



Compensación por servicios ecosistémicos hídricos y conservación del caudal en la quebrada Cachiyacu, San Martín - Perú

Compensation for water ecosystem services and flow conservation in the Cachiyacu stream, San Martín, Peru

Chinchay-Alza, William Francisco^{1*}

¹Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú

Recibido: Abr 19. 2025 | **Aceptado:** 16 Jun. 2025 | **Publicado:** 20 Jul. 2025

Autor de correspondencia*: w.chichayal@unsm.edu.pe

Como citar este artículo: Chinchay-Alza, W. F. (2025). Compensación por servicios ecosistémicos hídricos y conservación del caudal en la quebrada Cachiyacu, San Martín - Perú. *Revista Amazónica de Ciencias Ambientales y Ecológicas*, 4(2), e859.
<https://doi.org/10.51252/reacae.v4i2.e1096>

RESUMEN

El presente estudio analiza la percepción de la población del distrito de San Antonio de Cumbaza sobre la conservación del recurso hídrico de la quebrada Cachiyacu y su disposición a participar en un mecanismo de retribución por servicios ecosistémicos hidrológicos (SEH). Se aplicaron encuestas a 17 pobladores distribuidos en las zonas alta, media y baja de la microcuenca, complementadas con datos meteorológicos y cartográficos. Los resultados revelan que el 88,24% de los encuestados considera que la agricultura, la deforestación y la extracción de agregados son las principales causas del deterioro del caudal. Asimismo, el 94,12% manifestó su voluntad de participar en acciones de conservación y un 88,24% expresó su disposición a pagar por el SEH. El análisis meteorológico mostró una tendencia a la disminución de precipitaciones entre 2012 y 2021, afectando directamente la disponibilidad del recurso. Se concluye que existe una base social favorable para implementar mecanismos de conservación del agua, siempre que estén adaptados al contexto económico local y gestionados de manera transparente. Estos hallazgos respaldan la necesidad de políticas públicas que integren la participación comunitaria en la gestión sostenible de microcuencas.

Palabras clave: caudal hídrico; percepción social; quebrada Cachiyacu; retribución económica; servicios ecosistémicos

ABSTRACT

This study analyzes the perception of residents in the district of San Antonio de Cumbaza regarding the conservation of water resources from the Cachiyacu stream and their willingness to participate in a hydrological ecosystem services (HES) compensation mechanism. Surveys were conducted with 17 residents across the upper, middle, and lower zones of the micro-watershed, complemented by meteorological and cartographic data. Results show that 88.24% of respondents identified agriculture, deforestation, and aggregate extraction as the main causes of stream degradation. Additionally, 94.12% expressed a willingness to participate in conservation efforts, and 88.24% were open to contributing financially to HES. Meteorological analysis revealed a downward trend in rainfall between 2012 and 2021, directly impacting water availability. The findings suggest a strong social foundation for implementing water conservation mechanisms, provided they are tailored to local economic conditions and managed with transparency. This highlights the need for public policies that incorporate community engagement in the sustainable management of micro-watersheds.

Keywords: water flow; social perception; Cachiyacu stream; economic compensation; ecosystem services



1. INTRODUCCIÓN

La creciente degradación de los ecosistemas hídricos como resultado del cambio climático y la expansión de las actividades humanas representa una amenaza directa para la sostenibilidad de los recursos naturales esenciales, especialmente en regiones tropicales con alta biodiversidad (A. K et al., 2023; Abbass et al., 2022; Ojija & Nicholaus, 2023). El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2014) advierte que los fenómenos hídricos extremos, como sequías y crecidas repentinas, son cada vez más frecuentes e intensos, comprometiendo la estabilidad ecológica de las cuencas hidrográficas y afectando el bienestar de las comunidades dependientes de ellas. En este contexto, la protección de áreas naturales cobra una relevancia estratégica al actuar como amortiguadores ecológicos que proporcionan servicios ecosistémicos fundamentales, tales como la regulación del ciclo hidrológico y la provisión de agua de calidad (Córdoba Hernández & Camerin, 2024; Kumar et al., 2024).

La región San Martín, ubicada en la Amazonía peruana, experimenta una presión creciente sobre sus recursos hídricos debido a la expansión de la frontera agrícola y la deforestación en zonas de cabecera de cuenca, prácticas que generan externalidades negativas como erosión acelerada y disminución en la recarga de acuíferos (Puelles Chuquizaya, 2023). Estas condiciones son particularmente evidentes en la microcuenca de la quebrada Cachiyacu, cuyo caudal ha disminuido notablemente en las últimas décadas, afectando tanto la oferta hídrica como la estabilidad ecológica del ecosistema (EMAPA San Martín, 2023). Esta situación se agrava por la ocupación de áreas ribereñas con fines habitacionales y el uso intensivo del suelo para actividades agropecuarias.

Estudios nacionales e internacionales han propuesto mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos hídricos (MRSEH) como instrumentos económicos eficaces para incentivar la conservación y gestión sostenible de los recursos naturales (Dextre et al., 2022; Rodríguez-de-Francisco et al., 2019; Sadgui & Khattabi, 2024). Estos mecanismos consisten en compensaciones económicas que se otorgan a quienes mantienen o restauran servicios ecosistémicos, generando beneficios para terceros (Le et al., 2024; van den Burg et al., 2022). En el caso peruano, la Ley N.º 30215 promueve estos esquemas de manera participativa y descentralizada, con especial énfasis en el fortalecimiento del vínculo entre los usuarios del recurso y los proveedores del servicio ambiental.

La aplicación de MRSEH requiere una comprensión precisa de las dinámicas sociales y ecológicas del territorio, así como de la percepción local sobre el valor del agua como bien público. Investigaciones previas han evidenciado que la disposición a pagar (DAP) por parte de la población puede estar influenciada por factores como el ingreso familiar, el nivel educativo, la percepción de escasez y la calidad del recurso hídrico (Makwinja et al., 2022; Rodríguez-Tapia et al., 2017). Asimismo, el éxito de estos mecanismos depende de la existencia de estructuras institucionales eficaces, como las Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento (JASS), que canalicen los recursos hacia acciones concretas de conservación (Magán et al., 2023).

