






Caudal ecológico como herramienta de gobernanza y política para la conservación de *Cryphiops caementarius* en el río Lurín

*Ecological flow as a governance and policy tool for the conservation of *Cryphiops caementarius* in the Lurín river*

Noe Sabino, Zamora Talaverano  ; Jhon Walter, Gómez Lora ; Benigno Paulo, Gómez Escriba ; Yngrid Ysabel, Nieto Arboleda 

Universidad Nacional Federico Villarreal / Instituto Especializado de Investigación y Gestión del Agua – INEIGA, Lima, Perú.

Resumen

La investigación tuvo como objetivo estimar el caudal ecológico del río Lurín para favorecer la conservación del camarón de río (*Cryphiops caementarius*) en el sector de Antapucro, considerando su importancia ecológica y socioeconómica. Se aplicó un método hidrológico con enfoque cuantitativo, no experimental y de nivel explicativo, utilizando series históricas de datos hidrológicos de 1964 a 2024 proporcionadas por la Autoridad Nacional del Agua, las cuales integraron información modelada y observacional. Los resultados mostraron una marcada estacionalidad hídrica, con valores máximos de 7,98 m³/s en marzo y mínimos de 0,29 m³/s en septiembre, lo que evidencia la vulnerabilidad del ecosistema durante el estiaje. La caracterización biológica del hábitat reveló que *Cryphiops caementarius* presenta actualmente una distribución restringida, limitada a zonas medias del río con hábitats profundos y sustratos estables, mientras que se registraron ocho especies ícticas representativas, entre ellas pejerrey de río, bagre, lorna, carachita, sapo, cangrejo de agua dulce y libélula. Asimismo, se identificaron presiones antrópicas significativas, como pesca ilegal, vertimientos domésticos, pasivos mineros y uso de agroquímicos, que amenazan la integridad ecológica de la cuenca. En conclusión, los resultados constituyen un insumo técnico clave para la gestión sostenible del caudal ecológico, la restauración del hábitat fluvial y la conservación de *C. caementarius* en el río Lurín.

Palabras clave: Antapucro, caudal ecológico, ictiofauna nativa, gestión hídrica, biodiversidad acuática.

Abstract

The research aimed to estimate the ecological flow of the Lurín River to support the conservation of the river shrimp (*Cryphiops caementarius*) in the Antapucro sector, given its ecological and socioeconomic importance. A hydrological method with a quantitative, non-experimental, and explanatory design was applied, using historical hydrological series from 1964 to 2024 provided by the National Water Authority, integrating both modeled and observational data. The results revealed a marked hydrological seasonality, with maximum flows of 7.98 m³/s in March and minimum values of 0.29 m³/s in September, indicating the vulnerability of the ecosystem during the dry season. The biological characterization of habitats showed that *Cryphiops caementarius* currently has a restricted distribution, limited to midstream zones with deep and stable substrates, while eight representative fish species were recorded, including river silverside, catfish, lorna, carachita, toadfish, freshwater crab, and dragonfly larvae. Additionally, multiple anthropogenic pressures were identified, such as illegal fishing, domestic discharges, mining liabilities, agrochemical use, and solid waste disposal, all of which pose direct threats to aquatic biodiversity. In conclusion, the findings provide a technical basis for sustainable water flow management, ecological restoration, and the conservation of *C. caementarius* within the Lurín River ecosystem.

Keywords: Antapucro; ecological flow; native ichthyofauna; water management; aquatic biodiversity.

Recibido/Received	01-08-2025	Aprobado/Approved	20-09-2025	Publicado/Published	15-11-2025
-------------------	------------	-------------------	------------	---------------------	------------

Introducción

La preservación del camarón de río (*Cryphiops caementarius*), especie endémica de Perú y Chile, representa mucho más que una preocupación ecológica: constituye un reto estratégico en la gestión hídrica y en la sostenibilidad socioeconómica de los ecosistemas fluviales andino-costeros. Su relevancia no solo radica en su función como bioindicador de la calidad ambiental, sino también en su papel estructural dentro de las economías locales, al sustentar la pesca artesanal, la gastronomía tradicional y el turismo regional, elementos que inciden directamente en la seguridad alimentaria y el bienestar de las comunidades ribereñas.

En este contexto, el río Lurín emerge como un enclave crítico para la supervivencia de *C. caementarius*, al ser una de sus últimas áreas de distribución en las cercanías de Lima. Sin embargo, la especie enfrenta una amenaza creciente derivada de la desarticulación en la gobernanza del recurso hídrico. El déficit anual de agua supera los 750 mm, mientras que la demanda insatisfecha alcanza el 688 % durante la temporada agrícola, lo que configura un escenario de estrés hídrico extremo. Esta situación compromete el caudal ecológico mínimo, indispensable para la reproducción del camarón y la estabilidad del hábitat fluvial, convirtiéndose en un problema de Ecología Humana que exige atención urgente.

