



# VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA PRODUCCIÓN HÍDRICA: CASO DE LA MICROCUENCA DE CHALLHUAMAYO, VÍCTOR FAJARDO, PERÚ

ECONOMIC VALUATION OF WATER PRODUCTION: THE CASE OF THE CHALLHUAMAYO MICRO-WATERSHED, VÍCTOR FAJARDO, PERU

**Martin Palomino Contreras**

[mpalomino@lamolina.edu.pe](mailto:mpalomino@lamolina.edu.pe)

 ORCID: [0000-0002-4297-9099](https://orcid.org/0000-0002-4297-9099)

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA, LIMA - PERÚ

**Yiem Aurora Ataucusi Ataucusi**

[yataucusi@lamolina.edu.pe](mailto:yataucusi@lamolina.edu.pe)

 ORCID: [0000-0002-7942-9787](https://orcid.org/0000-0002-7942-9787)

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA, Lima - Perú

**Recepción** 29 de Mayo del 2024

**Publicación:** 24 de Junio del 2024

VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA PRODUCCIÓN HÍDRICA: CASO DE LA MICROCUENCA DE CHALLHUAMAYO, VÍCTOR FAJARDO, PERÚ  
**Yiem Aurora Ataucusi Ataucusi**  
ORCID: 0000-0002-7942-9787

**Yiem Aurora Ataucusi Ataucusi**

ORCID: 0000-0002-7942-9787

**Martin Palomino Contreras**

ORCID: 0000-0002-4297-9099

<https://revista.scienceevolution.com/>

## RESUMEN

El cambio climático está afectando la regulación hídrica al modificar los patrones de precipitación, reducir la disponibilidad de agua, derretir los glaciares y aumentar el nivel del mar, razón por la cual se vienen experimentado sequías frecuentes y prolongadas, lo que ha llevado a una disminución en la disponibilidad de agua, afectando directamente a la agricultura, que es uno de los sectores más importantes de la economía. Razón por la cual, es necesario reflexionar sobre el valor económico del servicio de regulación hídrica, considerando los beneficios económicos, sociales y ambientales que contribuye al bienestar de la población; para ello se realizó una revisión sistemática de los estudios primarios de países de América del Sur. Para el caso de la información geofísica, se revisó información de estaciones meteorológicas vecinas a la cuenca en estudio. Los resultados muestran que el valor económico del agua es de 0.55 soles (0.15 USD) por metro cúbico de agua; por otra parte, al 2050 se prevé un incremento de temperatura mínima de 7.55 °C y el valor económico del agua sería 1.16 soles (0.32 USD) por metro cúbico de agua.

**Palabra clave:** Regulación hídrica; transferencia de beneficio; valoración económica.

## ABSTRACT

Climate change is affecting water regulation by modifying precipitation patterns, reducing water availability, melting glaciers and raising sea levels, which is why we have been experiencing frequent and prolonged droughts, leading to a decrease in water availability, directly affecting agriculture, which is one of the most important sectors of the economy. For this reason, it is necessary to reflect on the economic value of the water regulation service, considering the economic, social and environmental benefits that contribute to the welfare of the population; for this purpose, a systematic review of the primary studies of South American countries was carried out. In the case of geophysical information, information from meteorological stations neighboring the basin under study was reviewed. The results show that the economic value of water is 0.55 soles (0.15 USD) per cubic meter of water; on the other hand, a minimum temperature increase of 7.55 °C is predicted for 2050 and the economic value of water would be 1.16 soles (0.32 USD) per cubic meter of water.

**Keyword:** Water regulation; transfer of benefit; economic valuation.





## INTRODUCCIÓN

El aumento de la población mundial conlleva una mayor demanda de alimentos para satisfacer las necesidades humanas. Para lograr esto, se requiere expandir las áreas agrícolas y ganaderas, lo que a menudo resulta en la deforestación, fragmentación de ecosistemas, quema de combustibles fósiles, incendios forestales, contaminación del aire, pérdida de hábitats y la extinción de la fauna silvestre. Estos factores han contribuido al aumento de la temperatura global, provocando cambios significativos en los patrones climáticos y dando lugar al cambio climático.