En el caso de la quebrada Cachiyacu, la problemática ambiental ha motivado el interés por explorar la implementación de un MRSEH como estrategia para la preservación de su caudal. Los estudios de EMAPA San Martín (2023) señalan que la deforestación en las zonas altas y la expansión agrícola intensiva están alterando el régimen hidrológico, reduciendo la capacidad de retención de agua y afectando la disponibilidad para usos domésticos y productivos. La situación es crítica en temporadas secas, donde la oferta hídrica no logra cubrir la demanda local, generando conflictos y reduciendo la calidad de vida de la población.

En este contexto, el presente estudio busca aportar evidencia empírica sobre la viabilidad social y técnica de establecer un mecanismo de retribución por servicios ecosistémicos hídricos en la microcuenca de la

quebrada Cachiyacu. Para ello, se ha considerado la percepción de los pobladores, su disposición a participar y pagar por la conservación del recurso, así como los principales factores de deterioro del ecosistema. La investigación combina el análisis estadístico de datos sociodemográficos con herramientas de valoración ambiental y metodologías participativas.

En consecuencia, el objetivo general del estudio fue: conocer el mecanismo de compensación por servicio ecosistémico hidrológico para la conservación del caudal de la quebrada Cachiyacu, distrito de San Antonio de Cumbaza, considerando la percepción de los actores locales, su disposición al pago y la caracterización del ecosistema afectado.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Tipo y nivel de investigación

La presente investigación se enmarcó en un enfoque cuantitativo de tipo aplicado, con un diseño no experimental y un nivel descriptivo-exploratorio. La investigación aplicada permitió generar conocimiento útil para proponer soluciones a una problemática ambiental concreta, mientras que el diseño descriptivo-exploratorio facilitó la caracterización de variables como la percepción ciudadana sobre el recurso hídrico y su disposición a participar en esquemas de compensación. El diseño no experimental transversal implicó la recolección de datos en un único momento, sin manipulación deliberada de variables, permitiendo establecer asociaciones entre estas (Hernández Sampieri et al., 2014).

2.2. Área de estudio

El estudio se realizó en la microcuenca de la quebrada Cachiyacu, ubicada en el distrito de San Antonio de Cumbaza, provincia y región San Martín, Perú. Esta zona comprende una superficie aproximada de 93,03 km² y presenta una topografía variada con zonas altas, medias y bajas, caracterizadas por una cobertura forestal en retroceso, presencia de cultivos agrícolas, ganadería y asentamientos humanos. La quebrada constituye una fuente importante de abastecimiento hídrico para usos domésticos y productivos en el distrito, razón por la cual se consideró prioritaria su conservación.

2.3. Población y muestra

La población objeto del estudio estuvo conformada por los habitantes y propietarios de predios ubicados en el área de influencia directa de la quebrada Cachiyacu. Se utilizó un muestreo estratificado por zonas geográficas (alta, media y baja) para garantizar la representatividad espacial. La muestra total estuvo compuesta por 17 personas, seleccionadas con base en su vinculación directa con el ecosistema hídrico y su conocimiento del entorno. Este enfoque permitió recoger información contextualizada y relevante sobre las actividades humanas y la percepción del deterioro ambiental.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se aplicaron encuestas estructuradas como instrumento principal de recolección de datos, las cuales fueron validadas previamente mediante juicio de expertos. Las encuestas incluyeron preguntas cerradas sobre variables sociodemográficas, percepción de la calidad y cantidad del agua, actividades económicas, prácticas que afectan el ecosistema y disposición a pagar por un mecanismo de retribución. La aplicación se realizó de manera presencial durante visitas de campo, respetando los protocolos de bioseguridad establecidos por la pandemia de COVID-19.

2.5. Variables del estudio

Se consideraron dos variables principales:

Variable independiente: Mecanismo de retribución por servicios ecosistémicos hídricos.

Variable dependiente: Conservación del caudal de la quebrada Cachiyacu.

Asimismo, se incluyeron variables secundarias relacionadas con aspectos socioeconómicos (ingreso mensual, nivel educativo, tiempo de residencia, ocupación) y ambientales (tipo de fuente de agua, percepción de calidad y cantidad del recurso).

2.6. Análisis estadístico

Para el análisis de los datos se utilizó estadística descriptiva (frecuencias, porcentajes) y se aplicó la prueba ANOVA mediante el software SPSS v25, con el fin de contrastar las diferencias significativas entre las zonas geográficas respecto a la disposición a pagar y su asociación con la percepción sobre el caudal. Además, se contrastó una hipótesis estadística mediante prueba de proporciones, evaluando la relación entre el mecanismo de retribución y la conservación del caudal con un nivel de confianza del 95%.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Diagnóstico socioeconómico e identificación de fuentes de agua

La caracterización socioeconómica de los encuestados evidenció que las actividades económicas predominantes en el distrito de San Antonio de Cumbaza están orientadas al sector agropecuario. Los predios evaluados se dedican principalmente al cultivo de productos como maní, yuca y plátano, así como a la crianza de ganado vacuno. Esta dependencia directa de los recursos naturales, en especial del agua, resalta la necesidad de conservar los servicios ecosistémicos provistos por la microcuenca Cachiyacu.

En cuanto al abastecimiento hídrico, se identificaron tres quebradas que sirven como fuentes principales para las localidades del distrito: Andela Ishpa para San Antonio, Huañusha Isla para La Banda de Cumbaza y Canela Ishpa para San Pedro de Cumbaza. Estas fuentes forman parte de la red hidrológica de la microcuenca Cachiyacu, actualmente sometida a presiones antrópicas, particularmente en las zonas de cabecera.

En respuesta a la creciente escasez y a la deficiente calidad del agua, la administración local ha promovido el proyecto “Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado” (CUI: 2479632), el cual contempla la instalación de una Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) que empleará caudales de la quebrada Cachiyacu. Este proyecto busca garantizar un suministro uniforme y seguro para San Antonio y San Pedro de Cumbaza.

3.2 Perfil sociodemográfico y económico de la población usuaria

El perfil de los 17 encuestados muestra una población compuesta predominantemente por adultos mayores, con edades entre 46 y 78 años. El grupo más representado corresponde a personas entre 65 y 70 años, lo que refleja una fuerte relación con el territorio y un conocimiento empírico profundo sobre los cambios ambientales observados en la microcuenca a lo largo del tiempo.