A medida que el caudal del río Lurín disminuye de forma sostenida, se desencadenan impactos que trascienden el ámbito ecológico y afectan directamente la salud pública. Las alteraciones en el régimen de flujo favorecen la acumulación de contaminantes, entre ellos metales pesados como cromo, cadmio, plomo y níquel, cuyos niveles pueden superar los límites permisibles hasta en un 12 900 % durante la estación seca. Esta contaminación, producto de actividades antrópicas desreguladas, no solo reduce la diversidad íctica y deteriora los servicios ecosistémicos, sino que también representa un riesgo sanitario grave para las poblaciones locales. Estudios recientes advierten que caudales inferiores a 5 m³/s comprometen la viabilidad de las poblaciones de *C. caementarius*, lo que evidencia una correlación directa entre la pérdida biológica y el colapso de un recurso económico y cultural de alto valor.

Frente a esta problemática, la presente investigación se propone subsanar un vacío técnico y normativo en la política de gestión hídrica, mediante la definición de un régimen de caudal ecológico específico para el río Lurín. Esta herramienta constituye un instrumento de gobernanza clave para la conservación de la biodiversidad acuática y la protección de los servicios socioeconómicos asociados. La ausencia de parámetros técnicos dificulta la toma de decisiones informadas por parte de las autoridades competentes, como la Autoridad Nacional del Agua (ANA), y limita la implementación de una gestión integrada del recurso. Por ello, resulta imperativo incorporar los caudales ecológicos en los marcos regulatorios vigentes y fomentar una gobernanza colaborativa que garantice la equidad en el acceso y uso del agua.

En este sentido, se plantea la aplicación de un método hidrológico basado en el análisis de percentiles y curvas de duración como alternativa de ingeniería aplicada para estimar el caudal ecológico. Este enfoque, sustentado en series históricas, ofrece una base objetiva, reproducible y alineada con los Lineamientos Generales de la ANA, que recomiendan utilizar el 15 % del caudal medio mensual como referencia técnica. La implementación de esta metodología proporciona un insumo técnico esencial para establecer parámetros ecológicos de base y respaldar decisiones de gestión que aseguren la conservación de especies nativas y la funcionalidad de la cuenca.

En consecuencia, el objetivo general del estudio es aplicar un enfoque de ingeniería y sostenibilidad ambiental para estimar el caudal ecológico del río Lurín, con miras a la conservación socioeconómica de *Cryphiops caementarius* en el sector de Antapucro. Los objetivos específicos comprenden: a) aplicar el método hidrológico para cuantificar el caudal ecológico; b) caracterizar la distribución y condiciones del hábitat; c) identificar la ictiofauna representativa; y d) reconocer las actividades antrópicas y fuentes de contaminación que obstaculizan la conservación. Con ello, se pretende aportar fundamentos técnicos sólidos para una gestión hídrica sostenible, en consonancia con el Objetivo

de Desarrollo Sostenible (ODS) 15: Vida de ecosistemas terrestres, promoviendo la protección de los ecosistemas acuáticos desde una perspectiva integral de bienestar humano.

Materials y métodos

El estudio adoptó un enfoque cuantitativo, de diseño no experimental y de nivel explicativo, centrado en utilizar datos técnicos para informar la gobernanza y la gestión integrada del recurso hídrico. El objetivo fue establecer las bases ecohidrológicas que determinan la disponibilidad hídrica crítica para la conservación de *Cryphiops caementarius* en la cuenca media del río Lurín.

Área y periodo de estudio

El ámbito espacial correspondió a la cuenca media del río Lurín, con énfasis en el sector de Antapucro, ubicado en la provincia de Huarochirí, departamento de Lima, Perú (Figura 1). Este sector se sitúa entre las coordenadas 12°02'00" S y 76°38'00" O, a una altitud promedio de 2 230 msnm.

El periodo analizado comprendió la serie hidrométrica histórica 1963–2024, cuya fuente principal fue la estación hidrométrica Antapucro, administrada por la Autoridad Nacional del Agua (ANA). La serie fue consolidada y verificada a partir de distintas fuentes:

- El estudio del Ministerio de Agricultura (MINAG, 2004), que estimó los caudales medios entre 1964 y 2002 mediante el modelo Lutz Scholz, desarrollado en el marco del Plan MERIS II de la Cooperación Técnica Alemana.
- La investigación de Meléndez et al. (2021), que amplió la serie hasta 2019 con registros validados en el mismo punto de control.
- Recopilación de datos, observaciones y levantamientos propios realizados durante 2024, que permitieron completar la serie y verificar su consistencia hidrológica.

