

Estado de la publicación: El preprint no ha sido enviado para publicación

# Simplificación trófica de macroinvertebrados bentónicos en un humedal costero peruano bajo presión antropogénica

Diana Estefany Peñaloza Ynoñan

<https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.14790>

Enviado en: 2026-01-07

Postado en: 2026-02-19 (versión 1)

(AAAA-MM-DD)

La moderación de este preprint recibió lo/s endoso/s de:

- Andres Oswaldo Rodriguez Castillo (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4656-9871>)
- JUDITH ENIT ROLDAN RODRÍGUEZ (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1283-6951>)

**“Simplificación trófica de macroinvertebrados bentónicos en un humedal costero  
peruano bajo presión antrópica”**

**“Trophic Simplification of Benthic Macroinvertebrates in a Peruvian Coastal  
Wetland under Anthropogenic Pressure”**

**Diana Estefany Peñaloza Ynoñan <sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ciencias Biológicas, Escuela Profesional de Biología Pesquera, Trujillo, La Libertad, Perú.

Dirección: Asociación de viviendas Palmeras de Natasha Mz D Lt 80

Dirección e-mail: [t1052000921@unitru.edu.pe](mailto:t1052000921@unitru.edu.pe)

\* Autor de correspondencia: [t1052000921@unitru.edu.pe](mailto:t1052000921@unitru.edu.pe)

ID ORCID:  <https://orcid.org/0009-0000-6702-9113>

### **Resumen**

Este estudio analiza la funcionalidad trófica de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos en el humedal costero de Uripe, en la región La Libertad (Perú), mediante el enfoque de Grupos Funcionales de Alimentación (GFA). Se realizaron muestreos en dos estaciones con distinto nivel de impacto antrópico durante la estación seca, utilizando redes Surber. Los organismos se identificaron hasta el nivel de familia y se clasificaron funcionalmente con base en literatura reconocida. Se calcularon el Índice de Equilibrio Funcional (IEF) y el índice de diversidad funcional de Shannon ( $H'$ ). Los resultados muestran una dominancia marcada de organismos coleccionadores (>89 %) y una escasa representación de predadores (<11 %), reflejando un bajo equilibrio trófico (IEF = 0,21) y reducida diversidad funcional ( $H'$  entre 0,49 y 0,50). Esta estructura funcional simplificada evidencia una pérdida de complejidad ecológica asociada a la descarga de efluentes, esorrentía agrícola y alteraciones hidromorfológicas. Se concluye que los GFA constituyen una herramienta eficaz para evaluar la integridad ecológica y orientar estrategias de restauración funcional en humedales costeros impactados.

### **Palabras clave:**

Humedales costeros, Macroinvertebrados bentónicos, Grupos funcionales de alimentación, Presión antrópica, Diversidad funcional.

## **Abstract**

This study examines the trophic functionality of benthic macroinvertebrate communities in the Uripe coastal wetland (La Libertad, Peru) using the Functional Feeding Groups (FFG) approach. Sampling was conducted during the dry season at two stations with varying degrees of anthropogenic impact using Surber nets. Organisms were identified to the family level and functionally classified according to standardized literature. The Functional Balance Index (FBI) and Shannon's functional diversity index ( $H'$ ) were calculated. Results revealed a strong dominance of collector taxa (>89%) and low representation of predators (<11%), indicating low trophic balance (FBI = 0.21) and reduced functional diversity ( $H'$  between 0.49 and 0.50). The simplified trophic structure suggests ecological degradation driven by wastewater discharge, agricultural runoff, and hydromorphological alterations. The use of FFGs is highlighted as an effective tool to assess ecological integrity and guide functional restoration strategies in anthropogenically impacted wetlands.

## **Keywords**

Coastal wetlands, Benthic macroinvertebrates, Functional feeding groups, Anthropogenic pressure, Trophic structure, Ecological bioindicators, Functional diversity

## Introducción

Los macroinvertebrados bentónicos desempeñan un papel fundamental en los ecosistemas acuáticos, participando en procesos clave como la descomposición de materia orgánica, el reciclaje de nutrientes y el mantenimiento del equilibrio trófico (Rosenberg & Resh, 1993; Gamboa et al., 2008). Debido a su sensibilidad ecológica y su limitada movilidad, estos organismos reflejan de manera efectiva las condiciones ambientales crónicas, lo que los convierte en bioindicadores robustos de integridad ecológica (Segnini, 2003; Chiu et al., 2022).

