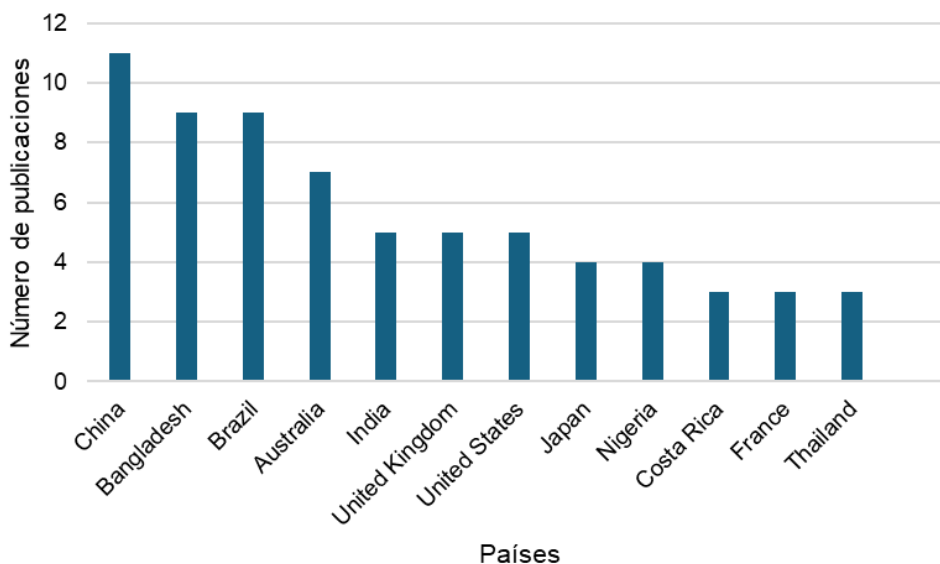


Figura 4. Países productores de publicaciones científicas relacionadas con el efecto del cambio climático y factores antropogénicos sobre el género *Macrobrachium*.

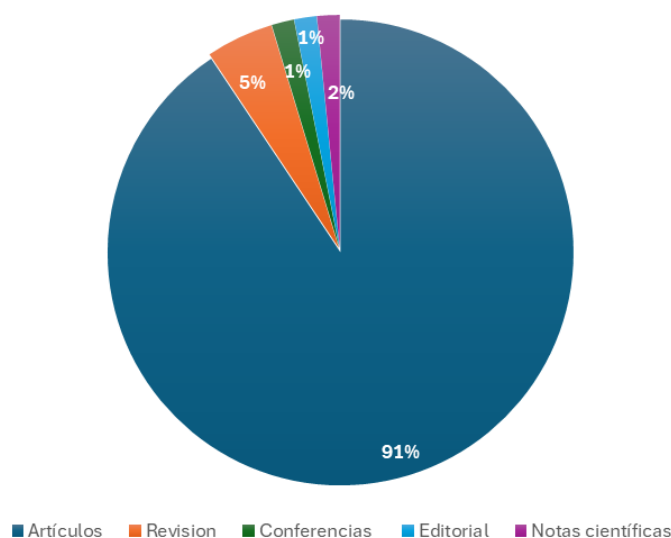


Figura 5. Tipo de documento científico publicado y relacionado con el efecto del cambio climático y factores antropogénicos sobre el género *Macrobrachium*.

La distribución temática de las publicaciones científicas en SCOPUS relacionadas con el impacto del cambio climático y factores antropogénicos sobre especies del género *Macrobrachium* refleja un enfoque multidisciplinario, con una mayor concentración en áreas de las ciencias biológicas y ambientales (Figura 6). El área de Ciencias Agrícolas y Biológicas representa el 32% de las publicaciones, destacando la relevancia de este género en sistemas acuícolas, la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. Ciencias Ambientales ocupa el segundo lugar con un 30%, lo que evidencia el interés en comprender cómo los cambios en los ecosistemas acuáticos, inducidos por el cambio climático y actividades humanas, afectan a las poblaciones de *Macrobrachium*.

Otras áreas destacadas incluyen Bioquímica, Genética y Biología molecular (7%), que refiere a estudios relacionados con adaptaciones fisiológicas, respuestas genéticas y toxicología. La contribución de Medicina (5%) puede estar relacionada con estudios que evalúan la seguridad alimentaria y los riesgos para la salud humana derivados del consumo de especies expuestas a contaminantes ambientales. Otras disciplinas, como Ingeniería y Economía, Econometría y Finanzas, aunque representan un porcentaje menor (1-2%), destacan la importancia del análisis técnico y económico en la sostenibilidad de la explotación de este género (Figura 6). En general, esta distribución refleja la necesidad de un enfoque integrado para abordar los impactos del cambio climático y actividades antropogénicas.

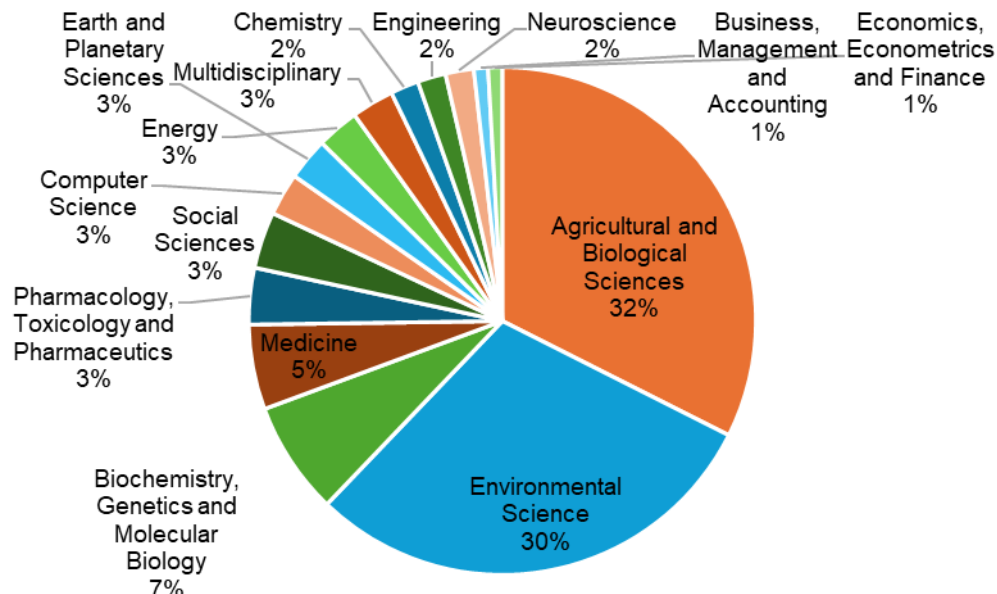


Figura 6. Áreas temáticas de SCOPUS relacionadas con las publicaciones científicas sobre el efecto del cambio climático y factores antropogénicos en el género *Macrobrachium*.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la revisión bibliográfica, se determinó que los potenciales efectos antropogénicos negativos sobre las especies de langostinos, incluida *M. tenellum* son la modificación del hábitat, contaminación y prácticas de pesca ilegal y destructiva.