La homogeneidad y consistencia temporal de la serie (1963–2024) constituyen una fortaleza metodológica, pues abarcan más de seis décadas de registros continuos. La calidad de los datos se verificó mediante revisión cruzada entre fuentes y análisis estadístico de coherencia entre series mensuales y anuales.

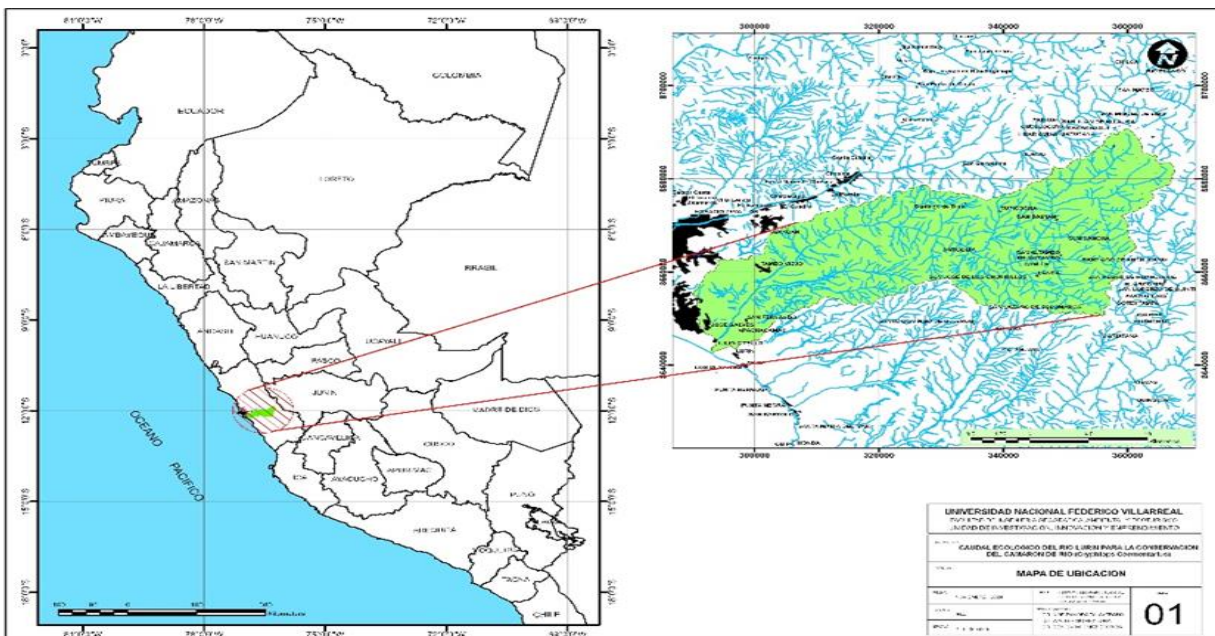


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio

Nota: Elaboración propia a partir de datos del IGN (2024).

Unidad de análisis

La unidad de análisis correspondió a los registros de caudal de la estación hidrométrica Antapucro, localizada en la cuenca media del río Lurín, área considerada crítica para la supervivencia y reproducción del camarón de río (*Cryphiops caementarius*). Esta especie depende de la estabilidad del caudal para mantener hábitats someros, zonas de refugio y alimentación, especialmente durante las etapas larvaria y juvenil (Meléndez et al., 2021).

Fuentes de información y materiales

Se emplearon registros de caudal de la estación Antapucro, proporcionados por la Autoridad Nacional del Agua (ANA). Dichos registros se complementaron con cartografía digital a escala 1:100 000, elaborada por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) (hojas Chosica 24-J, Matucana 24-K, Lurín 25-J y Huarochirí 25-K).

Para el análisis espacial y el procesamiento de información geográfica se utilizaron ArcGIS Pro y QGIS, mientras que la sistematización y el análisis estadístico de los datos hidrológicos se realizaron en Microsoft Excel y Word.

Procedimientos

El desarrollo metodológico comprendió tres fases principales:

- Cartografía digital: integración de información vectorial (ríos, curvas de nivel, centros poblados) para generar mapas base y temáticos en ArcGIS Pro y QGIS.
- Trabajo de campo: identificación de especies ictiológicas in situ presentes en la zona de estudio y reconocimiento de fuentes de contaminación (urbana, agrícola y minera). Asimismo, se efectuaron levantamientos de la sección en la estación Antapucro y aguas arriba para estimar caudales máximos y mínimos.
- Análisis hidrométrico: cálculo de caudales ecológicos a partir de series de caudales medios mensuales, siguiendo los lineamientos de la Resolución Jefatural N.º 267-2019-ANA (Autoridad Nacional del Agua, 2019), que establece criterios técnicos para determinar caudales ecológicos diferenciando periodos de estiaje y avenidas.

