

## **SERVICIOS ECOSISTÉMICOS HÍDRICOS Y LOS CUELLOS DE BOTELLA EN SU IMPLEMENTACIÓN EN LA GESTIÓN DEL AGUA POTABLE: UN ESTUDIO EN LA REGIÓN SAN MARTÍN, AMAZONÍA PERUANA**

Javier NORIEGA-MURRIETA<sup>1\*</sup>, Keller SANCHEZ DÁVILA<sup>1</sup>, Jhonny GÁRATE-RÍOS<sup>1</sup>, Percy MARTÍNEZ-DÁVILA<sup>2</sup>, Karina Milagros ORDÓÑEZ-RUIZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad César Vallejo, Carr. Marginal Sur Km. 8.5, Tarapoto, San Martín, Perú.

<sup>2</sup> Universidad Nacional de San Martín, Jr. Amorarca 315, Tarapoto, San Martín, Perú.

\* Correo electrónico: javiernm@ucvvirtual.edu.pe

### **RESUMEN**

La comprensión y gestión de los Servicios Ecosistémicos Hídricos (SEH) son fundamentales para la sostenibilidad de las regiones con ricos ecosistemas. Para comprender la relación entre los servicios ecosistémicos hídricos y los desafíos al implementar proyectos de conservación en la gestión del agua potable en San Martín, Amazonía peruana, se realizó una encuesta a 52 personas clave del ámbito del agua potable, desde responsables de Áreas Técnicas Municipales hasta quienes trabajan en empresas proveedoras. Se diseñaron cuestionarios estructurados, que fueron revisados y validados, lo que permitió asegurar que las preguntas fueran claras y útiles. Al analizar los datos, se emplearon métodos estadísticos como la asociación Gamma y la prueba D de Somers, lo cual facilitó identificar conexiones importantes en torno a una gestión del agua más responsable y sostenible. Los resultados muestran una fuerte evaluación entre servicios ecosistémicos hídricos y cuellos de botella, con factores jurídicos, institucionales, sociales, técnicos, económicos y políticos influyendo considerablemente en la gestión. Los hallazgos subrayan la necesidad de marcos legales sólidos, políticas adecuadas, participación comunitaria y conocimiento técnico para mejorar la sostenibilidad. Por ello, la gestión del agua potable en San Martín requiere un enfoque multidimensional que integre aspectos legales, institucionales, sociales, económicos y técnicos, asegurando la provisión de agua potable y la

conservación de los ecosistemas de esta región biodiversa.

**PALABRAS CLAVE:** Desarrollo sostenible, agua potable, participación comunitaria, planificación ambiental.

## **WATER ECOSYSTEM SERVICES AND THE BOTTLENECKS IN THEIR IMPLEMENTATION FOR DRINKING WATER MANAGEMENT: A STUDY IN THE SAN MARTIN REGION, PERUVIAN AMAZON**

### **ABSTRACT**

Understanding and managing Water Ecosystem Services (WES) are fundamental to the sustainability of ecosystem-rich regions. To understand the relationship between water ecosystem services and the challenges of implementing conservation projects in drinking water management in San Martín, in the Peruvian Amazon, a survey was conducted with 52 key stakeholders in the drinking water sector, ranging from those responsible for Municipal Technical Areas to those working in supplier companies. Structured questionnaires were designed, reviewed, and validated, ensuring that the questions were clear and useful. Data analysis employed statistical methods such as Gamma association and Somers' D test, which helped identify important connections related to more responsible and sustainable water management. The results show a strong correlation between water ecosystem services and bottlenecks, with legal, institutional, social, technical, economic, and political factors significantly influencing management. The findings underscore the need for strong legal frameworks, appropriate policies, community participation, and technical expertise to improve sustainability. Therefore, drinking water management in San Martín requires a multidimensional approach that integrates legal, institutional, social, economic, and technical aspects, ensuring the provision of drinking water and the conservation of ecosystems in this biodiverse region.

**KEY WORDS:** sustainable development, drinking water, community participation, territorial planning.

## INTRODUCCIÓN

La comprensión y gestión de los Servicios Ecosistémicos Hídricos (SEH) son fundamentales para la sostenibilidad de las regiones con ricos ecosistemas como la región amazónica de San Martín. Desde que se acuñó el concepto de servicios ecosistémicos, la valoración y conservación de estos servicios han adquirido una importancia creciente en el discurso ambiental y en la formulación de políticas públicas (Yu & Hua, 2011). San Martín, que contiene una inmensa biodiversidad y complejidad ecosistémica, enfrenta importantes desafíos en la gestión de sus recursos hídricos, lo cual es esencial para garantizar la disponibilidad de agua potable y la salud de sus ecosistemas.