Cómputo químico

Los resultados obtenidos a través del cálculo del CS y el PDCAAS demuestran que únicamente los aminoácidos metionina/cisteína, con un índice 0.94, fueron los limitantes (tabla 1). En general, estos resultados permiten concluir que la proteína del músculo de *M. tenellum* es una buena fuente de proteína con alto valor nutricional, adecuada para satisfacer los requerimientos proteicos de niños menores de dos años y por lo tanto para cualquier etapa etaria del ser humano. La calidad de la proteína de *M. tenellum* es similar a la de pescados de consumo habitual por la población.

Tabla 1. Requerimiento de AA en niños menores de dos años, perfil de AA del músculo (mg / g de proteína), CS y PDCAAS de *Macrobrachium tenellum* y algunos peces utilizados como alimento humano.

EAA (mg/g proteína)	Requerimientos de AA para niños menores de dos años	Perfil de AA de la proteína de <i>M. tenellum</i>	CS	PDCAAS			
			<i>M. tenellum</i>	<i>M. tenellum</i>	Tilapia	Carpa	Atún
Histidina	18	25	1.39	1.17	1.22	1.54	1.47
Isoleucina	25	40	1.60	1.34	1.74	1.73	1.66
Leucina	51	80	1.57	1.32	1.47	1.5	1.44
Lisina	55	96	1.75	1.47	1.54	1.57	1.5
Metionina/Cisteína	25	28	1.12	0.94	1.52	1.52	1.45
Fenilalanina/Tirosina	47	100	2.13	1.79	1.77	1.46	1.4
Treonina	27	63	2.33	1.96	1.65	1.53	1.46
Valina	32	39	1.22	1.02	1.42	1.51	1.45

Percepción social

De las 120 encuestas aplicadas, 80.0 % de los participantes reconoce al langostino y un 18.5 % aún lo captura; sin embargo, 65.8 % ya no lo consume y 40.7 % percibe una reducción clara de su abundancia. Entre los factores identificados como causales destacan la contaminación (87.4 %), el aumento de la temperatura del agua (76.6%) y, en menor proporción, la presencia de barreras hidráulicas (35.3 %). La pesca destructiva mediante tóxicos fue señalada como un problema grave por 80.7 %, y el 84% reconoció la pesca en veda como práctica frecuente. Pese a ello, 81.5 % considera prioritaria la conservación de la especie, aunque la mayoría desconoce la normativa vigente.

La revisión bibliográfica permitió detectar y analizar diversos documentos científicos que abordan de manera directa o indirecta el efecto del cambio climático y factores antropogénicos que inciden, o pueden incidir, de manera negativa en las poblaciones de langostinos nativos y otras especies que comparten los mismos ecosistemas y hábitats.

Cambio climático

El cambio climático, impulsado por actividades antropogénicas, está modificando las temperaturas globales, lo que podría tener un efecto directo en las especies acuáticas como *M. tenellum*. Staines (2007) señala que el incremento en la temperatura del agua podría influir en las tasas de crecimiento, reproducción y supervivencia. A medida que las temperaturas se elevan, es probable que se alteren los patrones de desarrollo y supervivencia de esta especie, lo que podría tener consecuencias a largo plazo en sus poblaciones. Por su parte, Barange & Perry (2009) exponen de manera clara cuáles serían las repercusiones del cambio climático en ecosistemas acuáticos continentales. Los impactos en las aguas van desde el aumento generalizado de la temperatura que

afecta la estratificación térmica, ciclos hidrológicos y patrones estacionales hasta cambios en la distribución de especies, por alteraciones de los hábitats por cambios en los flujos de agua y su composición fisicoquímica. Lo anterior podría derivar en impactos en la biodiversidad, por alteraciones en patrones de migración (muy importantes en los langostinos anfídromos como *M. tenellum*), en la fisiología y en los comportamientos reproductivos, como la temporada de desove. Adaptando lo asentado por Ferrer-Miranda *et al.* (2023) de lo general expuesto en su trabajo a lo que, en específico, el cambio climático pudiera impactar a las poblaciones de langostinos nativos con relación a las pesquerías, se puede concluir que el aumento de la temperatura del agua y los cambios en los flujos hidrológicos alterarán sus ciclos de vida desde la reproducción hasta el reclutamiento. Estos cambios provocarán el desplazamiento de las poblaciones hacia hábitats menos impactados, lo que podría reducir su disponibilidad para las comunidades ribereñas que dependen de ellas como fuente de alimento y sustento económico. Por otro lado, en la acuicultura, el aumento de la temperatura y la variabilidad climática afectarán directamente la calidad del agua y la incidencia de enfermedades, poniendo en riesgo la producción sostenible de estas especies en condiciones de cultivo.

Modificación del hábitat por barreras y modificaciones hidrológicas.