Cabe señalar que el estudio consideró exclusivamente variables hidrológicas, es decir, no se efectuaron mediciones biológicas directas ni análisis fisicoquímicos del agua, aunque sí se realizó una identificación cualitativa de especies ícticas presentes en el área como referencia ecológica general.

Criterios específicos para el caudal

El caudal se analizó considerando su relevancia ecológica para el *Cryphiops caementarius*, especie emblemática del ecosistema del río Lurín. Los criterios biológicos considerados incluyeron:

- Requerimientos de hábitat: necesidad de zonas someras con flujo moderado y sustrato rocoso para refugio y reproducción.
- Etapas críticas del ciclo de vida: sensibilidad de larvas y juveniles a variaciones bruscas de caudal y sedimentación.
- Disponibilidad de alimento: relación entre caudales de estiaje y concentración de nutrientes en zonas de remanso.

No obstante, se reconoce que la presente investigación se sustentó principalmente en variables hidrológicas, por lo que los resultados deben interpretarse como aproximaciones ecohidrológicas preliminares. Futuros estudios deberán integrar variables biológicas y fisicoquímicas que fortalezcan la comprensión del vínculo entre la dinámica del caudal y la biología del *Cryphiops caementarius*.

Resultados

1. Estimación del caudal ecológico en el sector Antapucro.

Para caracterizar la disponibilidad de agua en la parte media de la cuenca del río Lurín se integraron tres fuentes principales de información. En primer lugar, el informe técnico del Ministerio de Agricultura del Perú, elaborado en el marco del Plan MERIS II con apoyo de la cooperación alemana, aplicó el modelo hidrológico Lutz-Scholz, diseñado para cuencas altoandinas, con el cual se simularon caudales mensuales en la estación de Antapucro durante el periodo 1964–2002 (Ministerio de Agricultura del Perú, 2004). En segundo lugar, Meléndez et al. (2021) evaluaron la oferta hídrica en el mismo punto entre 1963 y 2019, mediante un modelo conceptual distribuido. Finalmente, se incorporaron registros observacionales de la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2024) para el periodo 2000–2024. La integración de estos insumos permitió consolidar una serie mensual continua de 54 años, lo que constituyó una base robusta para el análisis de aportes hídricos en la zona.

Con base en esta serie integrada, se estimó el caudal ecológico medio mensual de acuerdo con los lineamientos técnicos establecidos en la Resolución Jefatural N.º 267-2019-ANA (Autoridad Nacional del Agua, 2019). Los valores resultantes se presentan en la Tabla 1 y Figura 2.

Tabla 1. Caudal ecológico medio mensual (m^3/s) – Estación hidrométrica Antapucro (1963–2024)

Mes	Caudal promedio M^3/s	Caudal máximo M^3/s	Caudal mínimo M^3/s	Caudal ecológico M^3/s
Ene	24,89	75,44	0,15	3,73
Feb	37,61	165,99	0,09	5,64
Mar	53,23	144,90	0,01	7,98
Abr	30,26	75,26	1,82	4,54
May	15,95	46,72	2,39	2,39
Jun	8,27	24,07	1,10	1,24
Jul	5,06	13,86	0,62	0,76
Ago	3,23	11,50	0,34	0,48
Set	1,93	8,86	0,21	0,29
Oct	2,60	19,56	0,25	0,39
Nov	3,68	15,15	0,17	0,55
Dic	11,82	39,16	0,25	1,77
Promedio	16,54	53,37	0,62	2,48

Nota: MINAG, 2004, Meléndez et al. (2021) y ANA, 2024.