Los servicios ecosistémicos, en especial los que tienen relación con los recursos hídricos, juegan un papel crucial en la regulación de los entornos naturales, mitigando los impactos de actividades humanas y fenómenos naturales que pueden comprometer tanto la salud de las personas, como la integridad de los ecosistemas (Mengist *et al.*, 2020). En zonas urbanas y rurales de la Amazonía, los ecosistemas ofrecen servicios vitales que van desde la regulación del clima hasta el suministro de agua fresca, lo que sustenta la necesidad de una gestión eficaz y sostenible de estos recursos (Brzoska *et al.*, 2021; Philip Robertson & Harwood, 2013).

Un mecanismo prometedor para alinear objetivos ambientales y socioeconómicos en un marco de desarrollo sostenible es el Pago por Servicios Ecosistémicos (PSA), que brinda incentivos para la conservación de ecosistemas que proveen servicios esenciales como la calidad del agua, el hábitat y almacenamiento de carbono (Perevochtchikova *et al.*, 2021; Pfaff *et al.*, 2013). Sin embargo, poner en marcha estos programas enfrenta obstáculos relacionados con aspectos jurídicos, institucionales, sociales,

económicos y de gobernanza, lo que destaca la complejidad de la gestión de los recursos hídricos en la Amazonía (Quintero *et al.*, 2015; El Peruano, 2014).

En la región amazónica de San Martín, la gestión del agua enfrenta estos retos y se ve complicada por la disparidad en la distribución de la población y la variabilidad en la disponibilidad de agua (Li *et al.*, 2023; Burstein-Roda, 2018; Dextre *et al.*, 2022), lo que resalta la importancia de una gestión eficiente y equitativa de los recursos hídricos. Por lo que, la participación y percepción de la población local juegan un papel crucial en la sostenibilidad de las cuencas hidrográficas, siendo necesario integrar la gestión y planificación territorial con el compromiso comunitario (Benegas *et al.*, 2019; Perevochtchikova, 2016).

En este contexto, el conocimiento local emerge como un recurso valioso para entender la salud de los ecosistemas y promover una responsabilidad ambiental compartida, lo que se alinea con la creciente atención hacia la interacción entre la ciencia y las perspectivas globales y locales en la gestión de recursos hídricos (Brondízio *et al.*, 2021; Herrera-Franco *et al.*, 2021). Además, la calidad del agua en la Amazonía, que se ve afectada por factores como el cambio climático y la degradación de los bosques, requiere de un enfoque amplio que considere tanto la ciencia como el conocimiento local para garantizar la sostenibilidad de los recursos hídricos (Campos *et al.*, 2021; Campos *et al.*, 2022; Longo *et al.*, 2020).

Del mismo modo, la percepción acerca del riesgo y la confianza en la calidad del agua potable que consumimos, son determinantes críticos en las decisiones de consumo y en la procura de la sostenibilidad de los sistemas de suministro de agua. La investigación en este aspecto subraya la importancia de considerar la carga de enfermedades asociadas con el agua contaminada

y la vulnerabilidad de las poblaciones (Sköld *et al.*, 2022; Lee *et al.*, 2022; Tian *et al.*, 2019). En consecuencia, la protección de las fuentes que abastecen las empresas de agua potable y la gestión integrada de cuencas son importantes para mejorar la calidad del agua y la sostenibilidad de la provisión de recursos hídricos (Roston & Linnane, 2020; Li *et al.*, 2019).

El presente estudio se justifica por la necesidad de abordar los desafíos en la gestión del agua potable en la Amazonía peruana, considerando la interacción compleja entre los SEH y los obstáculos en su manejo con fines poblacionales. Al analizar de manera integral y correlacionar la influencia de los servicios ecosistémicos hídricos en la gestión del agua potable, este estudio buscó identificar los principales Cuellos de Botella (CdB) y generar conocimiento para contribuir al uso sostenible de los recursos hídricos en la región (Zahid *et al.*, 2022; Ferrante *et al.*, 2023).

La contribución del estudio radica en el uso de métodos estadísticos como la asociación Gamma y la prueba D de Somers, que permitieron identificar las relaciones entre las variables y la priorización clara de los cuellos de botella específicos. La evidencia se produce en un contexto regional claramente definido, proporcionando insumos valiosos para el desarrollo de políticas y estrategias orientadas a asegurar el suministro sostenible de agua potable y la preservación de los ecosistemas en una de las regiones con mayor biodiversidad e importancia ecológica.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Entre julio y diciembre de 2021, se realizó un estudio de diseño no experimental y enfoque cuantitativo del tipo transversal, sin realizar ningún tipo de manipulación de variables (Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación

Tecnológica, 2018; Cohen & Gómez, 2019; Hernández *et al.*, 2018), para determinar la correlación entre los Servicios Ecosistémicos Hídricos (SEH) y los cuellos de botella (CdB) que limitan la ejecución de proyectos de conservación en la gestión sostenible del agua potable, en el contexto amazónico de la región San Martín, Perú.

La muestra fue censal e incluyó a 52 personas, considerando a los responsables de las Áreas Técnicas Municipales (ATM) y las Prestadoras de Servicios de Agua Potable de la categoría pequeñas ciudades, excluyéndose a los representantes de los centros poblados (Cueva, *et al.*, 2023; Otzen & Manterola, 2017).

