



Fundación
Miguel Lillo
Tucumán
Argentina

doi

Iniciativas de conservación en ríos altoandinos neotropicales aplicando una guía de monitoreo participativo de macroinvertebrados acuáticos

Conservation initiatives in Neotropical high Andean rivers applying a participatory monitoring guide for aquatic macroinvertebrates

Manuel Alejandro Silva Poma^{1*}; Carolina Córdova Tello²;
Jorge Luis Peralta Argomeda²; Henry Tinoco Vega³;
Luis Castillo Roque^{3,4}

¹ Departamento de Cursos Básicos, Universidad Científica del Sur, Lima, Perú.

² Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

³ Fundación Zoológica de Denver, Denver, Colorado.

⁴ ONG Grupo RANA, Lima, Perú.

* <asilvap@cientifica.edu.pe>

Resumen

Como parte de las actividades de conservación que se realizan sobre los anfibios altoandinos *Telmatobius macrostomus* y *Telmatobius brachydactylus* en los Andes centrales de Perú, ambos categorizados como En Peligro según la IUCN y normativa peruana, se elaboró una guía para el monitoreo de la calidad de sus hábitats usando macroinvertebrados bentónicos acuáticos. Esta guía se elaboró en base a los reportes históricos de monitoreo de macroinvertebrados acuáticos en las regiones de Junín y Pasco en Perú y se diseñó con el fin de que pueda ser utilizada por pobladores y guardaparques aliados en la conservación de ambas especies sin la necesidad de depender de equipos costosos o especialistas. La guía fue publicada en agosto del 2023 y difundida entre los aliados que se dedican a la conservación de estas especies en una salida de campo. Los resultados mostraron que existe una alta similitud entre los resultados hallados por los pobladores y guardaparques con los del especialista en macroinvertebrados acuáticos, resaltando mejores respuestas en el grupo de participantes más jóvenes. Finalmente, los

► Ref. bibliográfica: Silva Poma, M. A.; Córdova Tello, C.; Peralta Argomeda, J. L.; Tinoco Vega, H.; Castillo Roque, L. 2025. "Iniciativas de conservación en ríos altoandinos neotropicales aplicando una guía de monitoreo participativo de macroinvertebrados acuáticos". *Acta Zoológica Lilloana* 69 (1): 437-448. DOI: <https://doi.org/10.30550/j.azl/2150>

► Recibido: 22 de marzo 2025 – Aceptado: 12 de mayo 2025.



OPEN ACCESS

► URL de la revista: <http://actazoologica.lillo.org.ar>

► Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución – No Comercial – Sin Obra Derivada 4.0 Internacional.

resultados permitieron validar una guía de monitoreo de macroinvertebrados que permita a las comunidades campesinas monitorear su calidad de agua, y por ende el hábitat de las ranas.

Palabras clave: Anfibios altoandinos, monitoreo, ríos altoandinos, vigilancia ambiental.

Abstract

As part of the conservation activities carried out on the high Andean amphibians *Telmatobius macrostomus* and *Telmatobius brachydactylus* in the central Andes of Peru, both categorized as Endangered by the IUCN and Peruvian regulations, a guide was developed for monitoring the quality of their habitats using aquatic benthic macroinvertebrates. This guide was developed based on historical monitoring reports of aquatic macroinvertebrates in the Junin and Pasco regions of Peru and was designed to be used by residents and park rangers allied to the conservation of both species without the need to rely on expensive equipment or specialists. The guide was published in August 2023 and disseminated among allies dedicated to the conservation of these species during a field trip. The results showed a high degree of similarity between the results obtained by the residents and park rangers and those of the aquatic macroinvertebrate specialist, with the youngest participants showing better responses. Finally, the results allowed for the validation of a macroinvertebrate monitoring guide that would allow rural communities to monitor their water quality and, consequently, the frog habitat.

Keywords: High andean amphibians, monitoring, high Andean rivers, environmental surveillance.