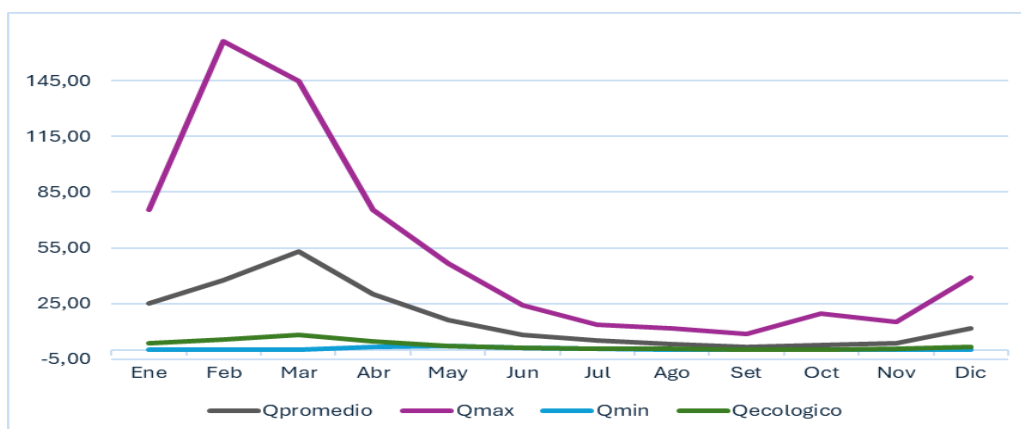


Figura 2. Caudal ecológico vs mes

2. Distribución geográfica y características del hábitat de *Cryphiops caementarius*

El camarón de río (*Cryphiops caementarius*) se distribuye entre los 10° y 30° de latitud sur, desde el norte de Chile hasta la región sur y centro del Perú, con presencia predominante en la vertiente occidental de los Andes. Su rango altitudinal varía desde el nivel del mar hasta aproximadamente los 1400 msnm., evidenciando una alta capacidad de migración en ecosistemas andinos (Reyes-Ávalos, 2023).

En el río Lurín, actualmente no se reporta su presencia desde la desembocadura hasta cerca de los 1 350 msnm. en Chamana, con registros escasos entre los 1 350 y 2 000 msnm. en la localidad de La Pedrera. La especie habita preferentemente en aguas dulces con refugios en áreas pedregosas, aunque también se adapta a sustratos arenosos o fangosos. Los adultos suelen ocupar zonas profundas durante el día, mientras que los juveniles se ubican en sectores someros, con actividad nocturna para la búsqueda de alimento.

Las condiciones óptimas para su supervivencia comprenden temperaturas entre 10 y 25 °C, un pH entre 6 y 8, oxígeno disuelto de 2 a 3 mg/L y salinidades de 12,6-18 ‰ durante los estadios larvales. Su dieta omnívora incluye invertebrados y materia orgánica, coexistiendo con peces nativos como pejerreyes y carachitas.

3. Fauna íctica representativa en el sector Antapucro

En la sección media de la cuenca del río Lurín se registraron ocho especies correspondientes a diversos grupos taxonómicos (peces, anfibios, crustáceos e insectos). Entre ellas destacan especies ícticas nativas que coexisten con *C. caementarius*, así como organismos indicadores de calidad de agua (Tabla 2 y Figura 3).

Tabla 2. Especies de fauna ictiológica representativas en el sector Antapucro – río Lurín

Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común
Atheriniformes	Atherinidae	<i>Basilichthys archaeus</i>	Pejerrey de río
Siluriformes	Trichomycteridae	<i>Pygidium punctulatum</i>	Bagre o life
Characiformes	Characidae	<i>Eretmobrycon peruanus</i>	Lorna de río
Characiformes	Characidae	<i>Bryconamericus peruanus</i>	Carachita
Anura	Bufonidae	<i>Bufo spinulosus</i>	Sapo
Decapoda	Palaemonidae	<i>Cryphiops caementarius</i>	Camarón de río
Decapoda	Pseudothelphusidae	<i>Pseudothelphusa rechingeri</i>	Cangrejo de agua dulce
Odonata	Libellulidae	<i>Libellula</i> sp.	Libélula

4. Actividades antrópicas y fuentes potenciales de contaminación

El análisis de campo permitió identificar diversas actividades humanas que amenazan la permanencia de *C. caementarius* y de la biota acuática en el sector Antapucro:

a) Prácticas de captura ilegal. El camarón fue históricamente abundante hasta aproximadamente 2015, pero en la actualidad se encuentra en riesgo de extinción desde la desembocadura hasta Chamana. Además de la pesca manual permitida, se observan prácticas ilegales como el uso de izangas, canastas en épocas de avenida y sustancias tóxicas, que interrumpen el ciclo reproductivo y afectan a individuos de todas las edades.

b) Pasivos ambientales mineros. Se identificaron descargas potenciales de unidades mineras en quebradas como Pampa de Lara, Cochahuayco, La Mina, Tanquiri y Espíritu Santo. Estas descargas, asociadas a actividades formales e informales, incluyen metales pesados y mercurio que pueden acumularse en los camarones y transferirse a lo largo de la cadena trófica, generando riesgos para la salud humana.









 <p>Pejerrey de río <i>Basilichthys orchaeus</i></p>	 <p>Bagre o Life <i>Pigidium p. punctulatum</i></p>
 <p>Lorna de río <i>Eretmobycon peruanus</i></p>	 <p>Carachita <i>Bryconamericus peruanus</i></p>
 <p>Sapo <i>Bufo spinulosus</i></p>	 <p>Camarón de río <i>Cryphiops Caementarius</i></p>
 <p>Cangrejo de agua dulce <i>Pseudothelphusa rechingeri</i></p>	 <p>Libelula <i>Anisoptera</i></p>