Para la recolección de datos se emplearon cuestionarios estructurados, construidos a partir de la operacionalización de las variables de estudio, ambos medidos con escala tipo Likert de cinco puntos. La variable CdB fue organizada en seis dimensiones: jurídica, institucional, social, técnica, económica y política. Cada dimensión fue integrada por ítems que exploran percepciones sobre barreras que dificultan la implementación de mecanismos de conservación de fuentes hídricas, particularmente en el marco de los mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos hídricos (MRSEH). En la dimensión jurídica se evaluaron ítems relacionados con la existencia de impedimentos, vacíos o limitaciones legales que dificultan las acciones de conservación o la definición de competencias institucionales. En el componente institucional se exploró la percepción sobre la debilidad de la estructura organizacional y las limitaciones operativas para implementar un MRSEH.

En cuanto a la dimensión social, se incluyeron ítems relacionados con la articulación con la población, la promoción de acciones colectivas para el manejo del agua, la priorización de actores sociales y la existencia de conflictos que interfieren con las acciones de conservación. La dimen-

sión técnica abordó la presencia de vacíos de conocimiento sobre el funcionamiento del MRSEH y la disponibilidad de personal capacitado para su gestión.

La dimensión económica indagó sobre la gestión de recursos financieros, tanto locales como provenientes de instancias nacionales y las limitaciones presupuestales para poner en marcha el mecanismo. Por último, la dimensión política contempló ítems sobre la voluntad política para impulsar iniciativas de conservación y el interés institucional del Estado por integrarse a estos mecanismos.

La variable SEH fue estructurada en cuatro dimensiones: regulación hídrica, rendimiento hídrico, control de sedimentos y educación ambiental. En la dimensión de regulación hídrica se indagó sobre la capacidad del ecosistema para proveer servicios hídricos y su regulación a través de planes establecidos. En el rendimiento hídrico se evaluaron ítems sobre la variabilidad del caudal de agua según la temporada, su vinculación con las acciones de conservación y la existencia de proyecciones del recurso. En cuanto al control de sedimentos, se midieron aspectos como la presencia de planes de contingencia para amortiguar el golpe del agua, su adecuación a las realidades locales y la existencia de políticas y acciones de sensibilización para evitar la erosión de suelos. Finalmente, la dimensión de educación ambiental fue incluida debido a su rol instrumental en el fortalecimiento de capacidades comunitarias para la conservación de ecosistemas hídricos y en el cambio de actitudes y prácticas en comunidades, usuarios y autoridades. Los ítems en esta dimensión exploraron la ejecución de actividades de sensibilización, distribución de materiales educativos, articulación interinstitucional, participación comunitaria y trabajo educativo en centros escolares para fomentar el cuidado del agua y sus ecosistemas.

Por su parte, todos los ítems fueron validados por tres expertos en el área, quienes evaluaron los instrumentos bajo criterios de claridad, objetividad, actualidad, organización, suficiencia, intencionalidad, consistencia, coherencia, metodología y pertinencia. Los promedios obtenidos fueron de 4.6 para los ítems de la variable SEH y 4.4 para los ítems de la variable CdB, en una escala de cinco puntos. La confiabilidad se estableció mediante el coeficiente McDonald's Omega, alcanzando valores de ,956 para los SEH y de ,907 para los CdB en la gestión del agua, asegurando la fiabilidad de las mediciones empleadas en nuestro estudio y la exactitud de los datos obtenidos en la investigación (Hayes & Coutts, 2020).

Por otro lado, para la evaluación de SEH se diseñó un cuestionario de 15 ítems distribuidos en cuatro dimensiones. Los resultados se categorizaron en tres niveles: un puntaje  $\leq 34$  indicó conservación deficiente de los SEH, entre 35 y 54 conservación aceptable, y  $\geq 55$  conservación eficiente. Las dimensiones empleadas fueron regulación hídrica, rendimiento hídrico, control de sedimentos y educación ambiental. En cuanto a la evaluación de los CdB, se estructuró un cuestionario de 16 ítems con seis dimensiones: carácter jurídico, institucional, social, técnico, económico y político. Los puntajes para el análisis se clasificaron en tres rangos:  $\leq 37$  para CdB severos, entre 38 y 58 para CdB moderados y  $\geq 59$  para CdB menores.

Por su parte, los datos obtenidos fueron analizados con el software SPSS v.27, empleándose estadística descriptiva y de frecuencias para obtener una comprensión detallada de la distribución de los datos. Además, se utilizaron medidas de asociación para cuantificar con precisión la relación entre las variables. Se aplicó la medida de asociación simétrica Gamma para evaluar con precisión la magnitud y la orientación de la conexión entre variables ordinales. Además, se

utilizó la prueba D de Somers para determinar el grado de dependencia de una variable con respecto a otra. El análisis permitió la formulación de recomendaciones basadas en evidencias para mejorar las políticas públicas de gestión del agua potable en la zona. Los resultados se presentan en forma de tablas para facilitar su interpretación y comparación con la bibliografía pertinente.