Además, el uso intensivo de pesticidas y fertilizantes ha llevado a la contaminación de los suelos y del agua, con impactos negativos tanto en la salud humana como en la salud de los ecosistemas. El actual modelo de producción agrícola y ganadera ha tenido un impacto significativo en la pérdida de la diversidad genética en cultivos y ganado. Esto se debe a que ha priorizado variedades y razas de alto rendimiento económico, sin embargo menos adaptadas a cambios ambientales o enfermedades. En consecuencia, nuestros sistemas de producción se han vuelto más vulnerables ante eventos climáticos extremos y la propagación de enfermedades emergentes.

Es evidente que necesitamos realizar un cambio urgente en nuestra forma de producir alimentos. Deben implementarse prácticas agrícolas y ganaderas sostenibles que fomenten la conservación y restauración de ecosistemas, la protección de la biodiversidad y la mitigación del cambio climático. Esto implica promover la agroecología como alternativa al uso de productos químicos nocivos y fomentar la agricultura regenerativa, que se basa en principios como la conservación del suelo, la captura de carbono y el uso eficiente del agua.

Además, es fundamental impulsar una transición hacia una dieta más sostenible, reduciendo el consumo de carne y aumentando la ingesta de alimentos vegetales. La producción de carne tiene un alto impacto ambiental, ya que está relacionada con la deforestación para la expansión de pastizales y la emisión de gases de efecto invernadero producidos por el ganado.

El principal factor que contribuye al cambio climático global son las crecientes emisiones de gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>) y el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). Estos gases atrapan el calor en la atmósfera y provocan el calentamiento global, con consecuencias como el aumento de las temperaturas, el deshielo de los polos y glaciares, la elevación del nivel del mar, la acidificación de los océanos, la alteración de los ecosistemas y la mayor frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos, como tormentas y sequías.

Para combatir el cambio climático global, es esencial reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y adoptar prácticas sostenibles en todos los sectores, incluyendo la energía, la agricultura, el transporte y la industria. Además, debemos tomar medidas para adaptarnos a los cambios climáticos que ya están ocurriendo.

El cambio climático tiene varios efectos en la regulación hídrica. Entre ellos se resalta:

- a. Cambios en los patrones de precipitación: El cambio climático está alterando los patrones de precipitación en muchas partes del mundo. Algunas regiones pueden experimentar un aumento en la intensidad y frecuencia de las lluvias, lo que puede llevar a inundaciones y desbordes de ríos. Por otro lado, otras regiones pueden experimentar sequías prolongadas, y como consecuencia, una reducción de la disponibilidad de agua.
- b. Reducción de la disponibilidad de agua: El cambio climático puede llevar a un aumento en la evaporación y la evapotranspiración, lo que reduce la cantidad de agua disponible en los ríos, acuíferos y lagos. Esto puede tener efectos negativos en la agricultura, la industria y el suministro de agua potable.
- c. Derretimiento de los glaciares: El cambio climático está causando el derretimiento acelerado de los glaciares en muchas partes del mundo. Esto puede llevar a un aumento en el caudal de los ríos durante el deshielo, pero a largo plazo, cuando los glaciares se hayan derretido por completo, puede llevar a una reducción en el caudal de los ríos y la disponibilidad de agua.



- d. Aumento del nivel del mar: El cambio climático está provocando el aumento del nivel del mar debido al derretimiento de los glaciares y la expansión térmica del agua. Esto puede llevar a la inundación de áreas costeras bajas y a la intrusión salina en los acuíferos costeros, reduciendo la disponibilidad de agua dulce.
- e. Cambios en los patrones de escurrimiento: El cambio climático puede alterar los patrones de escurrimiento de los ríos y la distribución estacional del agua. Esto puede tener efectos en la agricultura, la producción de energía hidroeléctrica y la vida acuática.

En los últimos años, el Perú ha experimentado sequías más frecuentes y prolongadas, lo que ha llevado a una disminución en la disponibilidad de agua en muchas regiones. Esto ha afectado directamente a la agricultura, que es uno de los sectores más importantes de la economía peruana. Los pequeños agricultores han tenido dificultades para acceder al agua necesaria para sus cultivos, lo que ha resultado en pérdidas de cosechas y un aumento de la pobreza en estas comunidades.