En años recientes, la perspectiva funcional ha ganado relevancia frente a los enfoques puramente taxonómicos. El uso de los Grupos Funcionales de Alimentación (GFA), propuesto por Cummins et al. (2005), permite evaluar el funcionamiento ecológico a través de los modos de alimentación dominantes. Esta metodología proporciona una lectura más precisa sobre los efectos de perturbaciones antrópicas, tales como la eutrofización, la pérdida de hábitat y la carga orgánica, especialmente en ecosistemas vulnerables como los humedales costeros (Melo et al., 2015; Neres-Lima et al., 2022; Zhao et al., 2024).

Diversos estudios internacionales han evidenciado que, en ambientes degradados, existe una dominancia marcada de organismos coleccionadores y una disminución significativa de raspadores, filtradores y predadores, lo que indica un empobrecimiento funcional del sistema (Addo-Bediako et al., 2021; Rosin et al., 2019; Gutiérrez-Cánovas et al., 2023). En contraste, humedales bien conservados presentan una mayor heterogeneidad trófica y resiliencia funcional.

En el Perú, a pesar de los esfuerzos normativos por conservar zonas húmedas (MINAM, 2020), aún son escasos los estudios que aplican indicadores funcionales para evaluar la calidad ecológica de estos ecosistemas. El humedal de Uripe, ubicado en la región La Libertad, es un sistema costero que recibe presiones múltiples, incluyendo descargas de aguas residuales, escorrentía agrícola y expansión urbana (ANA, 2011), factores que potencialmente alteran la estructura y funcionalidad de sus comunidades acuáticas.

En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo evaluar la funcionalidad trófica de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos en el humedal de Uripe, mediante el enfoque de Grupos Funcionales de Alimentación, utilizando el Índice de Equilibrio

Funcional (IEF) y el índice de diversidad funcional de Shannon ( $H'$ ) como indicadores del estado ecológico.