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas acuáticos altoandinos presentan gran importancia debido a los diversos servicios ecosistémicos que brindan, por ejemplo, son fuente de agua dulce para las comunidades campesinas aledañas, quienes también frecuentan estos ecosistemas con fines recreativos; además, en sus aguas albergan una diversidad de especies adaptada a condiciones climáticas particulares (Flores, 2015; Carrasco et al., 2020), sin embargo, estos ecosistemas están siendo impactados principalmente por actividades humanas como la agricultura, ganadería, vertimiento de aguas residuales, entre otros; por lo cual es necesario la conservación de estos ecosistemas (Eugercios et al., 2019; Ramírez et al., 2018).

La Reserva Nacional de Junín presenta diversos ecosistemas acuáticos que albergan una gran variedad de especies, algunas endémicas, que habitan en el ecosistema del lago Junín o también llamado Chinchaycocha, como es el caso de *Telmatobius macrostomus* y *Telmatobius brachydactylus* (INRENA, 2008; Watson y Castillo, 2022). Como parte de la conservación de estas especies y de los ecosistemas acuáticos en los que habitan se vienen desarrollando diferentes actividades de conservación como el monitoreo poblacional de ranas, donde algunas de ellas implican el trabajo con comunidades campesinas (Castillo, 2021).

Telmatobius macrostomus se caracteriza por su gran tamaño corporal, con un tamaño adulto que varía entre 124 y 300 mm de longitud hocico-cloaca. Presenta dedos largos y delgados y pliegues en la zona abdominal (Sinsch, 1986; Sinsch y Aguilar, 2021). La especie es estrictamente acuática; los renacuajos y los adultos habitan arroyos y lagos (Castillo y Elias, 2021; Watson et al., 2017a, b; Carpio y Quispe, 2017). Los adultos de *T. brachydactylus* son más pequeños (45-82 mm de longitud de hocico-cloaca) y presentan un vientre blanco cremoso con manchas oscuras y dedos cortos (Sinsch, 1986). Sus renacuajos miden la mitad del tamaño de los de *T. macrostomus* en etapas tardías, y habita en pequeños arroyos (Castillo y Aguilar, 2019). Ambas especies son endémicas de las regiones de Junín y Pasco y categorizadas como En Peligro por la UICN y la legislación peruana (MINAGRI, 2014; IUCN SSC Amphibian Specialist Group, 2018a, b). Estas especies son monitoreadas anualmente gracias al proyecto “Guardianes de las Ranas”, donde las comunidades campesinas, áreas naturales protegidas e instituciones nacionales y extranjeras, están involucradas en el monitoreo y vigilancia (Castillo, 2021).

El monitoreo de especies es clave para determinar su tendencia poblacional a lo largo del tiempo (UICN, 2012), sumado a ello, es necesario conocer el estado de conservación de sus hábitats, en el caso de los *Telmatobius*, los ríos y lagunas. Sin embargo, ello requiere el uso de equipos costosos, frente a esta necesidad actualmente existen alternativas como la del monitoreo con bioindicadores, siendo los macroinvertebrados bentónicos los más adecuados debido a varios factores como su fácil muestreo e identificación (Rosenberg y Resh 1993; Flores y Huamantínco, 2017; Silva-Poma et al., 2021).

Con el objetivo de contribuir a la conservación de *Telmatobius macrostomus* y *Telmatobius brachydactylus* se diseñó una guía de monitoreo de macroinvertebrados acuáticos de fácil uso para evaluar la calidad de los hábitats de ambas especies y así poder establecer estrategias para su conservación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Elaboración de la guía de monitoreo

Para la elaboración de esta guía de monitoreo de calidad de agua se utilizó la data histórica de los macroinvertebrados acuáticos presentes en la zona (Silva-Poma et al., 2021), se utilizaron fotos propias y se elaboraron descripciones didácticas que faciliten su identificación con ayuda de algunas claves taxonómicas (Dominguez y Fernández, 2009; Prat et al., 2011; Peralta-Argomeda et al., 2015).

La guía incluye principalmente insectos de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera, Odonata, Hemiptera, Trichoptera, Coleoptera y Diptera. Sin embargo, también se incluyen otros macroinvertebrados como Platyhelminthes, Annelida, Gastropoda, Bivalvia y otros Arthropoda diferentes a los insectos.