Al mismo tiempo, la investigación se llevó a cabo de acuerdo con las normas éticas internacionales, siguiendo los criterios de la Declaración de Helsinki y los conceptos éticos de respeto a la autonomía, no maleficencia, beneficencia y justicia, esbozados por Beauchamp & Childress (2001). Se garantizó la protección de la privacidad y la integridad de los participantes a quienes se informó debidamente sobre los procedimientos, para garantizar su comprensión y obtener su consentimiento informado.

## RESULTADOS

Del total de los participantes en el presente estudio (52), el 54% ( $n = 28$ ) fueron responsables de las Áreas Técnicas Municipales (ATM) y el 46% ( $n = 24$ ) de Prestadoras de Servicios de Agua Potable de la categoría pequeñas ciudades de la región San Martín del Perú. Por otro lado, con respecto al género se pudo evidenciar que 37 de los participantes han sido de sexo masculino y 15 del sexo femenino.

Los resultados obtenidos (Tabla 1) revelan patrones significativos en la relación entre los SEH y diversas dimensiones de la gestión del agua en la región de San Martín de la Amazonía peruana. Con respecto a la regulación hídrica, aproximadamente la mitad de los encuestados percibieron un nivel medio, mientras que una proporción menor informó altos niveles de regulación. Estos resultados se contrastan con un poco más de una quinta parte que los calificó

como bajos. La estadística de asociación D de Somers indica una fuerte relación direccional (0,761), lo cual es estadísticamente significativo y sugiere que una mayor calidad en los servicios ecosistémicos está asociada con una mejor regulación hídrica.

En cuanto al rendimiento hídrico, los hallazgos muestran una tendencia similar, con la mayor parte de los participantes calificándolo como medio a alto. La medida de asociación D de Somers (0,707) muestra una correlación positiva y significativa. Esto demuestra, según los resultados, que a medida que se incrementa la conservación de los SEH, mejora el rendimiento hídrico en la zona de estudio. Por otro lado, el control de sedimentos también mostró una tendencia donde más de la mitad de los encuestados lo valoraron en un nivel medio, con una minoría percibiendo un alto control de sedimentos. La fuerte medida de asociación D de Somers de 0,735 respalda la significancia estadística de estos resultados, enfatizando la importancia de conservar los servicios ecosistémicos para un control de sedimentos efectivo.

Asimismo, la educación ambiental tuvo la relación más fuerte con los SEH, como lo demuestra el mayor valor de D de Somers (0,823). Aunque un porcentaje considerable de los encuestados evaluaron la educación ambiental como baja, aquellos que informaron niveles más altos de servicios ecosistémicos tendieron a percibir también una mayor calidad en la educación ambiental. En conjunto, estos resultados subrayan una asociación positiva y estadísticamente significativa entre los niveles de SEH y las dimensiones evaluadas de la gestión del agua. Esto refleja que mejoras en la conservación y el manejo de los ecosistemas hídricos pueden tener un impacto directo y favorable en la regulación, rendimiento y educación ambiental relacionados con los recursos hídricos en la región San Martín de la Amazonía peruana, destaca-

**Tabla 1.** Relación entre el nivel de SEH con la regulación hídrica, rendimiento hídrico, control de sedimentos y educación ambiental. \*p-valor: Chi-cuadrado ( $\chi^2$ )

	Nivel de SEH						* p-valor	D de Somers		
	Bajo		Medio		Alto					
	%	n	%	n	%	n				
Regulación hídrica	23,1	12	46,2	24	30,8	16	<0.001	0,761		
Rendimiento hídrico	21,2	11	40,4	21	38,5	20	<0.001	0,707		
Control de sedimentos	30,8	16	55,8	29	13,5	7	<0.001	0,735		
Educación ambiental	36,5	19	40,4	21	23,1	12	<0.001	0,823		
SEH	28,8	15	51,9	27	19,2	10				

cando la interdependencia entre los ecosistemas naturales y la gestión del agua potable en la región.

Los resultados presentados en la tabla 2 reflejan la relación entre el nivel de CdB en la gestión del agua potable y varios factores característicos, incluyendo aspectos jurídicos, institucionales, sociales, técnicos, económicos y políticos. En cuanto al carácter jurídico, más de la tercera parte de los encuestados perciben CdB en nivel medio, con un valor  $p < 0.001$  y una medida D de Somers de 0.838, indicando una relación fuerte y significativa. Por otro lado, el carácter institucional muestra que más del 40% perciben CdB bajos, con un valor  $p < 0.001$  y una medida D de Somers de 0.576, lo que también sugiere una relación significativa, aunque menos fuerte comparada con el carácter jurídico.