## Metodología

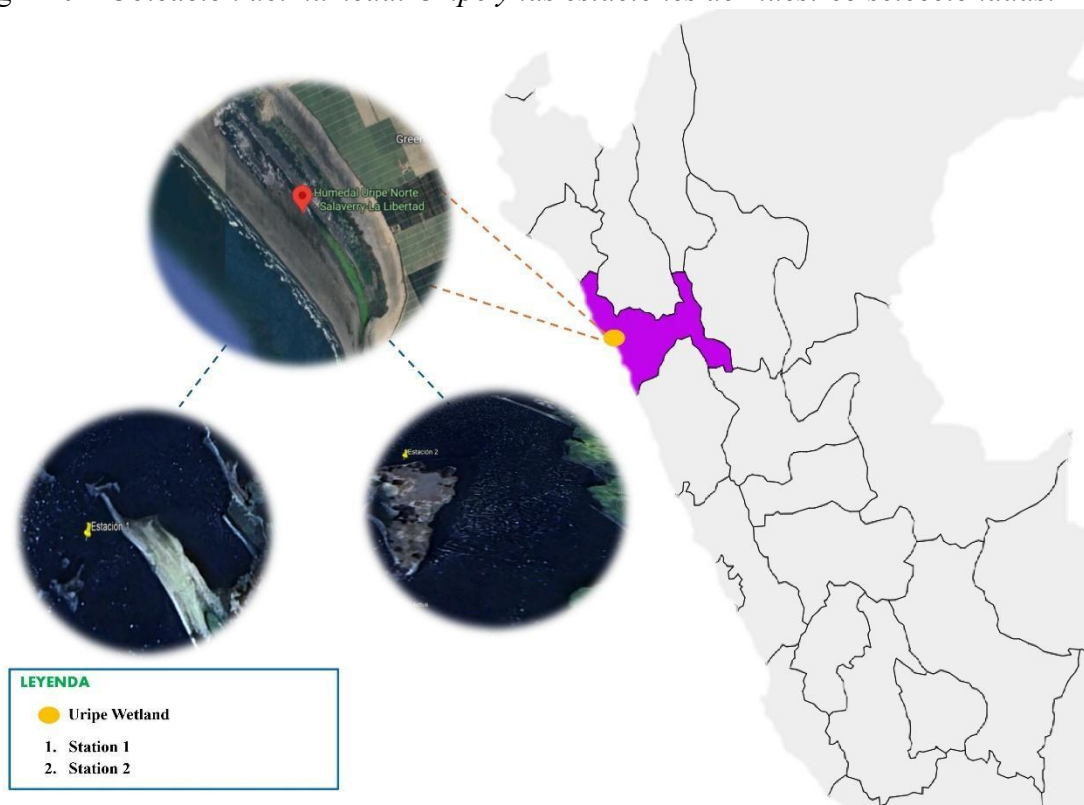
### *Enfoque y diseño del estudio.*

El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo y una orientación funcional ecológica, con énfasis en la descripción y comparación de comunidades de macroinvertebrados bentónicos. Se aplicó un diseño no experimental, transversal y comparativo, considerando dos estaciones dentro del humedal de Uripe, región La Libertad (Perú), expuestas a diferentes niveles de impacto antrópico.

### *Área de estudio.*

El humedal de Uripe se ubica en la costa norte del Perú, y constituye un ecosistema de transición influenciado por aportes de agua dulce y salobre. Se seleccionaron dos estaciones representativas: Estación 1 (E1), con mínima interferencia humana, y Estación 2 (E2), adyacente a zonas de descarga de aguas residuales domésticas y escorrentía agrícola. (Figura 01)

Figure 01. *Ubicación del humedal Uripe y las estaciones de muestreo seleccionadas.*



### ***Población y muestreo.***

La población biológica del estudio estuvo compuesta por macroinvertebrados bentónicos del humedal. Se utilizó un muestreo no probabilístico, de tipo intencional u oportunístico, con base en criterios ecológicos y logísticos. La elección de este tipo de muestreo responde a las limitaciones de acceso, heterogeneidad del hábitat y la necesidad de capturar microhábitats representativos en ecosistemas costeros. Se realizaron tres campañas de recolección en E1 y dos en E2 durante la estación seca.

### ***Técnicas e instrumentos.***

La recolección se efectuó mediante una red Surber de 250  $\mu\text{m}$  de malla, mediante barridos estandarizados de 1  $\text{m}^2$  por estación. Las muestras fueron preservadas en etanol al 70 % e identificadas hasta nivel de familia utilizando claves taxonómicas reconocidas.

### ***Clasificación funcional.***

La asignación de los Grupos Funcionales de Alimentación (GFA) se basó en fuentes validadas y ampliamente utilizadas en ecología de macroinvertebrados, incluyendo Merritt y Cummins (1996), Cummins et al. (2005), y Tomanova et al. (2008).

### ***Indicadores funcionales.***

Se calcularon dos métricas para evaluar la funcionalidad trófica de las comunidades:

El Índice de Equilibrio Funcional (IEF), definido como la proporción entre colectores y predadores, para estimar el balance trófico.

El índice de diversidad funcional de Shannon ( $H'$ ), para cuantificar la heterogeneidad trófica de cada comunidad.

### ***Procesamiento de datos.***

Se calcularon las abundancias relativas de cada familia y su respectivo GFA. Los índices funcionales se estimaron con base en la abundancia proporcional de cada grupo, utilizando hojas de cálculo estructuradas. Los valores fueron comparados entre estaciones para inferir el nivel de alteración ecológica en función del perfil trófico.

## Resultados

Se recolectaron un total de 369 macroinvertebrados bentónicos en ambas estaciones durante la temporada seca. El análisis funcional reveló una marcada dominancia de organismos clasificados como coleccionadores, mientras que los predadores presentaron una representación significativamente menor.

En la Estación 1 (E1), se identificaron 179 individuos, de los cuales el 89,5 % correspondieron a coleccionadores (n = 160) y el 10,5 % a predadores (n = 19). En la Estación 2 (E2), se registraron 170 individuos, con una proporción similar: 89,3 % coleccionadores (n = 152) y 10,7 % predadores (n = 18).