Además, el cambio climático también ha llevado al derretimiento acelerado de los glaciares en los Andes peruanos. Estos glaciares actúan como reservas de agua y su deshielo ha llevado a un aumento en los caudales de los ríos durante la temporada de lluvias y a una reducción durante la temporada seca. Esto ha llevado a problemas de inundaciones y sequías intermitentes, lo que ha afectado aún más a la agricultura y a las comunidades que dependen del agua de los ríos.

El cambio climático en la Provincia de Víctor Fajardo se presenta de manera significativa y tiene impactos importantes en el medio ambiente, la economía y la población. Algunos de los principales aspectos del cambio climático en esta provincia son:

- a. Variabilidad climática: El cambio climático está causando una mayor variabilidad en el clima de la provincia. Esto se traduce en lluvias más intensas y frecuentes, así como en períodos de sequía más prolongados. Estos cambios dificultan la planificación y gestión de los recursos hídricos, los cuales afectan la producción agrícola y la seguridad alimentaria.
- b. Aumento de desastres naturales: La variabilidad climática también ha incrementado la ocurrencia de desastres naturales, como lluvias intensas, inundaciones, deslizamientos de tierra y sequías. Estos eventos tienen consecuencias graves en la infraestructura, la agricultura y la salud de la población. Asimismo, pueden poner en peligro la vida y los medios de subsistencia de las comunidades. Recientemente se presentó un evento de deslizamiento en la zona de Cocas, distrito de Vilcanchos, dejando un saldo de 2 desaparecidos y casi 40 viviendas afectadas (INDECI, 2022).
- c. Incendios: La ocurrencia de incendios naturales en los últimos años ha aumentado, afectando áreas agrícolas, ganaderas, pastizales, bosque nativo y la fauna silvestre, inclusive muerte de habitantes; durante el 2022 se registró 18 incendios a nivel de la provincia, 4 en el distrito de Vilcanchos, 3 en el distrito de Hualla y distrito de Sarhua, 2 en el distrito de Colca y distrito de Huancaraylla, un incendio en el distrito de Alcamenca, Canaria, Cayara y Huamanquiquia (INDECI, 2022).

Los efectos del cambio climático en la sierra del Perú requieren una atención y acción urgentes. Es fundamental tomar medidas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y promover prácticas sostenibles en la agricultura y la gestión de los recursos naturales. Asimismo, es necesario fortalecer la adaptación al cambio climático, aumentando la resiliencia de las comunidades y mejorando la gestión de riesgos de desastres.

Una de las acciones que el estado peruano está poniendo en marcha son las inversiones de la tipología siembra y cosecha de agua, sobre la base del servicio ecosistémico de regulación hídrica, orientados a retener, infiltrar, almacenar y regular aguas provenientes directamente de la lluvia, para incrementar la oferta del hídrica en beneficio de las actividades productivas y consumo (MIDAGRI, 2022).

Estas inversiones se realizan principalmente en zonas rurales y tienen como objetivo principal disminuir la vulnerabilidad frente a los efectos del cambio climático y asegurar un suministro adecuado de agua para el desarrollo de actividades agrícolas y ganaderas.

El programa de siembra y cosecha de agua consiste en la construcción de infraestructuras que permiten la captación y almacenamiento del agua de lluvia, así como su infiltración en el suelo para recargar los acuíferos. Estas infraestructuras incluyen represas, reservorios, lagunas de almacenamiento, canales y sistemas de riego.





Además de incrementar la oferta de agua; estas inversiones también contribuyen a la conservación de los ecosistemas y a la protección de la biodiversidad, ya que promueven la recuperación de los suelos, la conservación de la vegetación y la protección de las fuentes de agua.

El servicio ecosistémico de regulación hídrica se refiere a la capacidad de los ecosistemas para regular el ciclo del agua y mantener un equilibrio en los recursos hídricos. Esto implica la capacidad de los ecosistemas para filtrar y purificar el agua, regular el flujo de los ríos y evitar inundaciones, recargar los acuíferos subterráneos y mantener la calidad del agua.

Los ecosistemas saludables desempeñan un papel fundamental en la regulación hídrica, ya que actúan como esponjas naturales, absorbiendo y almacenando el agua de lluvia. Además, los bosques, humedales y manglares actúan como barreras naturales, reduciendo la velocidad y el impacto de las inundaciones. Estos ecosistemas también ayudan a mantener la calidad del agua al filtrar y eliminar los contaminantes.