Figura 3. Especies de fauna ictiológica

Nota: Elaboración propia a partir de registros de campo, 2024

c) Efluentes domésticos. El colapso de plantas de tratamiento de aguas residuales en centros poblados como Cochahuayco, Espíritu Santo y Chillaco genera descargas de materia orgánica en descomposición (barro anaeróbico), altamente perjudiciales para el camarón, ya que se acumula en zonas de remanso del río.

d) Uso inadecuado de agroquímicos. En cultivos de manzana, membrillo, palta y chirimoya en la parte media y alta de la cuenca, así como en cultivos hortícolas de la zona baja, se emplean plaguicidas como clorpirifos, cipermetrina, dimetoato, imidacloprid y glifosato. Su manejo inadecuado y el retorno de aguas de riego generan un alto riesgo de contaminación, sobre todo durante los periodos de estiaje.

e) Disposición de residuos sólidos. El vertimiento de desechos domésticos en el cauce y quebradas adyacentes contribuye a la contaminación del agua, suelo, aire y biota, comprometiendo la calidad ambiental de la cuenca.

Discusión

El patrón de caudal ecológico medio mensual estimado en Antapucro, con valores que oscilan entre 0,29 m³/s en septiembre y 7,98 m³/s en marzo, subraya la extrema estacionalidad del río Lurín. Este régimen, si bien es natural, evidencia un problema crítico de gobernanza y la insuficiencia del marco regulatorio actual para garantizar el flujo vital durante el estiaje. Aunque la Resolución Jefatural N.º 267-2019-ANA recomienda asignar entre el 10 % y el 15 % del Caudal Medio Anual (MAF), la evidencia científica global (Sedighkia & Abdoli, 2024) y la necesidad de conservar la calidad del agua sugieren que esta proporción es insuficiente para la sostenibilidad ecológica. La baja asignación legal aumenta el riesgo de que el caudal descienda a valores críticos (inferiores a 0,62 m³/s en la estación seca), lo que incrementa la fragmentación de hábitats y la potencial pérdida de *Cryphiops caementarius*, configurando una urgencia que exige una revisión de la política hídrica nacional hacia un modelo multiobjetivo que integre los requerimientos biológicos con la variabilidad interanual (Wang et al., 2023; Zhang et al., 2024).

La contracción observada en el rango altitudinal de *C. caementarius* (entre 1350 y 2000 m.s.n.m.) es un indicador directo de la fragmentación hidrológica y la degradación del hábitat causada por el déficit hídrico en las zonas bajas. Esta reducción en la distribución, que impacta la migración y abundancia juvenil (Reyes-Ávalos, 2023), es el resultado de un fallo administrativo al no controlar la extracción de agua y la contaminación. Por lo tanto, la conservación del camarón no es solo un objetivo ecológico, sino un problema de Ecología Humana que demanda una Administración territorial más eficaz. La eliminación de refugios bentónicos por caudales mínimos insuficientes durante el estiaje se traduce directamente en la pérdida de un recurso económico y alimenticio crucial para las comunidades ribereñas. Los descensos de caudal y sus consecuencias en la biomasa son consistentes con lo observado en otras especies (Beesley et al., 2023).

Las principales amenazas, como la captura ilegal, los pasivos mineros y las descargas domésticas y agrícolas no tratadas, representan fallas severas en el Urbanismo y la Gobernanza local. La acumulación de metales pesados, que excede los límites permisibles en un alarmante 12 900 % durante la época seca (Rahman et al., 2021), es una consecuencia directa de la falta de infraestructura de saneamiento y de la escasa vigilancia sobre los vertimientos. Esta situación compromete la salud pública y la resiliencia de la biota acuática, incluyendo especies bioindicadoras como el pejerrey y el bagre. Para abordar estos desafíos, se requiere integrar los resultados de esta investigación en la planificación de sistemas de alerta temprana y planes de restauración hidrológica (Feng et al., 2024; Yang et al., 2023), asegurando la participación social como un eje fundamental de la gobernanza colaborativa. Además, se deben considerar los desafíos en la gestión de la escorrentía observados en otros sistemas fluviales (Wang et al., 2022; Liu et al., 2024a).

La limitación del estudio, basada principalmente en variables hidrológicas históricas, no minimiza su aporte, sino que define una clara agenda de investigación aplicada para las Ciencias Sociales. Se recomienda enfáticamente que futuros esfuerzos de investigación se centren en integrar variables biológicas, fisicoquímicas y, crucialmente, socioeconómicas (valor del recurso, conflictos de uso) en modelos de caudal. Esto permitirá a la ANA y a las autoridades locales establecer umbrales dinámicos de caudal ecológico y desarrollar estrategias de administración preventiva que contribuyan a la conservación de *C. caementarius* y, por extensión, a la sostenibilidad de toda la cuenca del río Lurín. Las proyecciones

climáticas (Osorio Díaz et al., 2022) deben ser incorporadas para una gestión más proactiva, tal como lo sugieren estudios en gestión hídrica y restauración ecológica (Lv et al., 2024; Pinna et al., 2024).