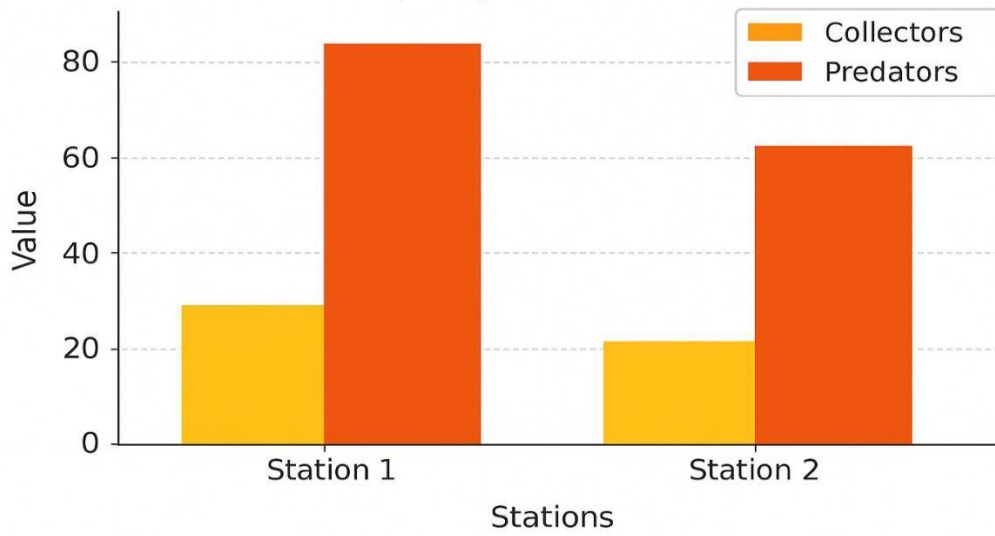
Esta distribución funcional resultó en un Índice de Equilibrio Funcional (IEF) igual a 0,21 en ambas estaciones, indicando un desequilibrio trófico considerable. Asimismo, el índice de diversidad funcional de Shannon (H') fue bajo: 0,50 en E1 y 0,49 en E2, lo que sugiere una reducida heterogeneidad de estrategias alimentarias en la comunidad.

La Tabla 1 resume la composición de macroinvertebrados y su clasificación funcional, mientras que la Figura 1 muestra la distribución porcentual de los Grupos Funcionales de Alimentación por estación. La Figura 2 presenta los valores comparativos de IEF y H' entre las dos estaciones.

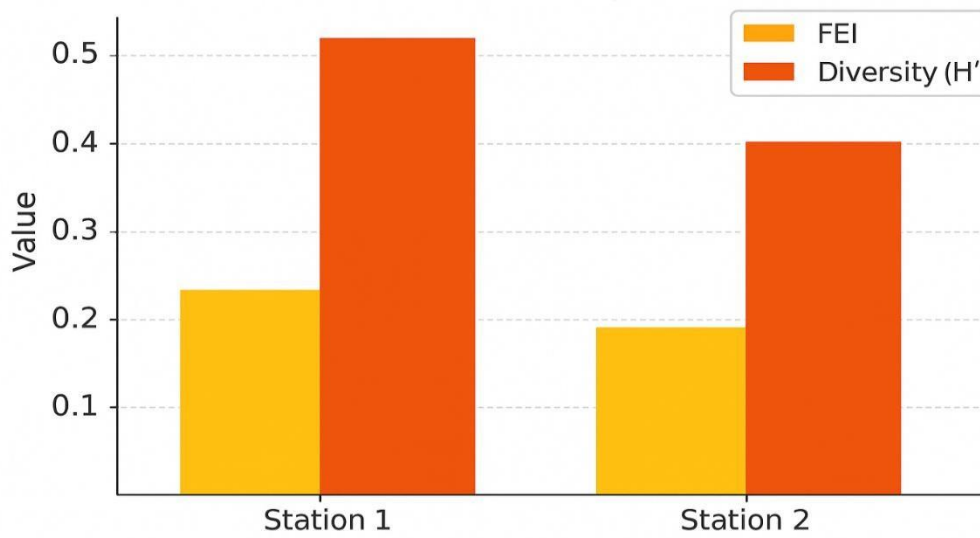
**Tabla 1. Macroinvertebrados bentónicos registrados y su grupo funcional**