Los estudios analizados en esta investigación indican que la modificación del hábitat puede afectar de manera significativa los patrones de movimiento de *M. tenellum*, como son las construcciones de barreras, y represas que pueden llegar a afectar los patrones migratorios de la especie (Guzmán-Arroyo *et al.*, 2009). Si a esto se le suma el crecimiento de los asentamientos humanos irregulares a los márgenes de ríos, el resultado es un cambio dramático en el hábitat de esta y otras especies, lo que puede comprometer la disponibilidad de recursos y las condiciones necesarias para su reproducción y supervivencia a largo plazo. En el caso de las represas y embalses, Rodríguez-Uribe *et al.* (2014) observaron que estas estructuras pueden obstruir las migraciones estacionales de *M. tenellum*, afectando sus patrones de comportamiento y reclutamiento. Olivier *et al.* (2013) realizaron un estudio de los efectos de las estructuras de control de río en la migración de *M. ohione* (especie muy similar a *M. tenellum*) en el río Mississippi y se demostró que estas barreras reducen significativamente las tasas de reclutamiento de juveniles río arriba. Peña-Almaraz *et al.* (2021), con el diseño barreras artificiales en laboratorio, observaron que juveniles de *M. tenellum* son capaces de escalar barreras de hasta 90° de inclinación cuando estas tienen una rugosidad adecuada. Sin embargo, esta inclinación sí representa un alto grado de dificultad que puede ocasionar paralizaciones de las migraciones río arriba. También, Peña-Almaraz *et al.* (2024) estudiaron la capacidad de nado contracorriente de diversas tallas de *M. tenellum*, bajo diferentes flujos de agua en un sistema experimental. Sus resultados demuestran que, aunque esta especie es capaz de enfrentar flujos diversos de agua, no alcanza a superar flujos rápidos como los que se forman en los canales de derivación de presas y embalses, lo que también podría afectar sus migraciones estacionales y posterior reclutamiento. Castillo (1999) menciona en su reporte que la modificación de los cursos de agua puede alterar significativamente los hábitats acuáticos, potencialmente ocasionando que las especies sufran un desplazamiento o una reducción en su abundancia.

Esto junto con las actividades humanas que modifican el régimen hidrológico, como las desviaciones de cursos de agua, pueden afectar las condiciones del hábitat de *M.*

tenellum. La fragmentación del hábitat también promueve el aislamiento de subpoblaciones, lo que puede reducir la diversidad genética y hacer a las poblaciones más vulnerables a eventos estocásticos (Andrade, 2010). Además, al restringir el movimiento de los organismos, se limita su capacidad para adaptarse a cambios ambientales como el calentamiento global (Yáñez-Arancibia & Day, 2010).

Sobrepesca y prácticas de pesca ilegal y destructiva.

Macrobrachium tenellum es una especie cuya captura se hace a través de pesca artesanal que, en algunos casos, puede tener efectos negativos en sus poblaciones, ya que, al no haber una real inspección gubernamental, se capturan hembras ovígeras o individuos de tallas menores a las permitidas. A pesar de que es una especie que cuenta con un periodo de veda establecido de agosto a octubre de cada año, durante la temporada reproducción (tanto para *M. americanum* como para *M. tenellum*) (D.O.F. 2010), los pescadores artesanales no respetan este periodo y llevan a cabo su captura sin mayores problemas (comunicación personal con pescadores de Tomatlán, Jalisco).

Un aspecto negativo de la pesca artesanal de langostinos, incluido *M. tenellum*, es el uso de venenos para facilitar su captura. Esta práctica está prohibida por la Norma Oficial Mexicana NOM-064-SAG/PESC/SEMARNAT-2013, que regula los sistemas, métodos y técnicas de captura prohibidos en aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos. La norma señala que esta técnica impacta negativamente el ecosistema, ya que el veneno afecta no solo a la especie objetivo, sino también a todas las especies presentes en la zona de influencia del tóxico empleado. A pesar de que es una práctica ilegal, se lleva a cabo de manera clandestina en muchos estados del país, incluso aquellos que no tienen litoral. Pasquel (2022) y Aguirre (2018) reportan el uso de cianuro para la pesca en ríos y embalses en comunidades del estado de Hidalgo. Los pobladores han denunciado esta práctica, la cual, según su percepción, ha llevado casi a la extinción de diversas especies de acamayazas (langostinos) y otras especies acuáticas. Cazarín (2019) menciona que, en algunas zonas de Veracruz, el *M. carcinus* (pigua) ya se considera extinto debido a la sobrepesca y, en especial, al uso de venenos para su captura. Por su parte, Ibarra (2017) reporta una elevada mortalidad de especies acuáticas en Escuinapa, Sinaloa, como resultado del uso de cianuro en la pesca de especies de interés comercial.

Contaminación

La contaminación de los cuerpos de agua representa una de las amenazas más significativas para las poblaciones de *M. tenellum*, derivada principalmente de actividades agrícolas, industriales y urbanas. Entre las fuentes de contaminación, los pesticidas y fertilizantes agrícolas destacan como elementos particularmente preocupantes, ya que pueden alterar la química del agua y afectar directamente a los organismos acuáticos. En este contexto, la presencia de nitritos provenientes de fertilizantes es de especial interés debido a su alta solubilidad y movilidad, lo que facilita su dispersión y la generación de impactos negativos en los ecosistemas acuáticos (Manenti *et al.*, 2019).

Los efluentes de desechos líquidos y sólidos provenientes de la industrial y zonas urbanas son una amenaza constante que pueden llegar a introducir contaminantes

tóxicos en los ecosistemas acuáticos, los efluentes pueden presentar metales pesados, hidrocarburos y microplásticos en los cuerpos de agua (Becerril *et al.* 2007). De acuerdo con González-Pisani *et al.* (2022), los crustáceos de agua dulce son especialmente susceptibles a la exposición a partículas de microplásticos (MPs) y nanoplásticos (NPs). Los estudios han mostrado que los MPs pueden ser ingeridos y retenidos en el sistema digestivo de estos crustáceos, afectando su crecimiento, reproducción y mecanismos de defensa contra el estrés oxidativo. También se observan efectos de toxicidad genética, incluyendo daños en el DNA, y se ha documentado que la bioacumulación de microplásticos en tejidos puede llevar a consecuencias a largo plazo en la salud y en la estructura de las poblaciones de crustáceos de agua dulce.

La contaminación también puede ocasionar efectos negativos en la fisiología digestiva de los langostinos. El estudio realizado por Cheng-Yu *et al.* (2017) sobre la plasticidad del microbioma intestinal en *M. nipponense* (muy similar también a *M. tenellum*) demostró que los cambios rápidos en el entorno pueden modificar significativamente la composición microbiana intestinal de estos crustáceos. Lo anterior puede hacerlos susceptibles a la colonización de bacterias patógenas y/o a alteraciones de la fisiología digestiva que resulten en patologías nutricionales. Aunque este estudio se realizó en otra especie del género *Macrobrachium*, sus hallazgos son relevantes para comprender los posibles impactos en *M. tenellum*.