En la guía se incluye de manera didáctica los pasos para el cálculo del Índice Biótico Andino (ABI) el cual se basa en la sensibilidad (1 a 10) de los macroinvertebrados acuáticos a la contaminación y se requiere solo identificación taxonómica hasta el nivel de familia, principalmente. Posterior a la identificación se suman los valores de sensibilidad de los grupos taxonómicos presentes y se obtiene el puntaje ABI el cual es comparado con una tabla de referencia (Acosta et al., 2009) en la cual se tienen las siguientes categorías de calidad de agua: “Muy Buena”, “Buena”, “Moderada”, “Mala” y “Pésima” (Tabla 1).

Tabla 1. Calidad del agua según el Índice Biótico Andino en Perú.

Table 1. Water quality according to the Andean Biotic Index in Peru.

Calidad de agua	Puntuación
Muy Buena	> 74
Buena	45-74
Moderada	27-44
Mala	11-26
Pésima	< 11

Aplicación de la guía de monitoreo

Posterior a la elaboración de la guía, en abril del 2023, se realizó una salida a campo con pobladores aliados del programa “Guardianes del Chinchaycocha” y guardaparques de la Reserva Nacional de Junín. En esta salida a campo un especialista en macroinvertebrados acuáticos brindó una capacitación sobre el uso de la guía y se realizó la explicación del muestreo de macroinvertebrados acuáticos (Figura 1).



Figura 1. Salida a campo para validación de la Guía de evaluación de calidad de agua.
Figure 1. Field trip for validation of the Water Quality Assessment Guide.

En gabinete se conformaron cinco grupos de trabajo, cada grupo conformado por dos personas, para que puedan usar la guía sin ayuda del especialista, a cada grupo se les brindaron muestras de macroinvertebrados acuáticos que fueron seleccionadas por un especialista para su identificación y posterior cálculo del ABI para la evaluación de calidad de agua por los grupos de trabajo (Figura 2). Este proceso se realizó tres veces y las muestras fueron las mismas para todos los grupos, sin embargo, los grupos desconocían que las muestras eran las mismas.

Para comparar los análisis realizados entre los Guardianes del Chinchaycocha, guardaparques y el especialista se realizó el Análisis de Escalamiento Multidimensional no Métrico (NMDS) y la prueba ANOSIM, las cuales determinarán si existen diferencias entre los análisis realizados por el especialista en macroinvertebrados acuáticos con los de los Guardianes del Chinchaycocha y guardaparques.



Figura 2. Identificación de macroinvertebrados bentónicos en gabinete.

Figure 2. Identification of benthic macroinvertebrates in the cabinet.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De los registros obtenidos históricamente de monitoreos del 2021 hasta la actualidad, se pudo obtener un total de 27 categorías taxonómicas, de las cuales la clase Insecta fue la más representativa con 18 familias agrupadas en 7 órdenes (Tabla 2), esto concuerda con estudios realizados en zonas similares de Perú, en donde existe una alta predominancia de la clase Insecta en ecosistemas acuáticos altoandinos (Custodio y Chanamé, 2016; Silva-Poma y Huamantínco-Araujo, 2022).

Esta guía se encuentra disponible en la Biblioteca Nacional del Perú con el código ISBN: 978-612-48709-3-4 y también disponible gratuitamente en Researchgate (Denver Zoological Foundation, 2023), la guía muestra las pautas necesarias para que las personas que no estén relacionadas con la taxonomía de macroinvertebrados bentónicos puedan hacer las identificaciones taxonómicas y evaluación de la calidad del agua de manera didáctica y sin depender de un especialista o de equipos costosos (Figura 3), de esta manera se busca contribuir positivamente en la vigilancia y protección de ecosistemas acuáticos altoandinos lo cual trae resultados positivos en la gestión del agua (Vargas y Moreno, 2016).