N°	Familia	Orden	Grupo Funcional
1	Corixidae	Hemiptera	Coleccionador
2	Cyprididae	Ostracoda	Coleccionador
3	Chironomidae	Diptera	Coleccionador
4	Oligochaeta	-	Coleccionador
5	Naucoridae	Hemiptera	Predador
6	Athericidae	Diptera	Predador

**Figura 1. Porcentaje de grupos funcionales por estación**



**Figura 2. Índice de Equilibrio Funcional (IEF) y Diversidad Funcional ( $H'$ ) por estación**



## Discusión

Los resultados obtenidos evidencian una estructura trófica empobrecida en ambas estaciones del humedal de Uripe, caracterizada por la dominancia abrumadora de coleccionadores (>89 %) y una escasa representación de predadores (<11 %). Este patrón funcional se refleja en los bajos valores del Índice de Equilibrio Funcional (IEF = 0,21) y del índice de diversidad funcional de Shannon ( $H' < 0,51$ ), lo que indica una simplificación trófica severa.

Estos hallazgos son consistentes con estudios previos realizados en humedales y sistemas lóticos alterados de regiones tropicales y subtropicales, donde se ha documentado que las perturbaciones antrópicas crónicas —tales como descargas de aguas residuales, escorrentía agrícola y pérdida de hábitat— promueven la proliferación de organismos oportunistas como los coleccionadores, a expensas de otros grupos funcionales (Melo et al., 2015; Rosin et al., 2019; Addo-Bediako et al., 2021; Zhao et al., 2024).

La baja diversidad funcional observada implica una pérdida de redundancia ecológica, es decir, menos grupos capaces de cumplir funciones similares. Esto disminuye la resiliencia del ecosistema frente a perturbaciones, compromete los procesos de regulación ecológica y limita la estabilidad del flujo de energía trófica (Tilman et al., 1997; Cadotte et al., 2011).

Además, la escasa presencia de predadores, como Naucoridae y Athericidae, puede estar relacionada con la pérdida de microhábitats estructurales, como vegetación sumergida, sustratos variados o zonas de baja turbulencia, los cuales son esenciales para la persistencia de estos grupos (Allan & Castillo, 2007; Merritt et al., 2008).

El perfil funcional homogéneo también sugiere una dependencia excesiva del sistema hacia la materia orgánica particulada fina, lo que podría estar relacionado con altas cargas orgánicas y procesos de eutrofización no controlados. Esto es indicativo de una fase de degradación funcional, donde la comunidad biológica no cumple múltiples funciones ecológicas simultáneamente (Vannote et al., 1980; Martínez-Capel & Ríos, 2021).

En contraste, estudios en humedales relativamente bien conservados han reportado mayores niveles de equilibrio funcional (IEF > 0,5) y diversidad trófica, con una distribución más balanceada entre filtradores, raspadores, depredadores y otros grupos

(Gutiérrez-Cánovas et al., 2023; Tsubaki & Takamura, 2021). Estas diferencias refuerzan el valor de los GFA como indicadores sensibles del deterioro ecológico.

Finalmente, los resultados del presente estudio confirman que el humedal de Uripe se encuentra bajo presión ecológica significativa. Por tanto, se recomienda su incorporación en programas de restauración ecológica basada en funciones, integrando monitoreo funcional a largo plazo, reintroducción de heterogeneidad estructural y control de fuentes de contaminación.

## Conclusiones

El análisis funcional de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos en el humedal costero de Uripe evidenció un perfil trófico simplificado y desequilibrado, caracterizado por la dominancia de coleccionadores y la escasa representación de predadores. Este patrón funcional se traduce en bajos niveles de equilibrio trófico ( $IEF = 0,21$ ) y limitada diversidad funcional ( $H' < 0,51$ ), indicadores claros de alteración ecológica.

La homogeneidad en las estrategias alimentarias y la pérdida de grupos funcionales clave sugieren una reducción de la complejidad estructural del ecosistema y una dependencia excesiva de materia orgánica particulada fina, asociadas a la influencia de presiones antrópicas continuas, como descargas de efluentes, escorrentía agrícola y modificaciones hidromorfológicas.