Asimismo, en el carácter social y técnico, aproximadamente las dos terceras partes de los encuestados perciben CdB en un nivel medio, con un valor  $p < 0.001$  y una medida D de Somers de 0.790 y 0.721, respectivamente, reflejando una relación considerablemente significativa y fuerte. Con respecto al carácter económico, cerca de la mitad de los encuestados perciben niveles medio en los CdB, con un

valor  $p < 0.001$  y una medida D de Somers de 0.804, indicando una fuerte y significativa correlación. Por último, el carácter político muestra que cerca de la tercera parte de los encuestados perciben CdB bajos, con un valor  $p < 0.001$  y una medida D de Somers de 0.687, reflejando una relación significativa y considerable.

La tabla 3 de medidas simétricas muestra la asociación entre los SEH y los CdB en la gestión del agua potable utilizando la métrica Gamma. Con el objetivo de verificar la validez de la asociación reportada entre los SEH y CdB, se construyó una tabla de contingencia categorizando ambas variables en tres niveles ordinales. Para SEH: deficiente (1), aceptable (2) y eficiente (3); y para CdB: severos (1), moderados (2) y menores (3). A partir de dicha tabla se aplicaron los estadísticos Gamma y D de Somers, ambos apropiados para variables cualitativas ordinales. El valor de Gamma es 1.000, sugiere una relación extremadamente fuerte y positiva entre las variables. El error estándar asintótico es 0.000, y la T aproximada es 8.871, con una significación aproximada de 0.000. Estos resultados indican que la relación observada es altamente significativa desde el punto de vista estadístico, con un p-valor muy por debajo del comúnmente aceptado de 0.05.

**Tabla 2.** Relación entre el nivel de CdB con carácter jurídico, carácter institucional, carácter social, carácter técnico, carácter económico y carácter político. \*p-valor: Chi-cuadrado ( $\chi^2$ )

	Nivel de SEH						* p-valor	D de Somers		
	Bajo		Medio		Alto					
	%	n	%	n	%	n				
Carácter jurídico	32,7	17	38,5	20	28,8	15	<0.001	0,838		
Carácter institucional	40,4	21	32,7	17	26,9	14	<0.001	0,576		
Carácter social	21,2	11	63,5	33	15,4	8	<0.001	0,790		
Carácter técnico	30,8	16	59,6	31	9,6	5	<0.001	0,721		
Carácter económico	23,1	12	48,1	25	28,8	15	<0.001	0,804		
Carácter político	28,8	15	36,5	19	34,6	18	<0.001	0,687		
CdB	21,2	11	61,5	32	17,3	9				

**Tabla 3.** Medidas simétricas de asociación Gamma: variables SEH y CdB. <sup>a</sup> No se presupone la hipótesis nula. <sup>b</sup> Utilización del error estándar asintótico que presupone la hipótesis nula.

	Valor	Error estándar asintótico <sup>a</sup>	T aproximada <sup>b</sup>	Significación aproximada
Ordinal por ordinal Gamma	1,000	0,000	8,871	0,000
N de casos válidos	52			

La tabla 4 de medidas direccionales presenta los resultados de la prueba D de Somers, que evalúa la relación direccional entre los SEH y los CdB en la gestión del agua potable. En ese sentido, cuando los SEH se consideran como la variable dependiente, el valor de D de Somers es 0.928, con un error estándar asintótico de 0.031, una T aproximada de 8.871 y una significación aproximada de 0.000. Este resultado sugiere una relación direccional muy fuerte y significativa, indicando que los CdB impactan significativamente en los SEH. Entonces, el nivel de predicción que tenemos, utilizando las variables CdB como independiente y SEH como dependiente es muy alto, en vista que se acerca a 1 (0.928), entonces la fuerza de predicción es muy alta. Este hallazgo respalda empíricamente la direccionalidad planteada en el diseño del es-

tudio, y refuerza la robustez de la relación entre ambas variables cuando se analizan en su forma categorizada ordinal.

## DISCUSIÓN

Los resultados revelan que existe una asociación significativa entre los SEH y los CdB, sustentada en una estructura ordinal clara. El valor Gamma de 1.000 indica una relación directa, mientras que el coeficiente D de Somers (0.832), con SEH como variable dependiente, confirma que los niveles de CdB son altamente predictivos de la percepción sobre los servicios ecosistémicos hídricos. El análisis por dimensiones permitió observar que los factores jurídicos, sociales, técnicos, económicos, políticos e institucionales influyen en diferentes grados sobre los

**Tabla 4.** Medidas direccionales con la prueba D de Somers: variables SEH y CdB. <sup>a</sup> No se presupone la hipótesis nula. <sup>b</sup> Utilización del error estándar asintótico que presupone la hipótesis nula.