Respecto a la salida de campo, de acuerdo con el análisis de similitud (ANOSIM) no existe diferencia significativa ($p > 5\%$) entre los registros de la composición de familias de macroinvertebrados acuáticos de los cinco grupos de trabajo y del especialista, llegando a ser similares hasta un 50% de acuerdo con el análisis de escalamiento multidimensional no paramétrico (NMDS).

Tabla 2. Macroinvertebrados y valores de sensibilidad según el Índice Biótico Andino.
Table 2. Macroinvertebrates and sensitivity values according to the Andean Biotic Index.

Macroinvertebrados acuáticos			Puntaje ABI
Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	4
		Leptophlebiidae	10
	Odonata	Aeshnidae	6
	Plecoptera	Gripopterygidae	10
	Hemiptera	Corixidae	5
	Trichoptera	Hydrobiosidae	8
		Hydroptilidae	6
		Limnephilidae	7
		Leptoceridae	8
	Coleoptera	Dytiscidae	3
		Elmidae	5
		Hydrophilidae	3
		Scirtidae	5
	Chironomidae	Chironomidae	2
		Empididae	4
		Tabanidae	4
		Syrphidae	1
		Simuliidae	5
No Insecta	Platyhelminthes	Turbellaria	5
	Annelida	Hirudinea	3
		Oligochaeta	1
	Gastropoda	Physidae	3
		Planorbidae	3
	Bivalvia	Sphaeriidae	3
	Arthropoda	Hyalellidae	6
		Ostracoda	3
Acari		4	

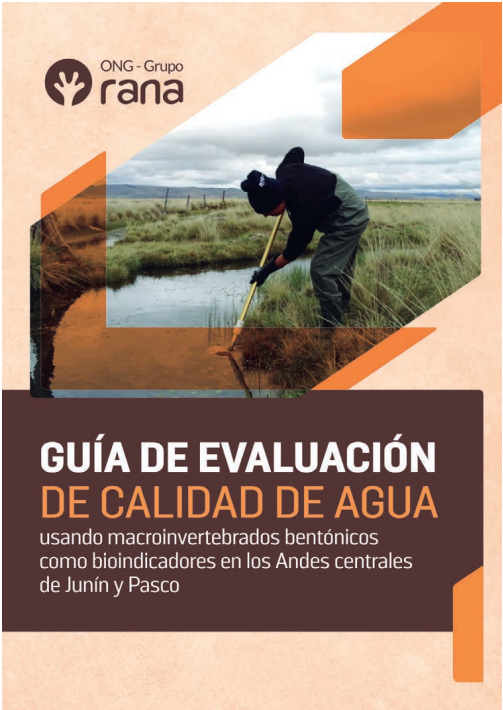


Figura 3. Guía de evaluación de Calidad de agua usando macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores.
Figure 3. Water quality assessment guide using benthic macroinvertebrates as bioindicators.

Además, se observó que el mayor porcentaje de similitud con respecto al registro del especialista fue del grupo 2 (95%), mientras que el menor porcentaje fue del grupo 5 (55%) (Figura 4 y Figura 5). En los grupos donde se encontró menor coincidencia entre las identificaciones con las del especialista se pudo evidenciar que la mayor confusión se dió entre los macroinvertebrados pertenecientes a los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera y Coleoptera, los cuales se encuentran dentro de la clase Insecta.