En este contexto, se concluye que los Grupos Funcionales de Alimentación (GFA) constituyen herramientas eficaces y sensibles para detectar alteraciones en la funcionalidad ecológica de humedales costeros. Su inclusión en programas de monitoreo y restauración permitiría fortalecer la resiliencia de estos ecosistemas, promoviendo la recuperación de funciones tróficas clave y contribuyendo a una gestión ambiental más sostenible.

## Recomendaciones

1. Al Ministerio del Ambiente del Perú (MINAM): Incorporar métricas funcionales, como los Grupos Funcionales de Alimentación (GFA), dentro de los protocolos oficiales de monitoreo ecológico de humedales costeros, complementando los enfoques fisicoquímicos y taxonómicos tradicionales.
2. las autoridades regionales de La Libertad: Implementar acciones de restauración ecológica en el humedal de Uripe, priorizando la mejora de la heterogeneidad del hábitat (vegetación sumergida, sustratos naturales) y el control de fuentes de contaminación orgánica.
3. A los investigadores y centros académicos: Promover estudios longitudinales que integren variables funcionales y estructurales de macroinvertebrados bentónicos para generar líneas base que sustenten decisiones de conservación adaptativa.
4. A las organizaciones no gubernamentales (ONGs) ambientales: Diseñar programas de educación y sensibilización dirigidos a las comunidades locales, con énfasis en la importancia ecológica de los macroinvertebrados y el rol de los humedales como barreras naturales ante el deterioro ambiental.

### **Contribución de los autores**

Diana Estefany Peñaloza Ynoñan realizó el diseño del estudio, trabajo de campo, análisis de datos y redacción del manuscrito.

### **Conflicto de intereses**

No existen conflictos de interés de naturaleza financiera, profesional o personal que hayan influido en los resultados o interpretación de este trabajo.

### **Disponibilidad de datos**

Todos los datos generados o analizados durante este estudio están incluidos en este artículo.

## Referencias Bibliográficas

- Addo-Bediako, A., et al. (2021). Spatial distribution patterns of benthic macroinvertebrate functional feeding groups in Olifants River System, South Africa. *Journal for Nature Conservation*. <https://doi.org/10.1080/02705060.2021.1901789>
- Allan, J. D., & Castillo, M. M. (2007). *Stream ecology: Structure and function of running waters* (2nd ed.). Springer.
- Autoridad Nacional del Agua (ANA). (2011). Protocolo nacional de monitoreo de la calidad en cuerpos naturales de agua superficial. Ministerio de Agricultura. <https://www.senace.gob.pe/wp-content/uploads/filebase/senacenormativa/NAT-3-5-04-Protocolo-Nacional-Monitoreo.pdf>
- Cadotte, M. W., Carscadden, K., & Mirotnick, N. (2011). Beyond species: Functional diversity and the maintenance of ecological processes and services. *Journal of Applied Ecology*, 48(5), 1079–1087.
- Chiu, M. C., Ho, C. C., & Dudgeon, D. (2022). Functional responses of stream macroinvertebrate communities to environmental degradation in subtropical Asia. *Freshwater Biology*, 67(2), 243–255. <https://doi.org/10.1111/fwb.13815>
- Cummins, K. W., Merritt, R. W., & Andrade, P. C. N. (2005). The use of invertebrate functional groups to characterize ecosystem attributes in selected streams and rivers in south Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 40(1), 69–89.
- Gamboa, M., Manzano, M., & Ramírez, A. (2008). Los macroinvertebrados acuáticos y su aplicación en estudios ecológicos. *Ecotropicos*, 21(2), 95–112. [https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1317-99622008000200001](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1317-99622008000200001)
- Gutiérrez-Cánovas, C., Sánchez-Fernández, D., Velasco, J., Millán, A., & Bonada, N. (2023). Functional trait composition and vulnerability of aquatic macroinvertebrate communities under multiple stressors. *Ecological Indicators*, 147, 109964. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.109964>