La distribución por sexo se encuentra relativamente equilibrada: 52,94% hombres y 47,05% mujeres, lo cual permite un análisis equitativo de las percepciones sociales. En términos educativos, el 70,58% de los participantes alcanzó solo la educación primaria y el 29,42% la secundaria. No se reportaron estudios superiores, lo que podría limitar la comprensión de conceptos técnicos y la participación en procesos de gestión ambiental participativa.

Respecto al tiempo de residencia, se observó que más del 50% ha vivido en la zona por más de 60 años, lo cual aporta solidez a sus testimonios y validación a las percepciones reportadas. En términos

ocupacionales, la agricultura es la principal fuente de ingreso (52,94%), seguida por actividades secundarias como crianza de animales, mecánica y servicios menores.

Finalmente, el 58,82% de los hogares percibe ingresos mensuales inferiores a 500 soles, lo cual indica una situación de vulnerabilidad económica. Este contexto plantea la necesidad de mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos que sean progresivos y adaptados a las capacidades económicas del territorio.

3.3 Zonificación hídrica y tipo de agua utilizada por la población

Se realizó un levantamiento geoespacial que permitió ubicar estratégicamente cuatro puntos clave de la quebrada Cachiyacu: captación, zona alta, zona baja y desembocadura. Esta información fue representada en dos mapas. El primero (Figura 1) detalla la localización de estos puntos dentro del distrito, mientras que el segundo (Figura 2) muestra su superposición con el Área Natural Protegida (ANP) Cordillera Escalera, destacando que la captación y zona alta se encuentran dentro del área de conservación, lo que conlleva implicancias normativas importantes.

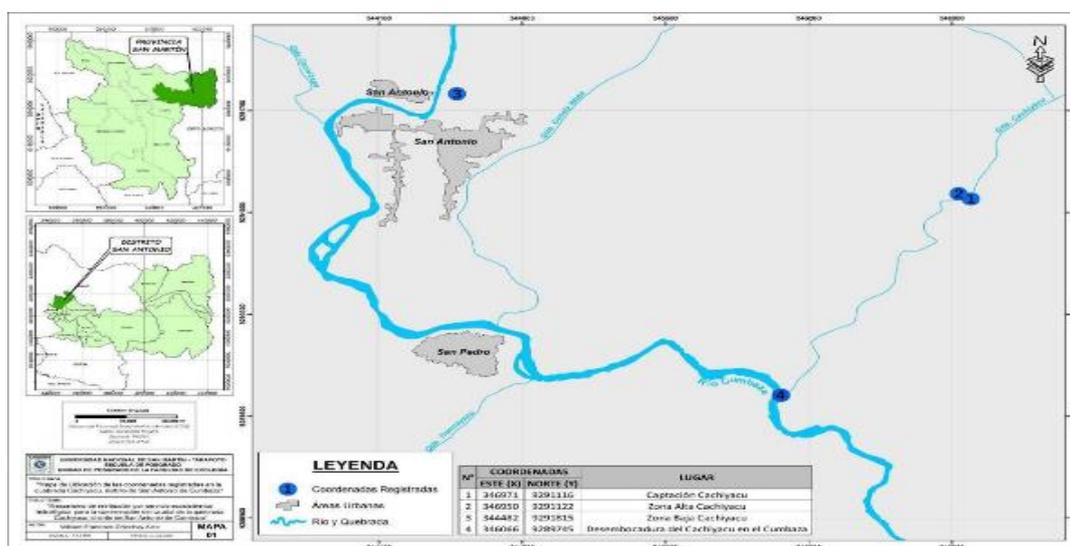


Figura 1. Mapa de ubicación de los puntos de monitoreo registrados en la quebrada Cachiyacu, distrito de San Antonio de Cumbaza



Figura 2. Superposición de los puntos de monitoreo de la quebrada Cachiyacu con el Área Natural Protegida Cordillera Escalera

En cuanto al tipo de agua utilizada, el 70,59% de los encuestados manifestó consumir agua entubada, el 23,53% agua potable tratada y solo el 5,88% agua de pozos subterráneos mediante bombeo. No se reportó consumo de agua directamente de la quebrada ni uso de agua de lluvia. Estos datos reflejan una dependencia de sistemas locales rudimentarios, con cobertura heterogénea y con limitaciones en el tratamiento adecuado del recurso hídrico.

3.4 Percepción de los pobladores sobre la calidad y cantidad del agua consumida

La percepción de calidad del agua revela que el 76,47% de los encuestados la considera regular, el 17,65% buena y solo el 5,88% la califica como mala. En este último caso, se reportaron impurezas visibles como arena, tierra, residuos vegetales y presencia de insectos, evidenciando fallas en los sistemas de captación, almacenamiento o distribución. Esta percepción negativa se alinea con estudios recientes que advierten sobre el deterioro progresivo de la calidad del agua por deficiencias en la gestión de cuencas.

En cuanto a la percepción sobre cantidad de agua disponible, el 52,9% expresó tener cantidad suficiente para sus necesidades básicas, mientras que el 35,29% considera que el suministro es deficiente. Solo el 11,76% manifestó contar con agua en abundancia. Esta percepción sugiere un nivel considerable de incertidumbre hídrica, asociado a la estacionalidad de los caudales y al crecimiento poblacional que presiona los recursos disponibles.

3.5 Percepción de la calidad y cantidad del agua consumida por la población

Los resultados obtenidos evidencian una percepción predominantemente negativa respecto a la calidad del agua consumida por los residentes del área de influencia de la quebrada Cachiyacu. Solo el 17,65% de los encuestados considera que el agua es de buena calidad, mientras que la gran mayoría (76,47%) la califica como regular y un 5,88% la percibe como de baja calidad. Esta última percepción se justifica por la presencia de impurezas visibles como arena, tierra, material vegetal en descomposición e incluso insectos, lo que sugiere deficiencias en los procesos de captación, almacenamiento y tratamiento previo al consumo humano.

Estos hallazgos concuerdan con el planteamiento de Abarca Ormeño (2021), quien alerta sobre las consecuencias de una gestión inadecuada de los recursos hídricos en microcuencas de la Amazonía peruana, especialmente en territorios rurales donde la infraestructura es precaria. La acumulación de contaminantes físicos en el agua no solo compromete su potabilidad, sino también la salud de los usuarios, exacerbando condiciones de vulnerabilidad.