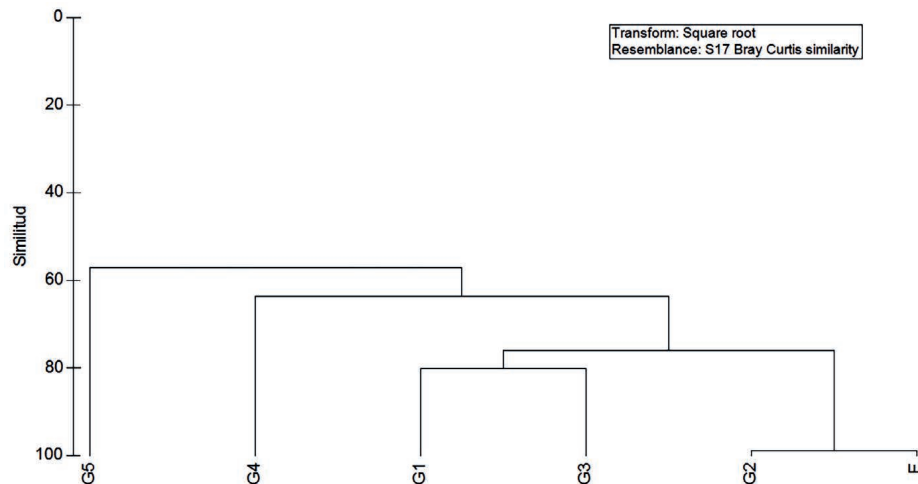


Figura 4. Análisis de similitud de las identificaciones de macroinvertebrados bentónicos.

Figure 4. Similarity analysis of benthic macroinvertebrate identifications.

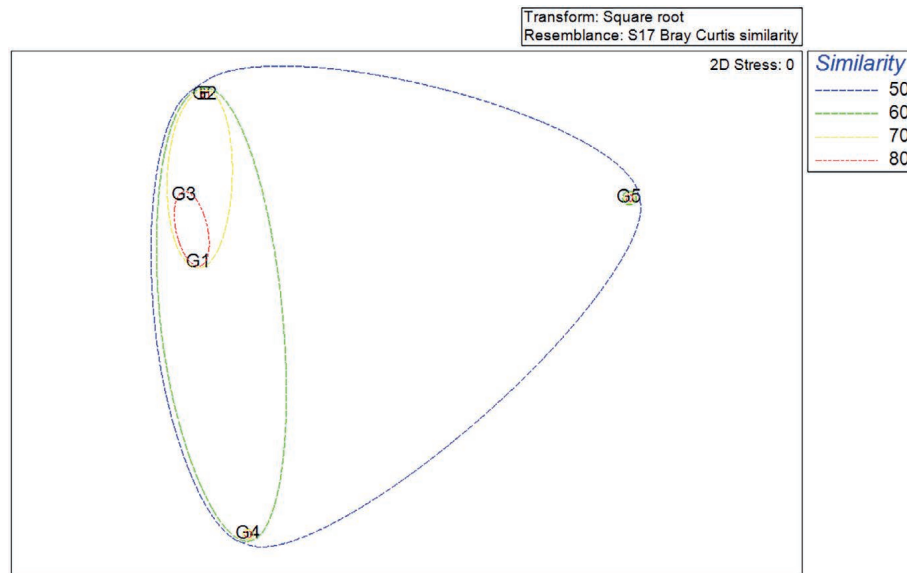


Figura 5. Análisis de escalamiento multidimensional no paramétrico de la composición de macroinvertebrados bentónicos.

Figure 5. Non-parametric multidimensional scaling analysis of benthic macroinvertebrate composition

Tabla 3. Análisis descriptivo de los puntajes obtenidos según el Índice Biótico Andino.**Table 3.** Descriptive analysis of the scores obtained according to the Andean Biotic Index.

Grupo	Media	Mínimo	Máximo	Calidad de agua
Grupo 1	41	41	42	Moderada
Grupo 2	28	28	28	Moderada
Grupo 3	40	35	43	Moderada
Grupo 4	36	33	39	Moderada
Grupo 5	27	25	28	Moderada
Especialista	28	28	28	Moderada

Esto podría deberse a las formas similares de los cuerpos de algunos de estos grupos o a que algunas estructuras diagnósticas son de menor tamaño, de esta forma se pudo obtener resultados similares (moderada calidad de agua) en los resultados de calidad de agua entre los grupos y el especialista (Tabla 3), lo cual muestra el alto potencial de la guía para evaluación de calidad de agua por los Guardianes del Chinchaycocha y guardaparques, sin embargo, para mejores resultados se recomienda brindar capacitaciones y tener material de referencia que permita mejorar las identificaciones taxonómicas de los macroinvertebrados acuáticos y así tener mayor exactitud en la determinación de la calidad de agua.