Consideraciones finales

El análisis de series hidrológicas históricas (1964–2024) permitió estimar el caudal ecológico mensual multianual en el río Lurín, aportando un insumo técnico fundamental para la política hídrica en la cuenca. Los resultados evidencian una marcada estacionalidad hídrica, con valores mínimos críticos en septiembre, lo que refleja la vulnerabilidad del ecosistema frente al déficit en los periodos de estiaje.

Se constató que la especie *Cryphiops caementarius* presenta actualmente una distribución restringida, limitada a zonas medias con hábitats estables. Esta contracción está directamente comprometida por la persistencia de diversas presiones antrópicas, incluyendo la pesca ilegal, vertimientos de origen minero y doméstico, y el uso intensivo de agroquímicos. Esta situación exige una respuesta urgente de Administración y Urbanismo para mitigar la contaminación y asegurar la resiliencia biológica.

En síntesis, este estudio provee una base técnica de ingeniería aplicada para la formulación de políticas locales de gobernanza y gestión hídrica. El conocimiento generado es crucial para establecer estrategias de manejo que garanticen la conservación socioeconómica de *C. caementarius* y, por extensión, promuevan la sostenibilidad de los recursos del río Lurín.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a la Autoridad Nacional del Agua (ANA) y al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) por facilitar el acceso a las bases de datos hidrológicas y climáticas utilizadas en esta investigación. Asimismo, se reconoce el valioso apoyo logístico brindado por la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Federico Villarreal y por el Instituto Especializado de Investigación y Gestión del Agua (INEIGA) de la misma universidad, durante el desarrollo del estudio.

Conflicto de intereses

Ningún conflicto de intereses.

Referencias

- Autoridad Nacional del Agua (ANA). (2019). *Resolución Jefatural N.º 267-2019-ANA: Lineamientos técnicos para la determinación de caudales ecológicos*. Autoridad Nacional del Agua.
- Beesley, L., Marshall, J., & Bond, N. (2023). Longitudinal patterns in amphidromous prawns and the influence of hydrological connectivity in tropical rivers. *Freshwater Biology*, 68(5), 892–905. <https://doi.org/10.1111/fwb.14012>
- Bergbusch, N. T., Saunders, M. D., Leonard, K., St-Hilaire, A., Gibson, R. B., Jardine, T. D., & Courtenay, S. C. (2025). A systematic scoping review of the collaborative governance of environmental and cultural flows. *Environmental Reviews*, 33(1), 1–28. <https://doi.org/10.1139/er-2024-0015>
- Bonada, N., Gallart, F., & Ponsatí, L. (2024). Indicators of ecological status in temporary Mediterranean streams under natural and anthropogenic stressors. *Science of the Total Environment*, 927, 172051. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.172051>
- Environmental Monitoring and Assessment*. (2024). Freshwater salinisation: Unravelling causes, adaptive mechanisms, ecological impacts, and management strategies. <https://doi.org/10.1007/s10661-024-13388-2>