Ordinal por ordinal	D de Somers		Valor	Error estándar asintótico <sup>a</sup>	T aproxima-dad <sup>b</sup>	Significación aproximada
		Simétrico	0,877	0,049	8,871	0,000
SEH dependiente	0,928	0,031	8,871	0,000	8,871	0,000
CdB dependiente	0,832	0,070	8,871	0,000	8,871	0,000

SEH. En particular, el análisis de la dimensión jurídica obtuvo una medida D de Somers de 0.838, lo cual revela que la existencia de vacíos legales, impedimentos normativos o limitaciones en el diseño de competencias institucionales están asociadas con restricciones en la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos hídricos. Lo anterior confirma lo manifestado por Quintero *et al.* (2015), quienes destacan que los desafíos institucionales y jurídicos en la implementación de mecanismos de PSA, pueden ser un obstáculo crítico para la gestión efectiva de los recursos hídricos. Asimismo, la dimensión institucional mostró correlaciones que reflejan cómo las percepciones de debilidad estructural y baja operatividad de las instituciones, inciden negativamente sobre la gestión de los SEH. Aunque el estudio no midió explícitamente conceptos como “fortaleza institucional” o “coherencia organizativa”, sí se abordaron aspectos relacionados con la capacidad de las organizaciones para implementar mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos, lo cual justifica las afirmaciones sobre su influencia negativa en la sostenibilidad hídrica.

Asimismo, Las dimensiones social y técnica, por su parte, exhibieron correlaciones relevantes. Las percepciones sobre la falta de articulación con la población, la escasa promoción de

acciones colectivas y la existencia de vacíos en conocimientos técnicos sobre el funcionamiento de los servicios ecosistémicos y las acciones necesarias para su conservación, evidencian barreras significativas para garantizar la continuidad y eficacia de estos servicios. Esto concuerda con los hallazgos de Benegas *et al.* (2019) y Perevochtchikova (2016), quienes enfatizan la importancia de integrar la gestión y planificación territorial con el compromiso comunitario. Además, el involucramiento de la población local, como se menciona en los estudios de Brondízio *et al.* (2021) y Herrera-Franco *et al.* (2021), puede ser esencial para abordar estos desafíos de manera más efectiva y sostenible.

Por otro lado, respecto a la dimensión económica, los encuestados reportan que las restricciones presupuestales y la falta de gestión de recursos financieros —aspectos evaluados directamente mediante ítems del cuestionario— son elementos críticos que dificultan la implementación efectiva de acciones de conservación. En paralelo, la dimensión política mostró que la percepción de ausencia de voluntad institucional para impulsar iniciativas de conservación afecta la eficiencia de los SEH, lo que resalta la importancia del liderazgo público y del compromiso estatal en contextos amazónicos. Esto se afirma con lo mencionado por Perevochtchikova

*et al.* (2021) y Pfaff *et al.* (2013) quienes señalan estas dificultades, y los resultados de este estudio refuerzan la necesidad de abordar estos aspectos para mejorar la gestión del agua en San Martín. En última instancia, aunque el estudio incluyó una dimensión denominada educación ambiental como parte del constructo SEH, se reconoce que este componente podría interpretarse como un factor instrumental más que un servicio ecosistémico en sentido estricto. No obstante, su inclusión respondió a la necesidad de explorar cómo las actividades de sensibilización, formación y participación ciudadana inciden en la conservación de los ecosistemas que contienen las fuentes abastecedoras de agua y en la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos hídricos necesarios para la provisión del servicio de agua potable. Por ello, se recomienda que futuras investigaciones puedan redefinir esta dimensión o analizarla de manera separada como variable mediadora o moderadora del vínculo entre gobernanza y sostenibilidad hídrica.

La fuerte correlación entre los SEH y los CdB indica que cualquier estrategia de gestión del agua potable debe fortalecer los SEH; en línea con Mengist *et al.* (2020) y Brzoska *et al.* (2021), quienes destacan el papel crítico de los SEH en la regulación y el suministro de agua segura. También, la calidad del agua afectada por el cambio climático y la degradación de los bosques requiere una atención especial, por ello Campos *et al.* (2021; 2022) y Longo *et al.* (2020) han demostrado cómo estos factores impactan la disponibilidad y calidad del agua; sugiriendo que la protección de las fuentes de agua potable y la gestión integrada de cuencas son estrategias esenciales para mejorar la calidad del agua y asegurar la sostenibilidad de los recursos hídricos en la región. Finalmente, los resultados indican que la gestión de los SEH y los CdB es una tarea compleja que requiere un en-

foque multidisciplinario, siendo la integración de políticas claras, participación comunitaria, conocimiento local, y consideraciones económicas y políticas; fundamental para enfrentar estos desafíos y asegurar la sostenibilidad del agua potable y la salud de los ecosistemas en la región.

## CONCLUSIONES

Este estudio proporciona evidencia empírica sobre la influencia significativa de los cuellos de botella (CdB) en la percepción de eficiencia de los servicios ecosistémicos hídricos (SEH) y la gestión del agua potable en la región amazónica de San Martín, Perú. Los resultados revelan asociaciones relevantes entre las dimensiones jurídica, institucional, técnica, social, económica y política de los CdB con los SEH, identificándose las debilidades normativas e institucionales, la limitada capacidad técnica y operativa, la escasez de recursos financieros y la baja voluntad política como los principales factores restrictivos para la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos vinculados al agua.