Importancia sociocultural y económica.

Los langostinos son un recurso fundamental para las comunidades costeras a lo largo de todo México. Los impactos antropogénicos sobre sus poblaciones no solo generan consecuencias ecológicas, sino que también tienen importantes implicaciones socioeconómicas, afectando a las comunidades que dependen de ellos tanto como fuente habitual de alimento como medio de sustento económico a través de su comercialización (García-Guerrero *et al.*, 2013).

Cruz-Sánchez *et al.* (2019) realizaron un estudio sobre la pesca de langostinos del género *Macrobrachium* en el río Palizada, Campeche, destacando su relevancia sociocultural y económica para las comunidades locales. Socioculturalmente, la actividad pesquera se ha transmitido de generación en generación, con una gran mayoría de pescadores que provienen de familias dedicadas a este oficio, lo que refleja un profundo arraigo cultural. Además, el conocimiento tradicional sobre los ciclos climáticos y las temporadas de captura de las especies como *M. acanthurus* (acamaya) y *M. carcinus* (pigua) subraya la relación histórica entre estas comunidades y los recursos acuáticos que constituyen una fuente significativa de ingresos. Aunque no hay un estudio similar, llevado a cabo para *M. tenellum*, la experiencia personal de los autores del presente trabajo permite asegurar que esta especie es una fuente importante de ingresos y alimentos para muchas comunidades costeras y rivereñas de la vertiente del Pacífico mexicano.

Ortega-Álvarez (2024) en su trabajo, documenta que los camarones de río, particularmente en Zacualpan, Colima, representan un elemento de gran importancia sociocultural y socioeconómica. Desde el punto de vista cultural, su pesca y preparación están profundamente enraizadas en las tradiciones de la comunidad, formando parte de su identidad y de festividades como "La Chacaliza". Este evento, que combina la pesca

comunitaria, la gastronomía y los rituales religiosos, destaca la conexión entre los recursos naturales y las expresiones culturales locales. Económicamente, la comercialización del camarón de río, conocido localmente como chacal, proporciona ingresos complementarios a las familias, especialmente en temporadas de alta demanda. Sin embargo, la sobrepesca, la contaminación y el cambio climático amenazan tanto las poblaciones de estas especies como la continuidad de las prácticas que giran en torno a ellas. Por ello, su conservación no solo implica preservar un recurso biológico, sino también proteger un pilar del patrimonio cultural y económico de la región.

También en la vertiente del Pacífico, específicamente en Baja California Sur (Mar de Cortés), Lizárraga-Hernández (2024) menciona que los langostinos del género *Macrobrachium* representan un elemento clave del patrimonio sociocultural de la región. Desde la época de las misiones jesuitas, estos crustáceos han sido una fuente importante de alimento para las comunidades locales, particularmente en los oasis, que han sido históricamente puntos de asentamiento y desarrollo debido a su acceso al agua. Los langostinos formaban parte de la dieta tanto de los habitantes nativos como de los colonos, quienes reconocían su abundancia y calidad durante las temporadas de lluvia. Además de su valor alimenticio, estos crustáceos están profundamente ligados a las prácticas y conocimientos tradicionales que han pasado de generación en generación. La disminución de sus poblaciones debido a la sobreexplotación y la alteración de los hábitats no solo representa una amenaza ecológica, sino también una pérdida cultural significativa.

De acuerdo con Martínez-Castro *et al.* (2024), los langostinos de agua dulce resaltan como un ejemplo del potencial económico y cultural que puede integrarse dentro de los enfoques de la Economía Social y Solidaria (ESS) en Oaxaca. Este modelo busca fomentar actividades productivas que respeten la biodiversidad y las tradiciones locales, generando ingresos de manera equitativa y sostenible. La pesca y comercialización de langostinos podrían alinearse con los principios de la ESS, fortaleciendo cadenas de valor locales y regionales basadas en la cooperación y la equidad económica. Sin embargo, la sobreexplotación, la destrucción de hábitats y la contaminación ponen en riesgo tanto a las poblaciones de langostinos como a la seguridad alimentaria de las comunidades que dependen de ellos.

Los langostinos del género *Macrobrachium* no solo son un recurso biológico, sino también un elemento central en la identidad cultural y el sustento económico de numerosas comunidades en México. Su aprovechamiento ilustra la relación intrínseca entre los recursos naturales y las tradiciones humanas, reflejada en actividades transmitidas de generación en generación, como la pesca y la preparación de estos crustáceos (Ortega-Álvarez, 2024). Este vínculo cultural no solo fortalece la cohesión social, sino que también resalta la relevancia histórica y simbólica de los langostinos. Económicamente, los langostinos representan una fuente clave de ingresos, especialmente para comunidades costeras y ribereñas con recursos limitados (Cruz-Sánchez *et al.* 2019). No obstante, la creciente presión por factores como la sobrepesca, la contaminación y la destrucción de hábitats amenaza no solo la estabilidad de sus poblaciones, sino también la continuidad de las prácticas culturales y económicas que dependen de ellas. La conservación de los langostinos implica más que proteger un recurso biológico; requiere preservar un pilar esencial del patrimonio cultural y económico de las comunidades. Esto exige un enfoque integral que combine medidas

de manejo sostenible, educación ambiental y políticas públicas que valoren y fortalezcan las cadenas de valor locales, asegurando que este valioso recurso continúe beneficiando a las generaciones presentes y futuras. Sin estas acciones, se arriesga no solo la pérdida de biodiversidad, sino también un legado cultural y económico único.

Percepción social.

Las encuestas mostraron que gran parte de la población local reconoce una disminución en la disponibilidad del langostino, pero desconoce aspectos fundamentales como la existencia de vedas o las prácticas permitidas de pesca. Esta desconexión entre conocimiento local y normativa formal señala una falla en la gobernanza del recurso, situación ya documentada en otros estudios sobre pesca artesanal en México, (Altieri, 2013; Cruz-Sánchez *et al.*, 2019; Pasquel, 2022).