En cuanto a la disponibilidad del recurso, el 52,9% de los encuestados señala contar con una cantidad suficiente de agua para sus necesidades diarias. Sin embargo, el 35,29% manifiesta que el suministro es deficiente y solo un 11,76% percibe una disponibilidad abundante. Esta percepción revela una situación de acceso desigual y probablemente intermitente, influenciada por factores como la estacionalidad de las lluvias, el caudal de la quebrada y la capacidad de los sistemas comunitarios de distribución.

Este conjunto de percepciones resulta esencial para el diseño de políticas de manejo hídrico basadas en evidencia local, así como para la implementación de mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos que respondan no solo a la disponibilidad física del recurso, sino también a su aceptabilidad social y calidad sanitaria.

3.6 Problemas identificados en la quebrada Cachiyacu

3.6.1 Percepción del estado ambiental de la quebrada

La percepción general de los encuestados sobre la quebrada Cachiyacu revela una creciente preocupación por el deterioro ambiental del ecosistema hídrico. El 70,59% de los propietarios entrevistados considera

que la quebrada enfrenta problemas ambientales severos, mientras que un 29,41% no percibe cambios relevantes en su estado. Esta disparidad puede estar relacionada con la ubicación geográfica de los predios, el acceso al recurso o el grado de sensibilización ambiental de los actores locales.

Estos resultados coinciden con el “Plan de Intervención de la Microcuenca Cachiyacu y Shilcayo 2023–2024” elaborado por la EPS EMAPA San Martín S.A., donde se señala que la provisión de agua enfrenta graves amenazas asociadas a la degradación del entorno natural. La percepción social recogida refuerza la urgencia de intervenir con medidas efectivas de restauración ecológica y gestión sostenible de la cuenca.

3.6.2 Actividades antrópicas con impacto negativo

El diagnóstico participativo identificó que diversas actividades humanas están ejerciendo presión directa sobre la quebrada Cachiyacu. Según los encuestados, la agricultura tradicional representa la mayor fuente de impacto (88,24%), seguida por la extracción de agregados (76,47%) y la deforestación (82,35%). Estas prácticas no reguladas contribuyen al incremento de sedimentos, la pérdida de cobertura vegetal y la alteración del equilibrio hídrico de la microcuenca.

Adicionalmente, el 64,71% de los residentes reportó que sus predios se ubican en la parte alta de la quebrada, zona crítica por su influencia directa en la captación de agua y en la regulación del caudal. La ocupación desordenada de estos espacios ha acelerado la fragmentación del ecosistema, comprometiendo la capacidad de la quebrada para mantener sus funciones ecológicas.

Frente a esta situación, se reconoce la necesidad de implementar medidas integradas de gestión del territorio, priorizando la promoción de prácticas agrícolas sostenibles, la restauración ecológica y la educación ambiental comunitaria. Estas acciones están alineadas con las recomendaciones del plan operativo de EMAPA San Martín, que destaca la importancia de la corresponsabilidad ciudadana para la conservación de los servicios ecosistémicos hídricos.

3.6.3 Evaluación de la disminución del caudal

Un hallazgo relevante del estudio es la percepción unánime sobre la disminución del caudal de la quebrada Cachiyacu. El 52,94% de los participantes considera que el caudal es actualmente reducido, mientras que el 47,06% lo califica como bastante bajo. Esta percepción se traduce en una fuerte preocupación: el 88,24% manifestó sentirse afectado directa o indirectamente por esta situación.

La escasez hídrica ha motivado a los residentes a solicitar el apoyo de instituciones públicas y privadas para reforestar las fajas marginales y establecer acciones de protección de la naciente. Estos resultados son consistentes con el estudio realizado por Pérez Dávila (2017) quien documentó una disminución progresiva del caudal en el río Yuracyacu, atribuida a procesos similares de degradación ambiental y presión antropogénica en cuencas amazónicas.

3.7 Participación comunitaria y disposición al pago por el servicio ecosistémico hídrico

La percepción de la comunidad del distrito de San Antonio de Cumbaza frente a la conservación del ecosistema hídrico de la quebrada Cachiyacu revela un alto grado de conciencia ambiental. El 88,24% de los encuestados (n=15) consideró que es fundamental proteger los bosques circundantes a la quebrada, reconociendo su rol en la regulación del caudal y en la calidad del agua. Solo el 11,76% (n=2) minimizó la importancia de dicha protección. Además, el 76,47% de los participantes (n=13) atribuyó el deterioro ambiental de la microcuenca a las actividades desarrolladas en la zona urbana del distrito, identificando explícitamente la presión antrópica como una causa relevante de degradación. Estos hallazgos coinciden con lo planteado por Pérez Dávila (2017), quien afirma que la participación local es clave para la sostenibilidad de los mecanismos de compensación por servicios ecosistémicos, como los aplicados en la cuenca del río Yuracyacu.

En relación con la disposición al pago por el servicio ecosistémico hídrico (SEH), el 88,24% (n=15) expresó su conformidad con implementar una contribución económica destinada a la recuperación del caudal y la protección del ecosistema de la quebrada Cachiyacu. Esta disposición se complementa con una alta voluntad de participación en actividades de conservación: el 94,12% (n=16) afirmó estar dispuesto a involucrarse activamente en acciones como la reforestación, la protección de vegetación nativa y la conservación del suelo y el agua. Solo un 5,88% (n=1) manifestó su negativa tanto al aporte económico como a la participación comunitaria.

Respecto al mecanismo de facturación para la retribución económica, el 52,94% (n=9) consideró más adecuado implementar un recibo adicional específico, mientras que el 47,06% (n=8) prefirió que el cobro se incluya en el recibo regular de agua potable. Este aspecto sugiere la necesidad de diseñar un esquema transparente y adaptado a las capacidades operativas de las instituciones locales. En esa línea, Solano Inga (2023), en su investigación aplicada en la microcuenca Pana del departamento de Amazonas, demostró la eficacia del modelo de gestión ejecutado por la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS), entidad responsable de la recaudación, administración y ejecución del mecanismo de retribución por servicios ecosistémicos.