Los hallazgos demuestran que la reducción de los CdB se asocia con percepciones más favorables sobre la eficiencia de los SEH, subrayando la necesidad de implementar intervenciones coordinadas y multisectoriales para optimizar la gestión del agua potable en contextos amazónicos.

No obstante, se identifica como aspecto controvertible la inclusión de la dimensión de educación ambiental dentro del constructo de los SEH. Aunque la sensibilización y participación ciudadana constituyen elementos fundamentales para la sostenibilidad ecosistémica, se recomienda que investigaciones futuras analicen este componente como factor mediador o externo, en lugar de integrarlo directamente en la medición de los SEH, considerándolo más bien

en el contexto de una gestión integral del servicio de agua potable.

El estudio reconoce limitaciones metodológicas relacionadas con el tamaño muestral y el uso de datos auto-reportados, factores que podrían haber introducido sesgos en la estimación de los CdB. Por tanto, se sugiere que futuras investigaciones amplíen el número de observaciones, incorporen enfoques metodológicos mixtos y repliquen el análisis en otros contextos amazónicos para fortalecer la validez externa y la generalización de los resultados obtenidos

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Beauchamp, T.L.; Childress, J.F. 2001. *Principles of biomedical ethics* (5th ed.). Oxford University Press. 415pp.
- Benegas, N.L.; Vilades, R.M.; Rios, R.N. 2019. *Planificación basada en el servicio ecosistémico hídrico ante la vulnerabilidad al cambio climático en la región hidrográfica del estero Jaltepeque, El Salvador*. V Congreso Nacional y 1er Latinoamericano Manejo de Cuencas Hidrográficas. Memorias en Extenso, Volumen I. México. 9pp.
- Brondízio, E.S.; Aumeeruddy-Thomas, Y.; Bates, P.; Cariño, J.; Fernández-Llamazares, Á.; Ferrari, M.; ...; Shrestha, U.B. 2021. Locally based, regionally manifested, and globally relevant: indigenous and local knowledge, values, and practices for nature. *Annual Review of Environment and Resources*, 46(1), 481-509. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-012220-012127>
- Brzoska, P.; Grunewald, K.; Bastian, O. 2021. A multi-criteria analytical method to assess ecosystem services at urban site level, exemplified by two German city districts. *Ecosystem Services*, 49, 101268. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101268>
- Burstein-Roda, T. 2018. Reflexiones sobre la gestión de los recursos hídricos y la salud pública en el Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35(2), 297-303. DOI: <https://dx.doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3641>
- Cohen, N.; Gómez, G. 2019. *Metodología de la investigación, ¿para qué?: la producción de los datos y los diseños*. Editorial Teseo. 277pp.
- Campos, C.A.; dos Santos, P.S.; da Conceição, D.; de Oliveira, M.; Araújo, L.; Souza, M.d.L.; do Nascimento, T.; Bentes, B. 2021. Evaluation of the genotoxicity in fish erythrocytes to diagnose the water quality of two amazonian estuaries using the micronucleus test and comet assay. *Research Square*. DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-849055/v2>
- Campos, C.A.; dos Santos, P.S.; da Conceição, D.; de Oliveira, M.; AraújoCunha, L.; Souza, M.d.L.; do Nascimento, T.; Bentes, B. 2022. Genotoxicity assessment in two amazonian estuaries using the *plagioscion squamosissimus* as a biomonitor. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(27), 41344-41356. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-022-18767-1>
- El Peruano. 2014. *Ley 30215: Ley de mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos*. Congreso de la República del Perú. Diario Oficial El Peruano del 11 de junio de 2014. 3pp.
- Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica. 2018. Resolución de Presidencia N° 215 - 2018 - CONCYTEC-P del 16 de noviembre del 2018. *Reglamento de Calificación, Clasificación y Registro de los Investigadores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica - SINACYT*. 23pp.
- Cueva, T.; Jara, O.; Arias, J.L.; Flores, F.A.; Balmaceda, C.A. 2023. *Métodos mixtos de investigación para principiantes*. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y