En este contexto, la falta de control efectivo representa una amenaza concreta para la sostenibilidad del aprovechamiento del langostino, y reduce la posibilidad de implementar mecanismos participativos. Lo anterior refuerza la urgencia de promover mecanismos de conservación que integren educación ambiental, vigilancia comunitaria y fortalecimiento institucional, como se ha propuesto para pesquerías ribereñas del Pacífico y Golfo de México (Ortega-Álvarez, 2024; Martínez-Castro *et al.*, 2024)

Calidad nutricional

Macrobrachium tenellum es una fuente de proteína de alta calidad con un perfil de aminoácidos comparable al de peces de consumo habitual (Espinosa-Chauran *et al.*, 2013). Este crustáceo no solo aporta beneficios nutricionales esenciales, sino que también es accesible para comunidades ribereñas con recursos limitados, considerado como una opción fácil de cocinar en múltiples preparaciones donde representa un componente vital de su dieta. Además, su captura y comercialización generan ingresos complementarios en regiones vulnerables, reforzando su relevancia sociocultural y económica (Pérez-Velázquez *et al.*, 2011). En este contexto, la pérdida de *M. tenellum* implicaría un golpe severo a la seguridad alimentaria de las comunidades locales, especialmente en regiones donde las opciones proteicas son limitadas (FAO, 2022). Esto podría exacerbar desigualdades sociales y económicas, aumentando la dependencia de fuentes alimenticias externas menos accesibles y saludables.

Resiliencia

Basándonos en los puntos expuestos con anterioridad, la resiliencia de las poblaciones de *M. tenellum* frente al cambio climático y las actividades antropogénicas parece estar gravemente comprometida, aunque no completamente descartada.

Argumentos en contra de una resiliencia sólida:

Impactos acumulativos severos: múltiples factores que afectan negativamente a las poblaciones de langostinos, como el cambio climático (incremento de temperatura, alteraciones hidrológicas) y actividades humanas (sobrepesca, contaminación, prácticas destructivas). Estos impactos no son aislados, sino que interactúan, intensificando sus efectos negativos.

Modificación del hábitat: Las barreras físicas como represas y embalses dificultan la migración de los langostinos, limitando su ciclo de vida. Aunque los juveniles tienen cierta capacidad de adaptación, las restricciones prolongadas pueden llevar a la fragmentación de poblaciones y pérdida de diversidad genética, lo que reduce la capacidad de adaptación frente a cambios ambientales (Peña-Almaraz *et al.*, 2024).

Falta de regulación efectiva: A pesar de existir normativas, como vedas y prohibiciones de pesca destructiva, su incumplimiento generalizado agrava la situación. La falta de aplicación rigurosa de las leyes sugiere que las acciones humanas seguirán siendo un factor de presión significativa (FAO, 2007).

Vulnerabilidad climática: Cambios abruptos en la temperatura y composición química del agua afectan directamente procesos vitales como la reproducción, el reclutamiento y el crecimiento. Estos procesos son fundamentales para la recuperación de las poblaciones (Blanck & Lamouroux, 2007).

Argumentos a favor de una posible resiliencia:

Adaptabilidad biológica: *M. tenellum* ha demostrado cierta capacidad para enfrentar condiciones adversas, como la escalada de barreras inclinadas y la tolerancia a flujos de agua diversos (Peña-Almaraz *et al.*, 2021; Peña-Almaraz *et al.*, 2024). Esto sugiere una plasticidad biológica que podría permitir su supervivencia en ciertas circunstancias.

Importancia sociocultural y económica: La relevancia de los langostinos para las comunidades locales podría incentivar acciones comunitarias para su conservación, como reducción de pesca destructiva y educación ambiental (García-Guerrero *et al.*, 2013).

Investigaciones y manejo sostenible: El enfoque en estrategias de conservación, como la regulación pesquera, la acuicultura y la restauración de hábitats, podría mitigar algunos efectos negativos, permitiendo cierto grado de recuperación (Santos-Romero *et al.*, 2021).

Si bien hay indicios de adaptabilidad (Vega-Villasante *et al.*, 2011; Rodríguez-Flores *et al.*, 2012), los impactos acumulativos y la magnitud de las amenazas antropogénicas y climáticas parecen superar la capacidad de recuperación natural de las poblaciones de *M. tenellum*. La resiliencia de estas poblaciones dependerá en gran medida de una intervención humana coordinada y eficaz. Sin estrategias integrales de manejo, restauración de hábitats y educación comunitaria, el escenario más probable es un declive continuo que comprometerá tanto la biodiversidad como los beneficios socioculturales y económicos asociados a esta especie.

Conclusiones

Macrobrachium tenellum representa no solo una fuente de proteína de alta calidad para comunidades ribereñas con recursos limitados, sino también un componente esencial de sus sistemas socioecológicos. Los resultados evidencian que esta especie enfrenta amenazas crecientes derivadas del cambio climático, la contaminación, la

sobrepesca y la fragmentación de hábitats. A través del conocimiento local, se constató que la población percibe una reducción en su disponibilidad, aunque desconoce la existencia de regulaciones vigentes, lo cual limita la posibilidad de implementar acciones participativas de conservación. Por tanto, resulta urgente adoptar estrategias integrales que combinen manejo sustentable, educación ambiental y políticas inclusivas que reconozcan el valor ecológico, nutricional y sociocultural de esta especie.

Contribución de los autores

Conceptualización del trabajo, VVF, VCMA, MMCE; desarrollo de la metodología, MATY, VVF; manejo de software, MATY, MMCE; validación experimental, VCMA, VVF, MMCE; análisis de resultados, MATY, VCMA, MMCE, VVF; Manejo de datos, MATY, VVF; escritura y preparación del manuscrito, MATY; redacción, revisión y edición, VCMA, VVF, MMCE; administrador de proyectos, VCMA, VVF; adquisición de fondos, VVF. Todos los autores de este manuscrito han leído y aceptado la versión publicada del mismo.

Financiamiento

Esta investigación fue financiada con fondos propios.

Declaraciones éticas

No aplica

Declaración de consentimiento informado

No aplica

Agradecimientos

MATY y VCMA agradece a la Secretaría de Ciencias, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por las becas otorgadas.