- Zamora Talaverano, N. S., Gómez Lora, J. W., Gómez Escriba, B. P., & Nieto Arboleda, Y. Y. (2025). Caudal ecológico como herramienta de gobernanza y política para la conservación de *Cryphiops caementarius* en el río Lurín. *e-Revista Multidisciplinaria Del Saber*, 3, e-RMS03112025. <https://doi.org/10.61286/e-rms.v3i.283>
- Feng, Y., Zhang, J., & Li, X. (2024). Estimation of ecological flow requirements using probabilistic hydrological models under climate change. *Journal of Hydrology*, 629, 131087. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2024.131087>
- Gao, C., Hao, M., Song, L., Rong, W., Shao, S., Huang, Y., Guo, Y., & Liu, X. (2022). Comparative study on the calculation methods of ecological base flow in a mountainous river. *Frontiers in Environmental Science*, 10, Article 931844. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.931844>
- Gebreegziabher, G. A., Degefa, S., Furi, W., & Legesse, G. (2023). Evolution and concept of environmental flows (e-flows): Meta-analysis. *Water Supply*, 23(6), 2466–2490. <https://doi.org/10.2166/ws.2023.120>
- Instituto Geográfico Nacional (IGN). (2024). *Cartografía digital de las hojas Chosica (24-J), Matucana (24-K), Lurín (25-J) y Huarochirí (25-K)*. IGN.
- Liu, H., Wang, S., & Zhang, Y. (2024a). Ecological flow regulation in tidal estuaries based on sediment transport and salinity constraints. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 303, 108225. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2024.108225>
- Liu, H., Wang, S., Zhang, Y., & Chen, L. (2024b). Human activities and ecohydrological degradation in the Huangshui River Basin: Implications for restoration. *Environmental Monitoring and Assessment*, 196(7), 562. <https://doi.org/10.1007/s10661-024-11922-3>
- Lv, C., Zhang, Q., & Chen, Y. (2024). Reconstruction of natural runoff and ecological flow in the Jinsha River Basin under hydrological variation. *Hydrological Processes*, 38(4), e15012. <https://doi.org/10.1002/hyp.15012>
- Meléndez, A., Rojas, M., & Alarcón, E. (2021). *Determinación de la disponibilidad hídrica en la cuenca del río Lurín mediante modelación hidrológica distribuida*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Ministerio de Agricultura del Perú (MINAG). (2004). *Determinación de la disponibilidad hídrica superficial en cuencas de la sierra del Perú mediante el modelo Lutz Scholz*. Proyecto Plan MERIS II.
- Ndatimana, G., Dusabe, M. C., & Albrecht, C. (2025). Bridging riverine and lacustrine systems: Macroinvertebrate indicators of ecological health in the Rwandan Congo basin. *Environmental Monitoring and Assessment*, 197, 1218. <https://doi.org/10.1007/s10661-025-14641-y>
- Pinazo Beltrán, L., Fernández, R., & Castro, J. (2021). Influencia del caudal ecológico sobre la conservación del camarón *Cryphiops caementarius* en la cuenca Majes-Camaná. *Revista de Ecología Aplicada*, 20(1), 45–59. <https://doi.org/10.21704/rea.v20i1.1560>
- Pinna, M., Cataudella, R., & Arthington, A. (2024). Habitat modelling for macroinvertebrates using Random Forest and flow-ecology indices in Mediterranean rivers. *Ecological Indicators*, 160, 112051. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.112051>
- Rahman, M., Chowdhury, S., & Ahmed, T. (2021). Heavy metal contamination and ecological risk assessment in freshwater sediments: A case study in arid river basins. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(5), 6123–6137. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10795-2>
- Reyes-Ávalos, C. (2023). Adaptación del camarón de río *Cryphiops caementarius* a gradientes de salinidad durante su desarrollo larval. *Revista Peruana de Biología*, 30(1), e21119. <https://doi.org/10.15381/rpb.v30i1.21119>
- Sedighkia, M., & Abdoli, A. (2024). Analyzing the impact of environmental flow indices on protecting the biodiversity of macroinvertebrates. *AQUA – Water Infrastructure, Ecosystems and Society*, 73(2), 302–321. <https://doi.org/10.2166/aqua.2024.324>
- Velásquez, A., Gómez, M., & Salas, P. (2020). Evaluación poblacional del camarón de río (*Cryphiops caementarius*) en ríos costeros del Perú. *Revista Peruana de Hidrobiología*, 28(1), 41–53.

Zamora Talaverano, N. S., Gómez Lora, J. W., Gómez Escriba, B. P., & Nieto Arboleda, Y. Y. (2025). Caudal ecológico como herramienta de gobernanza y política para la conservación de *Cryphiops caementarius* en el río Lurín. *e-Revista Multidisciplinaria Del Saber*, 3, e-RMS03112025. <https://doi.org/10.61286/e-rms.v3i.283>

Velásquez Gallardo, A., Ramírez, C., & Pacheco, R. (2022). Déficit hídrico y demanda insatisfecha en la cuenca del río Lurín: Implicancias para la gestión de recursos hídricos. *Revista del Agua y Desarrollo Sostenible*, 5(2), 77–91.

Velásquez, A., Gallardo, R., & Pacheco, C. (2024). Evaluación de caudales mínimos sostenibles en cuencas andinas semiáridas: Caso del río Lurín. *Revista Peruana de Recursos Naturales*, 9(1), 15–32.

Wang, J., Li, D., & Zhou, S. (2022). Multi-objective ecological flow requirements in the Irtys River for wetland and forest conservation. *Ecohydrology*, 15(2), e2371. <https://doi.org/10.1002/eco.2371>

Wang, X., Zhang, Q., & Liu, B. (2023). Ecologically relevant hydrological indicators (ERHIs) for sustainable river management in the Yangtze Basin. *Journal of Hydrology*, 618, 129351. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.129351>

Yang, T., Zhang, L., & Zhao, J. (2023). Ecological base flow and native fish protection in the Upper Yellow River. *Water Resources Management*, 37(6), 2523–2539. <https://doi.org/10.1007/s11269-023-03456-1>

Zhang, L., Feng, Y., & Liu, X. (2024). Improved range of variability approach for ecological flow assessment under global climate scenarios. *Hydrology Research*, 55(3), 541–560. <https://doi.org/10.2166/nh.2024.077>