- Tecnología Inudi Perú. DOI: <https://doi.org/10.35622/inudi.b.106>
- Dextre, R.M.; Eschenhagen, M.L.; Hernández, M.C.; Rangecroft, S.; Clason, C.; Couldrick, L.; Morera, S. 2022. Payment for ecosystem services in Peru: Assessing the socio-ecological dimension of water services in the upper Santa River basin. *Ecosystem Services*, 56, 101454. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2022.101454>
- Ferrante, L.; Getirana, A.; Baccaro, F.B.; Schöngart, J.; Leonel, A.C.M.; Gaiga, R.; ...; Fearnside, P.M. 2023. Effects of amazonian flying rivers on frog biodiversity and populations in the atlantic rainforest. *Conservation Biology*, 37(3). DOI: <https://doi.org/10.1111/cobi.14033>
- Hayes, A.F.; Coutts, J.J. 2020. Use Omega Rather than Cronbach's Alpha for Estimating Reliability. But... *Communication Methods and Measures*, 14(1), 1-24. DOI: <https://doi.org/10.1080/19312458.2020.1718629>
- Hernández-Sampieri, R.; Mendoza, C. 2018. *Metodología de la investigación - Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Editorial Mc Graw Hill Education (6a. Edición). 752 pp.
- Herrera-Franco, G.; Montalván-Burbano, N.; Mora-Frank, C.; Bravo-Montero, L. 2021. Scientific research in ecuador: a bibliometric analysis. *Publications*, 9(4), 55. DOI: <https://doi.org/10.3390/publications9040055>
- Lee, D.; Gibson, J.M.; Brown, J.; Habtewold, J.; Murphy, H.M. 2022. Burden of disease from contaminated drinking water in countries with high access to safely managed water: a systematic review. *Water Research*, 242. DOI: <https://doi.org/10.1101/2022.03.03.22271862>
- Li, M.; Li, S.; Liu, H.; Zhang, J. 2023. Balancing Water Ecosystem Services: Assessing Water Yield and Purification in Shanxi. *Water*, 15(18), 3261. DOI: <https://doi.org/10.3390/w15183261>
- Li, H.; Smith, C.; Wang, L.; Zheng, L.; Xiong, C.; Zhang, R. 2019. Combining spatial analysis and a drinking water quality index to evaluate monitoring data. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(3), 357. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph16030357>
- Longo, M.; Saatchi, S.; Keller, M.; Bowman, K.W.; Ferraz, A.; Moorcroft, P. R.; ...; Vincent, G. 2020. Impacts of degradation on water, energy, and carbon cycling of the amazon tropical forests. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 125(8). DOI: <https://doi.org/10.1029/2020jg005677>
- Mengist, W.; Soromessa, T.; Feyisa, G.L. 2020. A global view of regulatory ecosystem services: existed knowledge, trends, and research gaps. *Ecological Processes*, 9(1). DOI: <https://doi.org/10.1186/s13717-020-00241-w>
- Otzen, T.; Manterola, C. 2017. Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology*, 35(1), 227-232. 6pp.
- Perevochtchikova, M. 2016. *Estudio de los efectos del programa de pago por servicios ambientales.: Experiencia en Ajusco*, México. 1<sup>a</sup>. Ed. El Colegio de México. 252pp.
- Perevochtchikova, M.; Castro-Díaz, R.; Langley-Flores, A.; Von Thaden, J. 2021. A systematic review of scientific publications on the effects of payments for ecosystem services in Latin America, 2000–2020. *Ecosystem Services*, 49, 101270. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101270>
- Pfaff, A.; Amacher, G.S.; Sills, E.O.; Coren, M.J.; Streck, C.; Lawlor, K. 2013. Deforestation and Forest Degradation: Concerns, Causes, Policies, and Their Impacts. *Encyclopedia of Energy, Natural Resource, and Environmental Economics*, 2, 144-149. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-375067-9.00052-8>
- Philip Robertson, G.; Harwood, R.R. 2013.

- Agriculture, Sustainable. Encyclopedia of Biodiversity: Second Edition*, 111-118. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384719-5.00287-2>
- Quintero, M.; Pareja, P. 2015. *Estado de Avance y Cuellos de Botella de los Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos Hidrológicos en Perú*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 50pp.
- Rolston, A.; Linnane, S. 2020. Drinking water source protection for surface water abstractions: an overview of the group water scheme sector in the republic of ireland. *Water*, 12(9), 2437. DOI: <https://doi.org/10.3390/w12092437>
- Sköld, N.; Bergion, V.; Lindhé, A.; Keucken, A.; Rosén, L. 2022. Risk-based evaluation of improvements in drinking water treatment using cost-benefit analysis. *Water*, 14(5), 782. DOI: <https://doi.org/10.3390/w14050782>
- Tian, P.; Wu, H.; Yang, T.; Zhang, W.; Jiang, F.; Zhang, Z.; Jiang, F.; Zhang, Z.; Wu, T. 2019. Environmental risk assessment of accidental pollution incidents in drinking water source areas: a case study of the Hongfeng lake watershed, China. *Sustainability*, 11(19), 5403. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11195403>
- Yu, Z.; Hua, B. 2011. The key problems and future direction of ecosystem services research. *Energy Procedia*, 5, 64-68. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2011.03.012>
- Zahid, R.M.A.; Khurshid, M.; Khan, W.; Hong, Z.; Kasule, H. 2022. Awareness level of business students regarding drinking water safety and associated adulteration accidents: a multinomial logistic regression approach. *Journal of Environmental and Public Health*, 2022(492409), 1-12. DOI: <https://doi.org/10.1155/2022/7492409>

**Recibido:** 27 de agosto de 2024 **Aceptado para publicación:** 12 de diciembre de 2024