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Referencias

- Aguirre, J. M. (2018, agosto 18). Amenazan a especies los químicos en ríos. *El Sol de Hidalgo*. <https://www.elsoldehidalgo.com.mx/local/regional/amenazan-a-especies-los-quimicos-en-rios-2158209.html>
- Altieri, M. A., & Nicholls, C. I. (2013). Agroecología y resiliencia al cambio climático: principios y consideraciones metodológicas. *Agroecología*, 8(1), 7-20. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/182921/152421>.
- Andrade, M. (2010). Transformación de los sistemas naturales por actividades antropogénicas. In Durán, R., & Méndez, M. Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán. (pp. 316-319). Ed. CICY, PPD-FMAM, CANABIO, SEDUMA.

- <https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Sitios/Biodiversidad/pdfs/Cap6/01%20Transformacion%20de%20los%20sistemas.pdf>
- Barange, M., & Perry, R. I. (2009). Repercusiones físicas y ecológicas del cambio climático en la pesca de captura marina y continental y en la acuicultura. In Cochrane, K., De Young, C., Soto, D., & Bahri, T. Consecuencias del cambio climático para la pesca y la acuicultura: visión de conjunto del estado actual de los conocimientos científicos (pp. 7–118). Ed. FAO Documento Técnico de Pesca y Acuicultura, No 530. Roma, FAO. <https://www.fao.org/4/i0994s/i0994s01.pdf>
- Basto-Rosales, M. E. R., Carrillo-Farnés, O., Montoya-Martínez, C. E., Badillo-Zapata, D., Rodríguez-Montes de Oca, G., Álvarez-González, C. A., Nolasco-Soria, H., & Vega-Villasante, F. (2020). Meat protein quality of *Dormitator latifrons* (Pisces: Eleotridae): arguments for use by rural communities. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 7, e2172. <https://doi.org/10.19136/era.a7n1.2172>
- Becerril, J. M., Barrutia, O., Plazaola, J. G., Hernández, A., Olano, J. M., & Garbisu, C. (2007). Especies nativas de suelos contaminados por metales: aspectos ecofisiológicos y su uso en fitorremediación. *Ecosistemas*, 16(2). <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/128>
- Blanck, A., & Lamouroux, N. (2007). Large-scale intraspecific variation in life-history traits of European freshwater fish. *Journal of Biogeography*, 34(5), 862-875. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2006.01654.x>
- Carabias, J., Landa, R., Collado, J., & Martínez, P. (2005). Agua, medio a ambiente y sociedad: Hacia la gestión integral de los recursos hídricos en México. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México, El colegio de México, Fundación Gonzalo Río Arronte. https://ceiba.org.mx/publicaciones/agua_medio_ambiente_y_sociedad.pdf
- Castillo Daudí, M. (1999). La protección y preservación de cursos de agua internacionales: el Convenio sobre el derecho de los usos de los cursos de agua internacionales para fines distintos de la navegación de 21 de mayo de 1997. *Anuario Español de Derecho Internacional*, 15, 115-158. <https://doi.org/10.15581/010.15.28498>
- Cazarín, A. (2019, marzo 8). El exterminio del Mayacaste. Presencia. *Diario digital de Veracruz*. <https://www.presencia.mx/nota.aspx?id=157199&s=3>
- Cheng-Yu, C., Cheng-Po, C., Weng, F. C. H., Tzun-Wen, G. S., & Wang, D. (2017). Habitat and indigenous gut microbes contribute to the plasticity of gut microbiome in oriental river prawn during rapid environmental change. *PLoS One*, 12(7), e0181427. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0181427>
- Chong-Carrillo, O., Arencibia-Jorge, R., Chávez-Chong, C.O., Akintola, S.L., García-Guerrero, M.U., Michán-Aguirre, L., Nolasco-Soria, H., Cupul-Magaña, F., & Vega-Villasante, F. (2016). The prawns of the genus *Macrobrachium* (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) with commercial importance: a patentometric view. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 44(3), 602-609. <https://doi.org/10.3856/vol44-issue3-fulltext-19>
- Chong-Carrillo, O., Vega-Villasante, F., Arencibia-Jorge, R., Akintola, S. L., Michán-Aguirre, L., & Cupul-Magaña, F. G. (2015). Research on the river shrimps of the genus *Macrobrachium* (Bate, 1868) (Decapoda: Caridea: Palaemonidae) with known or potential economic importance: strengths and weaknesses shown through scientometrics. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 43(4), 684-690. <https://doi.org/10.3856/vol43-issue4-fulltext-7>
- Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca [CONASPECA]. (2021). Anuario Estadístico de Acuacultura y Pesca 2021. <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuacultura-y-pesca>
- Cruz-Sánchez, J. L., Wakida-Kusunoki, A. T., Amador-del Ángel, L. E., Frutos-Cortés, M., & Brito-Pérez, R. (2019). Características socioeconómicas en la pesca de los langostinos del género *Macrobrachium* en el río Palizada, Campeche, México. *Ciencia Pesquera*, 27(1), 95-106. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/513112/09_Ciencia_Pesquera_27-1.pdf
- Diario Oficial de la Federación [DOF]. (2010). Acuerdo por el que se establecen épocas y zonas de veda para la pesca de diferentes especies de la fauna acuática en aguas continentales de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos. Diario Oficial de la Federación 31/03/2010. <https://faolex.fao.org/docs/pdf/mex111589.pdf>
- Daw, T., Adger, W. N., Brown, K., & Badjeck, M. C. (2009). El cambio climático y la pesca de captura: repercusiones potenciales, adaptación y mitigación. In Cochrane, K., De Young, C., Soto, D., & Bahri, T. Consecuencias del cambio climático para la pesca y la acuicultura: visión de conjunto del estado actual de los conocimientos científicos. (pp. 119-168). Ed. FAO Documento Técnico de Pesca y Acuicultura. <https://www.fao.org/4/i0994s/i0994s02.pdf>
- Escobar, J. (2002). La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar. División de Recursos Naturales e Infraestructuras. Ed. Organización de las Naciones Unidas. Santiago de Chile https://www.pseau.org/outils/ouvrages/cepal_la_contaminacion_de_los_rios_y_sus_efectos_en_las_areas_costeras_y_el_mar_2002.pdf
- Espinosa-Chaurand, D., Vega Villasante, F., Nolasco Soria, H., Carrillo Farnés, O., & López López, S. (2013). Perfil de aminoácidos del músculo de *Macrobrachium tenellum* y cómputo químico de proteínas usadas en su alimentación. *Boletim do Instituto de Pesca*, 39(4), 1-10. <https://institutodepesca.org/index.php/bip/article/view/1003/983>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2022). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022. Hacia la transformación azul. Roma. <https://doi.org/10.4060/cc0461es>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO/WHO]. (2013). Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of an FAO Expert Consultation. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/ag/humannutrition/35978-02317b979a686a57aa4593304ffc17f06.pdf>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2007). Global study of shrimp fisheries. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/4/i0300e/i0300e.pdf>
- Ferrer-Miranda, L., Trejo-Albuera, A. L., & Guerra-Martínez, F. J. (2023). Un futuro de océanos desiertos: pesca, acuicultura y cambio climático. *Revista Digital Universitaria (RDU)*, 24(2). <http://doi.org/10.22201/cuaieed.16076079e.2023.24.2.8>
- Flores Hernández, D., Ramos-Miranda, J., Ayala-Pérez, L. A., & Sosa-López, A. (2010). Las pesquerías y el cambio climático. In Rivera-Arriaga, E., Azuz-Adeath, I., Alpuche Gual, L., & Villalobos-Zapata, G. J. Cambio climático en México un enfoque Costero-Marino. (pp. 437-452). Ed. Universidad Autónoma de Campeche. <https://www.redicomar.com/wp-content/uploads/2018/09/Cambio-Climático-en-México.-Un-Enfoque-Costero-y-Marino.pdf>