La información cartográfica obtenida a través del procesamiento de archivos shapefile permitió identificar la cobertura de bosque y pérdida de vegetación en los predios localizados en el ámbito de la quebrada Cachiyacu (Figura 3). Se clasificaron 27 predios en tres categorías: bosque conservado (predios 16, 17, 18 y 19), áreas sin bosque (predios 1, 2, 3, 6 al 15, y 21 al 26) y áreas con pérdida significativa de vegetación (predios 4, 5, 20 y 27). Esta clasificación permite priorizar intervenciones en las zonas más afectadas, a fin de restaurar la conectividad ecológica y mitigar la erosión hídrica.

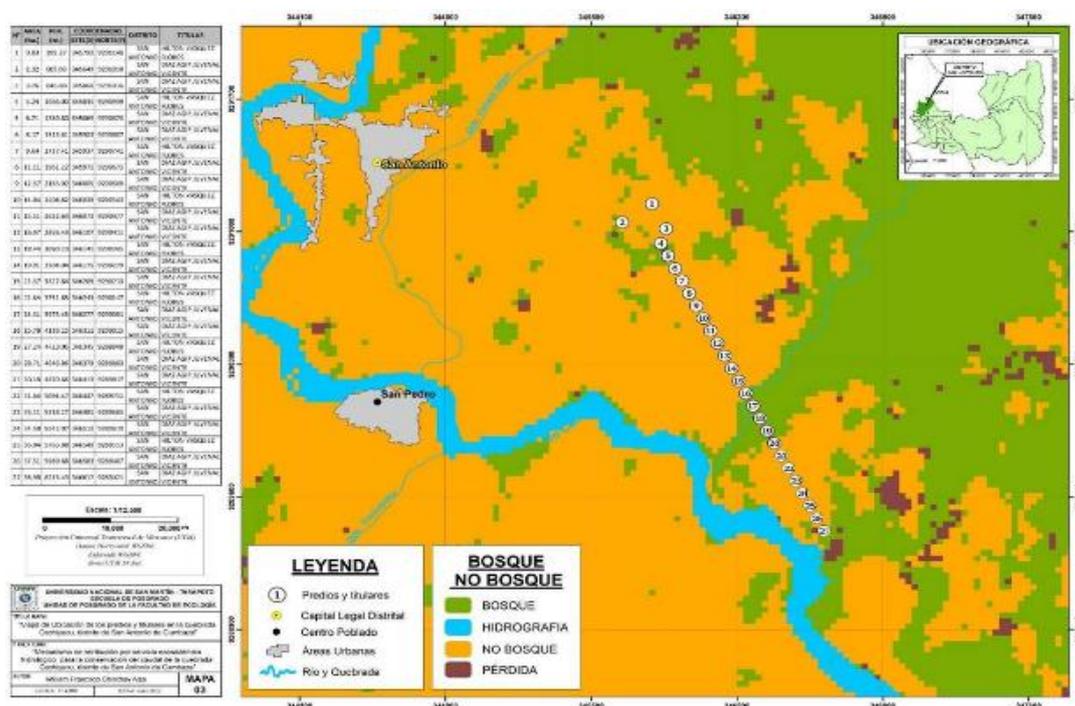


Figura 3. Mapa de ubicación de predios y titularidad en la quebrada Cachiyacu, distrito de San Antonio de Cumbaza

Adicionalmente, se elaboró un mapa de cobertura boscosa comparando coordenadas registradas con la base geoespacial de vegetación existente (Figura 4). Aunque los cuatro puntos estratégicos (1 al 4) pertenecen a áreas clasificadas como "bosque", se evidenció que los puntos 1 y 2 presentan una mayor cercanía a zonas de "no bosque", lo cual los expone a mayor vulnerabilidad si no se fortalecen las estrategias de conservación.

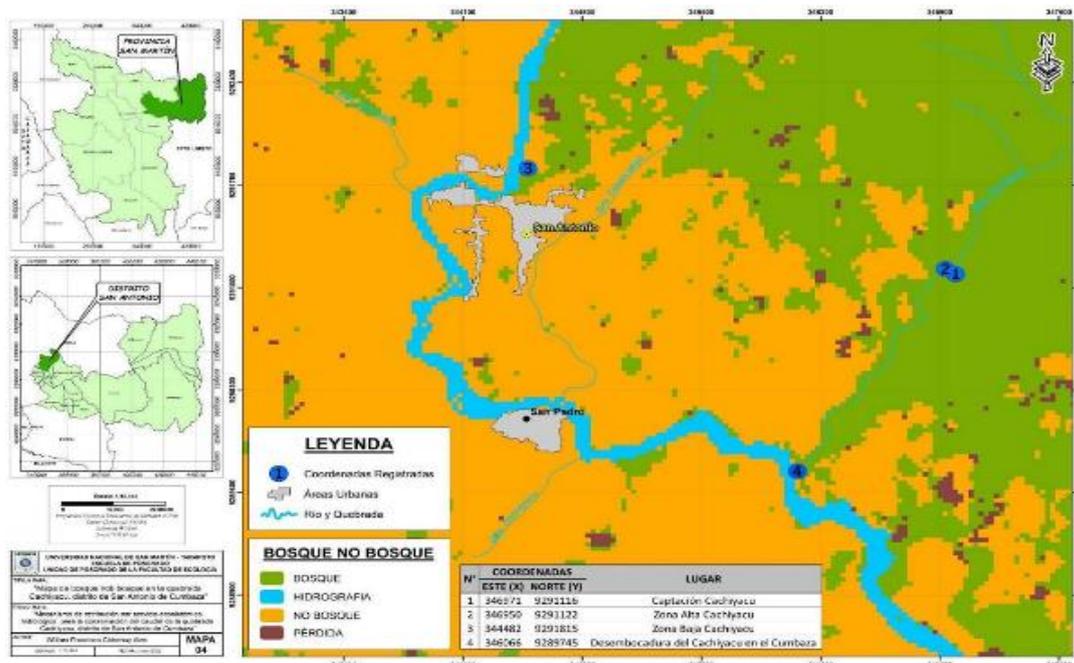


Figura 4. Mapa de superposición de coordenadas registradas con coberturas de vegetación en la quebrada Cachiycu

Finalmente, el mapa de centros poblados (Figura 5) muestra la ubicación de dos núcleos urbanos relevantes: San Antonio de Cumbaza, capital legal del distrito, y San Pedro, centro poblado con influencia directa sobre el cauce de la quebrada. La presencia de estos asentamientos cercanos refuerza la necesidad de establecer mecanismos participativos, considerando la proximidad geográfica de la población al ecosistema que se busca conservar.