Al igual que en este estudio, existen investigaciones similares que demuestran que estas herramientas de vigilancia ambiental de calidad de agua muestran una gran eficacia para evaluaciones de calidad de agua por personas que no se dedican a esta especialidad, lo cual representa un gran ahorro frente a la compra de equipos costosos para el monitoreo de calidad de agua o frente a la contratación de laboratorios para análisis de muestras (Flores y Huamantínco, 2016).

Esta guía representa una herramienta importante en el monitoreo participativo de los hábitats de *Telmatobius macrostomus* y *Telmatobius brachydactylus*, ya que además de ser una herramienta de bajo costo busca involucrar a comunidades campesinas de manera activa en la conservación de ambas especies.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Fundación Zoológica de Denver por financiar el desarrollo de esta guía, a la Reserva Nacional de Junín por el apoyo logístico durante la etapa de campo y a los miembros del programa “Guardianes del Chinchaycocha” por participar durante la etapa de campo.

FINACIAMIENTO

Este trabajo se financió con fondos del Proyecto Guardianes del Chinchaycocha de la Fundación Zoológica de Denver.

PARTICIPACIÓN

M.A.S.P, L.C.R, H.T.V. participaron en el diseño de la guía, salida a campo y redacción del manuscrito. C. C. T y J. P. A. participaron en el diseño de la guía, análisis de datos y redacción final del manuscrito.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

LITERATURA CITADA

- Acosta, R., Ríos, B., Rieradevall, M., Prat, N. (2009). Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. *limnetica*, 28, 035-64.
- Carrasco, C., Rayme, C., Alarcón, R. D. P., Ayala, Y., Arana, J., Aponte, H. (2020). Macroinvertebrados acuáticos en arroyos asociados con bofedales altoandinos, Ayacucho Perú. *Revista de Biología Tropical*, 68, 116-131. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v68is2.44344>
- Carpio A.L., Quispe W.M. (2017). Evaluación poblacional y estado de conservación de *Telmatobius macrostomus* Peters, 1873 (Anura: Telmatobiidae) en humedales altoandinos, Región Pasco-Perú. *Revista de Investigación Altoandina* 19: 145-156. <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2017.273>
- Castillo L., Aguilar C. (2019). Descripción del renacuajo de *Telmatobius brachydactylus* (Anura: Telmatobiidae). *Revista Peruana de Biología*, 26: 469-474. <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v26i4.16777>
- Castillo, L. (2021). Guía de monitoreo comunitario de las ranas del lago Chinchaycocha. Biblioteca Nacional del Perú. 48 pp. https://www.researchgate.net/publication/361192360_Guia_de_monitoreo_comunitario_de_las_ranas_del_Lago_Chinchaycocha
- Castillo, L., Elias, R. (2021). Descripción en época seca del microhábitat del renacuajo de *Telmatobius macrostomus* (Peters, 1873) “rana gigante del Lago Junín” en los afluentes del lago Chinchaycocha / Perú. *Ecología Aplicada*, 20, 25-34. <https://doi.org/10.21704/rea.v20i1.1688>
- Custodio Villanueva, M., Chanamé Zapata, F. C. (2016). Análisis de la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Cunas mediante indicadores ambientales, Junín-Perú. *Scientia Agropecuaria*, 7, 33-44. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.01.04>