Sin embargo, la degradación del ecosistema, como la deforestación, incendios, sobrepastoreo, la conversión de tierras para la agricultura, puede afectar negativamente la capacidad de los ecosistemas para regular el agua. Esto puede dar lugar a una mayor vulnerabilidad a las inundaciones, pérdida de biodiversidad y deterioro de la calidad del agua.

El incremento de la temperatura conlleva cambios en los patrones de lluvias y sequías prolongadas que generan impactos negativos en los ecosistemas y la población. Es esencial tomar medidas para mitigar el cambio climático y adaptarse a sus efectos con el fin de proteger el ambiente y garantizar el bienestar de las personas; sin embargo es necesario reflexionar sobre la valoración económica de la regulación hídrica de la microcuenca, considerando los beneficios económicos, sociales y ambientales y cómo contribuye el ecosistema al bienestar, para tomar decisiones informadas que permitan acciones de protección y restauración para garantizar la su perpetuidad y prevenir los impactos negativos del cambio climático; por lo que se formula la siguiente pregunta: ¿A cuánto equivale la valoración económica que se obtiene de la producción de agua en la microcuenca Challhuamayo, Provincia de Víctor Fajardo?

## METODOLOGÍA

### Zona de estudio

El ámbito de investigación se encuentra ubicado en la Cuenca Pampas, Subcuenca Medio Alto Pampas y microcuenca Challhuamayo, del departamento de Ayacucho, provincia de Víctor Fajardo; el acceso desde la ciudad de Huamanga a la zona de estudio es por medio de una vía asfaltada y afirmada

**Tabla 1**  
Vía de acceso a la microcuenca Challhuamayo

| Inicio   | Destino                  | Distancia (km) | Tiempo (Hr/min) | Tipo de Vía |
|----------|--------------------------|----------------|-----------------|-------------|
| Ayacucho | Cangallo                 | 86.4           | 2.0 hrs         | Asfaltada   |
| Cangallo | Huancapi                 | 24.0           | 43.0 min        | Asfaltada   |
| Huancapi | Cayara                   | 21.5           | 35.0 min        | Asfaltada   |
| Cayara   | Hualla                   | 10.0           | 20.0 min        | Asfaltada   |
| Hualla   | Microcuenca Challhuamayo | 30             | 1.0 hr          | Trocha      |
| TOTAL    |                          | 171.9          | 4 hr 63 min     |             |



Gráfico 1



Nota: Ubicación de la zona de estudio. Adaptado de Google Earth.

Extensión territorial y datos climáticos

La microcuenca Challhuamayó cuenta con una extensión territorial de 3 108 ha, distribuida en rangos de 4 151 a 4 708 m s. n. m., siendo la altitud media 4 350 m.s.n.m.; se ubica dentro de la cuadrícula UTM zona 18 Sur, 8451387 N - 601999 E y 8455944 N - 0602390 E. La temperatura media anual es de 5.55 °C y la precipitación media anual es de 963.47 mm, mientras que la humedad relativa media es de 96.06%, la capacidad de retención de la cuenca es de 68.41 mm/hectáreas y la capacidad de retención total de agua es de 2 126 227.56 m3 por año.

Recopilación de información

La recopilación se llevó luego de una revisión sistemática de los estudios primarios a partir de una recopilación de la evidencia empírica que se ajusta a los criterios de elegibilidad preestablecidos; una revisión sistemática es un método de investigación cualitativa que recopila la evidencia empírica que se ajusta a los criterios de elegibilidad (Higgins, et al., 2019), para lo cual se ha considerado los siguientes pasos: i) recopilación de la literatura a través de una búsqueda de datos en línea; ii) revisión de la pertinencia; iii) evaluación de elegibilidad y exclusión; iv) selección y estandarización de la producción científica relacionada con los servicios ecosistémicos de regulación hídrica más actualizada y pertinente (Taye et al. (2021); Brouwer et al. (2022); Palomino Contreras et al. (2023). La revisión de la producción científica se realizó entre agosto y septiembre de 2023. La bibliográfica se ha obtenido desde la base de datos de y Google Académico; el criterio de búsqueda de la producción científica en la plataforma de Google Académico fue: búsqueda avanzada, Valoración hídrica.

Para el caso de la información geofísica del ámbito del estudio, se revisó información histórica de 8 estaciones meteorológicas vecinas a la cuenca de estudio, administrados por SENAMHI, con serie de datos entre los años 1990 - 2018.