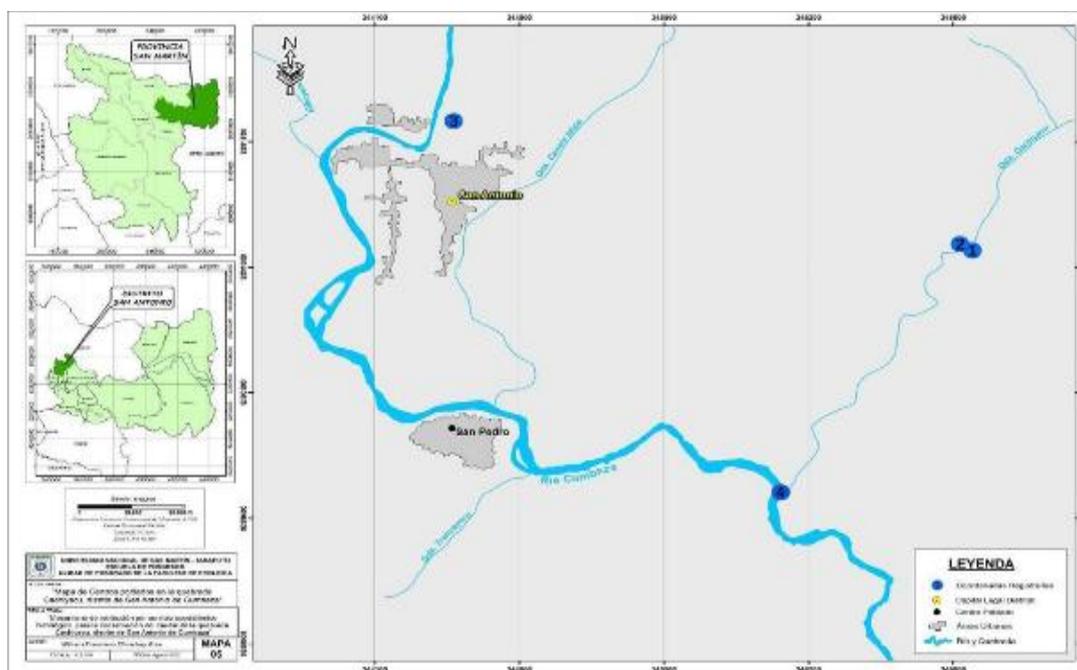


Figura 5. Mapa de ubicación de centros poblados en el área de influencia de la quebrada Cachiycu

3.8. Pruebas de hipótesis

El análisis estadístico tuvo como objetivo evaluar si existe evidencia suficiente para afirmar que la implementación de mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos hidrológicos (SEH) contribuye

significativamente a la conservación del caudal de la quebrada Cachiyacu, considerando la disposición de los pobladores a pagar por dicho servicio.

a) Formulación de hipótesis

Hipótesis nula (H_0): Los mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos hidrológicos contribuyen a la preservación del caudal de la quebrada Cachiyacu.

Hipótesis alternativa (H_1): Los mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos hidrológicos no contribuyen a la preservación del caudal de la quebrada Cachiyacu.

b) Nivel de significancia

Se estableció un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$, correspondiente a un 95% de confianza estadística.

c) Resultados del análisis ANOVA

La prueba de análisis de varianza (ANOVA) permitió comparar los niveles de disposición al pago entre diferentes grupos poblacionales. La tabla que resume los resultados es la siguiente:

Tabla 1.

Análisis de varianza (ANOVA) sobre la disposición a pagar por el SEH en la quebrada Cachiyacu

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	4,244	2	2,122	5,716	0,007
Dentro de grupos	12,252	33	0,371		
Total	16,497	35			

d) Interpretación y toma de decisiones

De acuerdo con la regla de decisión:

Si $p > 0,05$, se acepta H_0 .

Si $p \leq 0,05$, se rechaza H_0 y se acepta H_1 .

Dado que el valor de significancia obtenido fue $p = 0,007$, menor al umbral de 0,05, se rechaza la hipótesis nula (H_0). Esto indica que existen diferencias estadísticamente significativas en la percepción sobre la efectividad de los mecanismos de SEH entre los grupos evaluados.

e) Conclusión

Con un nivel de confianza del 95%, se concluye que existen diferencias significativas en la disposición de pago según el grupo poblacional, lo que sugiere que la percepción sobre la eficacia de los mecanismos de retribución puede variar según el contexto socioeconómico o territorial. No obstante, estos resultados también confirman que una alta proporción de la población está dispuesta a participar económicamente en iniciativas que promuevan la conservación del caudal, lo cual representa un elemento clave para diseñar políticas sostenibles de gestión hídrica en la microcuenca Cachiyacu.

3.9. Evaluación de datos meteorológicos en la microcuenca Cachiyacu

Para analizar la dinámica hidrológica de la microcuenca Cachiyacu, se procesaron registros meteorológicos históricos proporcionados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), correspondientes al período 2000–2021. Se evaluaron cuatro parámetros fundamentales: precipitación, temperatura, evaporación y humedad relativa. Entre estos, se identificó que la precipitación pluvial presenta la mayor variabilidad interanual, constituyéndose como la variable más crítica para la caracterización de la oferta hídrica de la cuenca.

El análisis gráfico de la precipitación acumulada anual evidenció una tendencia moderada a la disminución desde el año 2012, con una disminución abrupta en el año 2021, fenómeno que coincide con reportes de reducción del caudal de la quebrada Cachiyacu y dificultades en el abastecimiento de agua para usos productivos y domésticos. Esta reducción puede ser atribuida tanto al cambio climático global como a las intervenciones antrópicas locales, como la deforestación intensiva y la expansión de la frontera agrícola en las zonas altas de la microcuenca.

En 2014, el caudal de captación de la quebrada Cachiyacu fue estimado en 160 litros por segundo. Sin embargo, estudios recientes evidencian que este caudal resulta insuficiente para cubrir la demanda de agua en condiciones de creciente presión sobre los recursos naturales. La deforestación de las cabeceras de cuenca, en particular, ha generado alteraciones significativas en el régimen hidrológico, incluyendo altas tasas de escorrentía, menor recarga de acuíferos y reducción de la infiltración, debido a la pérdida de cobertura vegetal arbórea.