- García-Guerrero, M. U., Becerril-Morales, F., Vega-Villasante, F., & Espinosa-Chaurand, L. D. (2013). Los langostinos del género *Macrobrachium* con importancia económica y pesquera en América Latina: conocimiento actual, rol ecológico y conservación. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 41(4), 651-675. <http://dx.doi.org/10.3856/vol41-issue4-fulltext-3>
- González-Pisani, X., Sturla-Lompré, J., Pires, A., & López-Greco, L. (2022). Plastics in scene: A review of the effect of plastics in aquatic crustaceans. *Environmental Research*, 212, Part E, 113484. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113484>
- Guzmán-Arroyo, M., Orbe Mendoza, A., Maciel-Flores, R., & López-Hernández, M. (2009). El Impacto de la "PH Aguamilpa" en las especies pesqueras, en la Cuenca Baja del Río Santiago, Nayarit. In Peniche, C. S., & Guzman-Arrayo, M. Estudios de la Cuenca del Río Santiago. Un enfoque multidisciplinario. (pp. 175-188). Ed. Universidad de Guadalajara.
- <https://www.eumed.net/libros-gratis/2010f/859/index.htm>
- Ibarra, M.E. (2017, enero 31). Denuncian mortandad de peces por uso de cianuro. *Diario Debate*. <https://www.debate.com.mx/sinaloa/Denuncian-mortandad-de-peces-por-uso-de-cianuro-20170131-0111.html>
- Lizárraga-Hernández, F. D. (2024). Langostinos del género *Macrobrachium* en Baja California Sur: un patrimonio ecocultural olvidado. In Peredo Mancilla, D., Peredo Mancilla, J. & Gámez, A. E. Sociedad, ambiente y patrimonio cultural: Nuevas voces universitarias por la sustentabilidad (pp. 100–112). Universidad Autónoma de Baja California Sur. https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9786078925230_A48734482/preview-9786078925230_A48734482.pdf
- Manenti, R., Ghia, D., Fea, G., Ficetola, G. F., Padoa-Schioppa, E., & Canedoli, C. (2019). Causes and consequences of crayfish extinction: Stream connectivity, habitat changes, alien species and ecosystem services. *Freshwater Biology*, 64(2), 284-293. <https://doi.org/10.1111/fwb.13215>
- Martínez-Castro, C. J., Gallardo-Collí, A., Torres-Hernández, P., Cervantes-Alcántara, A., Delgado Vidal, F. K., & Pérez-Rostro, C. I. (2024). VII. La Investigación Acción Participativa para fomentar la Economía Social y Solidaria: Estudio de caso del colectivo Malayo en San Pedro Pochutla, Oaxaca. In Curiel Avilés, U. G., Paredes Hernández, S. P., Aguilar Cruz, C., Guzmán Javier, A. La Economía social y solidaria en Oaxaca: retos y oportunidades. (pp. 95-119). Ed. Universidad de Papaloapan. https://www.researchgate.net/publication/385248100_La_Economia_Social_y_Solidaria_en_Oaxaca_Retos_y_Oportunidades
- Mendiguchía Martínez, C. (2005). Utilización de ultratrazas de metales pesados como trazadores de los efectos antropogénicos producidos en ecosistemas acuáticos [Tesis de Doctorado, Universidad de Cádiz, Facultad de Ciencias del Mar] <http://hdl.handle.net/10498/15641>
- Mokaya, S. K., Mathooko, J. M., & Leichtfried, M. (2004). Influence of anthropogenic activities on water quality of a tropical stream ecosystem. *African Journal of Ecology*, 42(4), 281–288. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2028.2004.00521.x>
- Molina, M., Sarukhán, J., & Carabias, J. (2017). El cambio climático: Causas, efectos y soluciones. Ed. Fondo de Cultura Económica. <https://www.fondodeculturaeconomica.com/Ficha/9786071650771/F>
- Montoya-Martínez, C., Nolasco-Soria, H., Carrillo-Farrés, O., Civera-Cerecedo, R., Álvarez-González, C., & Vega-Villasante, F. (2016). Chemical score of different protein sources to four *Macrobrachium* species. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 44(4), 835-844. <https://www.redalyc.org/pdf/1750/175047564019.pdf>
- Olivier, T. J., Handy, K. Q., & Bauer, R. T. (2013). Effects of river control structures on the juvenile migration of *Macrobrachium ohione*. *Freshwater Biology*, 58(8), 1603-1613. <https://doi.org/10.1111/fwb.12148>
- Orlien, V., Aalaei, K., Poojary, M. M., Nielsen, D. S., Ahrné, L., & Ruiz Carrascal, J. (2021). Effect of processing on in vitro digestibility (IVPD) of food proteins. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(16), 2790–2839. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1980763>
- Ortega-Álvarez, R. (2024). ¡Vamos a los magüilancis! Usos, saberes y manejo indígena del chacal o camarón de río en Zacualpan, Colima. CONAHCYT, CIAD, CEIBAAS-Colima. Colima, México. https://www.researchgate.net/publication/385659087_Vamos_a_los_maguilancis_Usos_saberes_y_manejo_indigena_del_chacal_o_camaron_de_rio_en_Zacualpan_Colima
- Pasquel, I. (2022, enero 28). Vecinos envenenan peces de El Chiflón. *El Sol de Hidalgo*. <https://www.elsoldehidalgo.com.mx/local/vecinos-envenenan-peces-de-el-chiflon-7789909.html>
- Peña-Almaraz, O. A., Badillo-Zapata, D., Vargas-Ceballos, M. A., Chong-Carrillo, O., Palma-Cancino, D. J., Espinosa-Magaña, A. F., & Vega-Villasante, F. (2021). Evaluation of the rheotaxis behavior of juveniles of the prawn *Macrobrachium tenellum* Smith, 1871 (Decapoda: Palaemonidae) under laboratory conditions. *Nauplius*, 29, e2021036. <https://doi.org/10.1590/2358-2936e2021036>
- Peña-Almaraz, O. A., Castillo-Jiménez, H. E., Vargas-Ceballos, M. A., Badillo-Zapata, D., Chong-Carrillo, O., & Vega Villasanté, F. (2024). Una vida controlada por la corriente: comportamiento de reotaxis del langostino de río *Macrobrachium tenellum* (Decapoda: Palaemonidae). *Revista De Biología Tropical*, 72(1), e56514. <http://dx.doi.org/10.15517/rev.biol.trop.v72i1.56514>
- Pérez-Velázquez, P. A., Hernández-Ventura, S., Ulloa-Ramírez, P., Patiño-Valencia, J. L., & Tovar-Ávila, J. (2011). La pesca del langostino (*Macrobrachium tenellum*) en la Laguna de Mexcaltitán, Nayarit, una alternativa económica regional. *Ciencia Pesquera*, 19(1), 13-20. <https://www.gob.mx/imipas/documentos/revista-ciencia-pesquera-19-no-1>
- Rodríguez-Flores, R., M., Lazareno-Morfin, L. D., Espinosa-Chaurand, M. E. R., Basto-Rosales, & Vega-Villasante, F. (2012). Temperatura óptima y preferencia térmica del camarón de río *Macrobrachium tenellum* en la costa tropical del Pacífico mexicano. *Boletim do Instituto de Pesca*, 38, 121-130. <https://institutodepesca.org/index.php/bip/article/view/950>
- Rodríguez-Urbe, M. C., Vega-Villasante, F., Guzmán-Arroyo, M., & Espinosa-Chaurand, L. D. (2014). Efectos de una barrera antrópica sobre la migración río arriba del langostino anfidromo *Macrobrachium tenellum* (Smith 1871) (Decapoda: Palaemonidae) en la costa del Pacífico mexicano. *Gayana*, 78,10-20. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-65382014000100002>
- Santos-Romero, R.D.L., Vega-Villasante, F., Cortes-Jacinto, E., & García-Guerrero, M. (2021). The culture potential and management problems of freshwater prawns (*Macrobrachium americanum* and *Macrobrachium tenellum*) in their native