- Denver Zoological Foundation. (2023). Guía de evaluación de calidad de agua usando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores en los Andes centrales de Junín y Pasco. Grupo Rana. https://www.researchgate.net/publication/377721486_Guia_de_evaluacion_de_calidad_de_agua_usando_macroinvertebrados_acuaticos_como_bioindicadores_en_los_Andes_centrales_de_Junin_y_Pasco
- Dominguez, E., Fernández, H. R. (2009). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología. (1a ed). Fundación Miguel Lillo. Tucumán.
- Eugercios Silva, A.R., Álvarez-Cobelas, M., Montero González, E. (2017). Impactos del nitrógeno agrícola en los ecosistemas acuáticos. Ecosistemas 26: 37-44. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2017.26-1.06>
- Flores, D., Huamantínco, A. (2017). Desarrollo de una herramienta de vigilancia ambiental ciudadana basada en macroinvertebrados bentónicos en la cuenca del Jequetepeque (Cajamarca, Perú). Ecología Aplicada, 16: 105-114. <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v16i2.1014>
- Florez Yepes, G. Y. (2015). Servicios ecosistémicos y variables sociambientales determinantes en ecosistemas de humedales altoandinos. Sector el ocho y paramo de letras Manizales Colombia. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 1, 173-179. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263139243024>
- INRENA. (2008). Plan Maestro 2008-2012: Reserva Nacional de Junín. 1-222.
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. 2018a. *Telmatobius brachydactylus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2018: e.T56329A89204767.
- IUCN SSC Amphibian Specialist Group. (2018b). *Telmatobius macrostomus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2018: e.T2645A89195689.
- MINAGRI. (2014). Decreto Supremo que aprueba la actualización de la lista de clasificación y categorización de las especies amenazadas de fauna silvestre legalmente protegidas. 520497520-504. D.S. 004-2, 545318-545321. El Peruano, Lima.
- Ramírez, Y. P., Giraldo, L. P., Zúñiga, M. D. C., Ramos, B. C., Chará, J. (2018). Influencia de la ganadería en los macroinvertebrados acuáticos en microcuencas de los Andes centrales de Colombia. Revista de Biología Tropical, 66: 1244-1257. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v66i3.30316>
- Prat, N., Acosta, R., Villamarín, C. (2011). Las Larvas De Chironomidae (Diptera) De Los Ríos Altoandinos de Ecuador y Perú. Grupo de Investigación F.E.M. Universidad de Barcelona.
- Peralta-Argomeda, J., Araujo, J., Rodríguez, L., Prenda, J., Loaysa, R. (2015). Guía de Macroinvertebrados Acuáticos de Madre de Dios. (1a ed). Lima.
- Rosenberg, D.M., Resh V. H. (1993). Introduction to freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. In: D.M. Rosenberg and V.H. Resh, Eds., Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Chapman and Hall, New York, p. 1-9.

- Silva, M., Castillo, L., Elias, R., Peralta-Argomeda, J. Huamantínco-Araujo, A. (2021). Water quality of the habitat of two endangered high-andean frogs using aquatic macroinvertebrates as bioindicators. *International Journal of Conservation Science*, 12: 1061-1076.
- Silva-Poma, M. A. y Huamantínco-Araujo, A. A. (2022). Preferencia de microhábitat y gremios tróficos de macroinvertebrados acuáticos en ríos altoandinos, Ayacucho, Perú. *Limnetica*, 41, 1-16.
- Sinsch U. (1986). Anfibios de la Sierra Central del Perú - Una clave de identificación para adultos y larvas. *Boletín de Lima* 45: 23-33.
- Sinsch U., Aguilar-Puntriano C. (2021). Growth trajectory of the world's largest aquatic frog (*Telmatobius macrostomus*): skeletochronological analysis of digit growth marks. *Salamandra* 57: 291-294.
- UICN. (2012). Categorías y criterios de la lista roja de la UICN: Versión 3.1 (R. U.U. Gland, Suiza y Cambridge (ed.); Segunda edición.
- Vargas, R. M., Moreno, N. R. R. (2016). La gobernanza del agua y la participación ciudadana en Bogotá. *Revista republicana*, (21).
- Watson A.S., Fitzgerald A.L., Baldeón O.J.D. (2017a). Diet composition and prey selection of *Telmatobius macrostomus*, the Junín giant frog. *Endangered Species Research* 32: 117-121.
- Watson A.S., Fitzgerald A.L., Baldeón O.J.D., Elías R.K. (2017b). Habitat characterization, occupancy and detection probability of the Endangered and endemic Junín giant frog *Telmatobius macrostomus*. *Endangered Species Research* 32: 429-436.
- Watson, A., Castillo, L. (2022). Are protected areas working for endangered frogs in the Peruvian Andes?. *Biodiversity and Conservation*, 31: 1847-1866. <https://doi.org/10.1007/s10531-022-02406-9>