A partir de los datos meteorológicos obtenidos —precipitación, temperatura, humedad relativa y evapotranspiración potencial— se propone la utilización de modelos de simulación hidrológica para estimar el balance hídrico de la microcuenca. Esta herramienta permitiría modelar la oferta de agua en función de la variabilidad climática y la presión antrópica, así como determinar la capacidad de respuesta del ecosistema ante eventos extremos. Esta información es esencial para el diseño de estrategias de manejo sostenible del agua en el distrito de San Antonio de Cumbaza.

Discusión

Los resultados obtenidos revelan una percepción crítica por parte de la población local respecto a la disminución del caudal de la quebrada Cachiyacu, la cual es atribuida predominantemente a actividades antrópicas como la agricultura extensiva, la deforestación y la extracción de agregados. Esta percepción es respaldada por el 88,24 % de los encuestados, quienes identifican la agricultura como la principal actividad que deteriora el ecosistema hídrico. Estos hallazgos se alinean con los reportes de Abarca Ormeño (2021) quien concluye que la degradación de cuencas hídricas en Perú está fuertemente vinculada a la carencia de estrategias efectivas de conservación y a la presión ejercida por las actividades productivas no reguladas.

Otro hallazgo relevante es la elevada disposición de la población a contribuir económicamente a favor de la conservación de la quebrada, destacando una aceptación social favorable para implementar un mecanismo de retribución por servicios ecosistémicos hidrológicos (SEH). En efecto, el 94,12 % de los encuestados manifestó su interés en participar activamente en actividades de protección ambiental, incluyendo la posibilidad de realizar aportes financieros. Este comportamiento guarda coherencia con lo reportado por Solano Inga (2023) en la microcuenca Pana de Nuevo Olmal (Amazonas), donde se evidenció la viabilidad social y operativa de los SEH gestionados por la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS).

En cuanto a la percepción de la calidad del agua, el 76,47 % de los participantes considera que el recurso hídrico tiene una calidad solo “regular”, con reportes de presencia de arena, restos vegetales y pequeños insectos. Estos resultados refuerzan la urgencia de fortalecer los procesos de monitoreo y tratamiento del agua en zonas rurales, especialmente aquellas que dependen de fuentes naturales sin procesos de potabilización. Tal como destacan nuevamente Abarca Ormeño (2021), la falta de una adecuada gestión de cuencas andino-amazónicas ha derivado en la persistencia de fuentes contaminadas y en la vulnerabilidad de las comunidades frente a enfermedades hídricas.

Desde el marco normativo y administrativo, los esquemas de SEH en Perú requieren mejoras en su diseño institucional. Miranda Quispe & Loyola (2021) argumentan que las Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS) deben fortalecer sus capacidades de gestión para que estos mecanismos sean

sostenibles y eficaces. En este estudio, el 52,9 % de los encuestados considera adecuado que el cobro del SEH se realice mediante un recibo adicional al de agua, lo cual sugiere la importancia de diseñar instrumentos de recaudación que garanticen transparencia, trazabilidad y eficiencia en el uso de los fondos.

La influencia del cambio climático sobre la disponibilidad hídrica también fue evidenciada mediante el análisis de datos meteorológicos. Entre 2012 y 2021, se identificó una disminución progresiva de la precipitación, lo cual ha repercutido negativamente en el caudal de la quebrada. Este patrón coincide con las advertencias de EMAPA San Martín (2023), donde se expone que la pérdida de cobertura vegetal y los cambios en los regímenes de lluvias están alterando el ciclo hidrológico, reduciendo la capacidad de retención del suelo y aumentando la escorrentía superficial. Estos factores explican la creciente intermitencia del caudal y la limitada disponibilidad de agua en épocas secas.

Los resultados respaldan la necesidad de promover la gestión comunitaria del recurso hídrico. Estudios como de Mamedes et al. (2023) sostienen que los mecanismos de pago por servicios ambientales no solo generan beneficios ambientales, sino que también fortalecen la cohesión social y mejoran la productividad agrícola al asegurar el abastecimiento de agua en el largo plazo. En este contexto, la quebrada Cachiyacu representa un caso emblemático para la aplicación de políticas integradas de gestión del agua, conservación de bosques y fortalecimiento de la gobernanza local.

CONCLUSIONES

Los resultados de la investigación confirman que la quebrada Cachiyacu atraviesa un proceso de degradación acelerada debido a presiones antrópicas como la deforestación, la expansión agrícola y la extracción de agregados, prácticas identificadas por el 88,24 % de los encuestados como factores clave en la disminución del caudal. Esta percepción social está alineada con los datos meteorológicos del SENAMHI, que evidencian una reducción sostenida de la precipitación entre los años 2012 y 2021, lo cual, sumado a la pérdida de cobertura vegetal en las zonas altas de la microcuenca, ha generado alteraciones significativas en el ciclo hidrológico. Asimismo, se observó que la calidad del agua es percibida como regular por el 76,47 % de la población, lo que resalta la urgencia de establecer medidas de protección y monitoreo sobre las fuentes de agua naturales que abastecen a la zona.

Un hallazgo relevante fue la alta disposición de la población para participar en acciones de conservación del recurso hídrico mediante mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos hidrológicos (SEH). El 94,12 % de los encuestados manifestó su voluntad de involucrarse en actividades como reforestación y protección de las fajas marginales, así como en contribuir económicamente para la recuperación del caudal. Esta predisposición social permite sustentar la implementación de un modelo financiero local que podría ser administrado por una entidad como la JASS, utilizando esquemas de facturación diferenciados (por ejemplo, un recibo adicional), tal como proponen experiencias exitosas en otras microcuencas del país. Además, el análisis estadístico realizado mediante ANOVA ($F=5,716$; $p=0,007$) respalda, con un nivel de confianza del 95 %, la hipótesis de que los mecanismos de SEH tienen un impacto positivo sobre la preservación del flujo de agua en la quebrada.

Frente a este panorama, se plantea la necesidad de establecer estrategias sostenibles a mediano y largo plazo que integren la restauración ecológica con una gobernanza hídrica participativa. Es fundamental promover programas de educación ambiental orientados a la población rural y urbana del distrito de San Antonio de Cumbaza, así como instaurar un sistema de monitoreo técnico-social del estado del recurso hídrico y su calidad. Finalmente, la experiencia recogida en esta investigación puede ser utilizada como modelo replicable en otras microcuencas amazónicas del Perú, contribuyendo así al diseño de políticas públicas regionales centradas en la conservación del agua como eje estratégico para la sostenibilidad territorial.