- areas: the case for Mexico. *Latin american journal of aquatic research*, 49(3), 376-390. <http://dx.doi.org/10.3856/vol49-issue3-fulltext-2625>.
- Staines, U. F. (2007). Cambio climático: interpretando el pasado para entender el presente. *CIENCIA ergo-sum*.14(3) 325 - 351. <https://www.redalyc.org/pdf/104/10414313.pdf>
- Uribe, B. E. (2015). El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad en América Latina. Ed. CEPAL. <https://bibliotecadigital.ciren.cl/items/d969ecac-e7df-439a-8afb-6ce9cd3f5b93>
- Vega-Villasante, F., Avalos-Aguilar, J. J., Nolasco-Soria, H., Vargas-Ceballos, M. A., Bortolini-Rosales, J. L., Chong-Carrillo, O., Ruiz-Núñez, M. F., & Morales-Hernández, J. C. (2017). Wild populations of the invasive Australian red claw crayfish *Cherax quadricarinatus* (Crustacea, Decapoda) near the northern coast of Jalisco, Mexico: a new fishing and profitable resource. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 43(4), 781-785. <https://doi.org/10.3856/vol43-issue4-fulltext-17>.
- Vega-Villasante, F., Galaviz-Parada, J. D., Guzmán-Arroyo, M., Flores-Zepeda, C. A., & Espinosa-Chaurand, L. D. (2011). Efecto de diferentes salinidades sobre el crecimiento y supervivencia de juveniles del langostino de río *Macrobrachium tenellum* Smith, 1871. *Zootecnia Tropical*, 29(4), 467-473. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692011000400008
- Vega-Villasante, F., García-Guerrero, M. U., Cortés-Jacinto, E., Yamasaki Granados, S., Montoya-Martínez, C. E., Vargas-Ceballos, M. A., & Nolasco Soria, H. G. (2014). Los camarones de agua dulce del género *Macrobrachium*: biología, ecología y explotación. In Cifuentes Lemus, J. L., & Cupul-Magaña, F. G. Temas sobre investigaciones costeras. (pp. 273-315). Ed. Universidad de Guadalajara. https://www.researchgate.net/publication/279292630_Los_camarones_de_agua_dulce_del_genero_Macrobrachium_biologia_ecologia_y_explotacion
- Yáñez-Arancibia, A., & Day, J. W. (2010). La zona costera frente al cambio climático: vulnerabilidad de un sistema biocomplejo e implicaciones en el manejo costero. In Rivera-Arriaga, E., Azuz-Adeath, I., Alpuche Gual, L., & Villalobo-Zapata, G. J. Cambio Climático en México un Enfoque Costero-Marino. (pp. 2-22). Ed. Universidad Autónoma de Campeche. http://etzna.uacam.mx/epomex/publicaciones/Cambio_Climatico/CCMexico1B.pdf