- Martínez-Capel, F., & Ríos, B. (2021). Functional diversity and ecosystem health assessment in Mediterranean wetlands using macroinvertebrates. *Wetlands Ecology and Management*, 29(5), 789–803. <https://doi.org/10.1007/s11273-021-09841-9>
- Melo, A. S., Machado, D. N., Pinto, M. P., & Baptista, D. F. (2015). Functional diversity of stream macroinvertebrates. *Ecological Indicators*, 48, 359–367.
- Merritt, R. W., & Cummins, K. W. (1996). *An introduction to the aquatic insects of North America* (3rd ed.). Kendall Hunt.
- Merritt, R. W., Cummins, K. W., & Berg, M. B. (2008). *An introduction to the aquatic insects of North America* (4th ed.). Kendall Hunt.
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2020). Proyecto de Decreto Supremo que aprueba disposiciones generales para la gestión multisectorial y descentralizada de los humedales. Lima, Perú. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1422250>
- Neres-Lima, V., et al. (2022). Organic matter and macroinvertebrate functional structure in tropical streams under agricultural influence. *Hydrobiologia*, 849(12), 2763–2778. <https://doi.org/10.1007/s10750-022-04950-4>
- Rosin, G. C., Baptista, D. F., Couceiro, S. R. M., & Buss, D. F. (2019). Functional and taxonomic diversity of aquatic insects respond to anthropogenic stress in Amazon streams. *Ecological Indicators*, 103, 603–612.
- Rosenberg, D. M., & Resh, V. H. (1993). *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. Chapman & Hall.
- Segnini, S. (2003). El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente. *Ecotropicos*, 16(1), 45–60.
- Tilman, D., Lehman, C. L., & Thomson, K. T. (1997). Plant diversity and ecosystem productivity: Theoretical considerations. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 94(5), 1857–1861.
- Tomanova, S., Goitia, E., & Helesic, J. (2008). Trophic levels and functional feeding groups of macroinvertebrates in neotropical streams. *Hydrobiologia*, 614, 117–131.

Tsubaki, R., & Takamura, N. (2021). Restoration of functional diversity in shallow lakes following reduction of nutrient loading. *Science of the Total Environment*, 777, 146048.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146048>

Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K. W., Sedell, J. R., & Cushing, C. E. (1980). The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37(1), 130–137. <https://doi.org/10.1139/f80-017>

Zhao, Q., Liu, Z., & Wang, Y. (2024). Changes in functional feeding group structure reveal ecosystem health deterioration in estuarine wetlands. *Marine and Freshwater Research*, 75(6), 498–509. <https://doi.org/10.1071/MF23089>

## Este preprint fue presentado bajo las siguientes condiciones:

- Los autores declaran que se obtuvieron los términos necesarios del consentimiento libre e informado de los participantes o pacientes en la investigación y se describen en el manuscrito, cuando corresponde.
- Los autores declaran que la preparación del manuscrito siguió las normas éticas de comunicación científica.
- Los autores declaran que son conscientes de que son los únicos responsables del contenido del preprint y que el depósito en SciELO Preprints no significa ningún compromiso por parte de SciELO, excepto su preservación y difusión.
- Los autores declaran que los datos, las aplicaciones y otros contenidos subyacentes al manuscrito están referenciados.
- El manuscrito depositado está en formato PDF.
- Los autores declaran que la investigación que dio origen al manuscrito siguió buenas prácticas éticas y que las aprobaciones necesarias de los comités de ética de investigación, cuando corresponda, se describen en el manuscrito.
- Los autores declaran que una vez que un manuscrito es postado en el servidor SciELO Preprints, sólo puede ser retirado mediante solicitud a la Secretaría Editorial deSciELO Preprints, que publicará un aviso de retracción en su lugar.
- Los autores aceptan que el manuscrito aprobado esté disponible bajo licencia [Creative Commons CC-BY](#).
- El autor que presenta el manuscrito declara que las contribuciones de todos los autores y la declaración de conflicto de intereses se incluyen explícitamente y en secciones específicas del manuscrito.
- Los autores declaran que el manuscrito no fue depositado y/o previamente puesto a disposición en otro servidor de preprints o publicado en una revista.
- Si el manuscrito está siendo evaluado o siendo preparando para su publicación pero aún no ha sido publicado por una revista, los autores declaran que han recibido autorización de la revista para hacer este depósito.
- El autor que envía el manuscrito declara que todos los autores del mismo están de acuerdo con el envío a SciELO Preprints.