FINANCIAMIENTO

El autor no recibió ningún patrocinio para llevar a cabo este estudio-artículo.

CONFLICTO DE INTERESES

El presente artículo no presenta conflicto de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización, curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, administración del proyecto, recursos, supervisión, validación, visualización, redacción -borrador original y redacción -revisión y edición: Chinchay-Alza, W. F.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A. K, P., M, M., Rajamanickam, S., Sivarethinamohan, S., Gaddam, M. K. R., Velusamy, P., R, G., Ravindiran, G., Gurugubelli, T. R., & Muniasamy, S. K. (2023). Impact of climate change and anthropogenic activities on aquatic ecosystem – A review. *Environmental Research*, 238, 117233. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.117233>
- Abarca Ormeño, V. M. (2021). *Propuesta de implementación de mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos (MRSE) hídricos como un mecanismo financiero y de gobernanza en la Cuenca Chancay-Huaral* [Pontificia Universidad Católica del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/20858>
- Abbass, K., Qasim, M. Z., Song, H., Murshed, M., Mahmood, H., & Younis, I. (2022). A review of the global climate change impacts, adaptation, and sustainable mitigation measures. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(28), 42539–42559. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19718-6>
- Córdoba Hernández, R., & Camerin, F. (2024). The application of ecosystem assessments in land use planning: A case study for supporting decisions toward ecosystem protection. *Futures*, 161, 103399. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2024.103399>
- Dextre, R. M., Eschenhagen, M. L., Camacho Hernández, M., 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. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2022.101454>
- EMAPA San Martín. (2023). *Plan de intervención de la microcuenca Cachiyacu y Shilcayo de la EPS EMAPA San Martín S.A.* <https://www.emapasanmartin.com/uploads/documentos/planes/PLAN INTERVENCION 2023 2024.pdf>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación (6ta ed.)* (McGraw-Hill Education (ed.)).
- IPCC. (2014). *Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad*. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar5_wgII_spm_es-1.pdf
- Kumar, R., Singh, C. K., Kamesh, Misra, S., Singh, B. P., Bhardwaj, A. K., & Chandra, K. K. (2024). Water biodiversity: ecosystem services, threats, and conservation. In *Biodiversity and Bioeconomy* (pp. 347–380). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-95482-2.00016-X>
- Le, T.-A. T., Vodden, K., Wu, J., Bullock, R., & Sabau, G. (2024). Payments for ecosystem services programs: A global review of contributions towards sustainability. *Heliyon*, 10(1), e22361.

<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22361>

- Magán, J., Vogl, A., Guevara, M., Torres, M., Fernández, L., Pillaca, M., Caballero, J., & Acho, C. (2023). Metodología de identificación de áreas prioritarias para intervenciones del mecanismo de retribución por servicios ecosistémicos hídricos en ciudades amazónicas, Perú. *Ecología Aplicada*, 22(2), 141–154. <https://doi.org/10.21704/rea.v22i2.2090>
- Makwinja, R., Mengistou, S., Kaunda, E., & Alamirew, T. (2022). Willingness to pay for the ecological restoration of an inland freshwater shallow lake: case of Lake Malombe, Malawi. *Heliyon*, 8(1), e08676. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08676>
- Mamedes, I., Guerra, A., Rodrigues, D. B. B., Garcia, L. C., Godoi, R. de F., & Oliveira, P. T. S. (2023). Brazilian payment for environmental services programs emphasize water-related services. *International Soil and Water Conservation Research*, 11(2), 276–289. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2023.01.001>
- Miranda Quispe, D. A., & Loyola, R. (2021). Análisis de los Mecanismos de Retribución de Servicios Ecosistémicos. Caso: Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento. *Natura@economía*, 6(2), 82–102. <https://doi.org/10.21704/ne.v6i2.1520>
- Ojija, F., & Nicholaus, R. (2023). Impact of Climate Change on Water Resources and its Implications on Biodiversity: A Review. *East African Journal of Environment and Natural Resources*, 6(1), 15–27. <https://doi.org/10.37284/eajenr.6.1.1063>
- Pérez Dávila, W. (2017). *Mecanismo de retribución por servicio ecosistémico hidrológico para la conservación y mantenimiento de caudal del río Yuracyacu Nueva Cajamarca-San Martín* [Universidad Católica Sedes Sapientiae]. <https://hdl.handle.net/20.500.14095/431>
- Puelles Chuquizaya, L. W. (2023). *El estrés hídrico en la región de San Martín: un grito de alerta para la sostenibilidad*. <https://www.ucv.edu.pe/noticias/el-estres-hidrico-en-la-region-de-san-martin-un-grito-de-alerta-para-la-sostenibilidad>
- Rodríguez-de-Francisco, J. C., Duarte-Abadía, B., & Boelens, R. (2019). Payment for Ecosystem Services and the Water-Energy-Food Nexus: Securing Resource Flows for the Affluent? *Water*, 11(6), 1143. <https://doi.org/10.3390/w11061143>
- Rodríguez-Tapia, L., Revollo-Fernández, D., & Morales-Novelo, J. (2017). Household's Perception of Water Quality and Willingness to Pay for Clean Water in Mexico City. *Economies*, 5(2), 12. <https://doi.org/10.3390/economies5020012>
- Sadgui, O., & Khattabi, A. (2024). Economic Assessment of Hydrologic Ecosystem Services in Morocco's Protected Areas: A Case Study of Ifrane National Park. *Sustainability*, 16(20), 8800. <https://doi.org/10.3390/su16208800>
- Solano Inga, R. (2023). *Propuesta de mecanismo de retribución por servicios ecosistémicos hídricos en la Microcuenca Pana de Nuevo Olmal, Amazonas 2020* [Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas]. <https://hdl.handle.net/20.500.14077/3124>
- van den Burg, S. W. K., Termeer, E. E. W., Skirtun, M., Poelman, M., Veraart, J. A., & Selnes, T. (2022). Exploring mechanisms to pay for ecosystem services provided by mussels, oysters and seaweeds. *Ecosystem Services*, 54, 101407. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2022.101407>