Table with 7 columns: Departamento, Ubicación (Provincia, Distrito), Latitud (° " ° " S), Longitud (° " ° " V), Estación, Elevación. It lists 8 meteorological stations in the Ayacucho region.



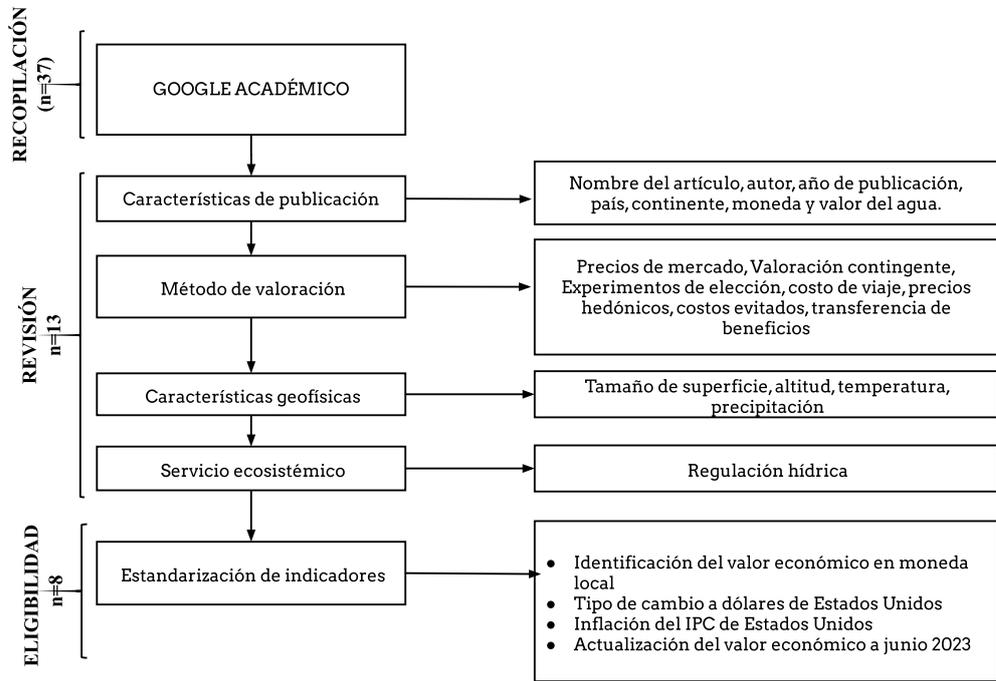
### Tratamiento y análisis de los datos

Luego del proceso de búsqueda en línea, se identificaron 37 estudios relacionados con valoración hídrica. Después de la revisión del resumen de los estudios, se excluyeron 24 estudios que no presentaron el valor económico de expresado en metros cúbicos.

Durante la estandarización se han excluido 2 estudios debido a que no cumplieron con la información necesaria para homogeneizar las unidades de medida; asimismo, presentaron asimetría en la información, quedando 11 estudios elegibles para la transferencia de beneficios. El valor económico de los servicios de regulación hídrica se estandarizó a la moneda norteamericana expresada en USD por su mayor uso en las transacciones internacionales y se actualizó a junio del 2023 utilizando el tipo de cambio ajustado a la Paridad del Poder Adquisitivo (PPA) de la OCDE y el Índice de Precios al Consumidor (IPC) del Banco Mundial para Estados Unidos (Taye, et al. (2021); Brouwer et al. (2022), quedando establecida la unidad monetaria común (USD/m3).

Figura 1

Estructura de revisión de los artículos



El método permitió estimar el valor económico según rango altitudinal; una vez encontrada la relación significativa entre valor económico de los servicios ecosistémicos de recarga hídrica, en función a la altitud máxima (m.s.n.m.), temperatura promedio anual (C°), superficie de la microcuenca (ha), retención total de agua en la cuenca (m3/año), para luego obtener el valor económico para el ámbito en estudio.

$$VEa_i = \alpha_0 + \beta_0 Alt_i + \beta_1 Tem_i + \beta_2 Sup_i + \beta_3 Vol_i + \mu_i$$

Donde,

- $VEa_i$ : Valor económico (soles/m3).
- $A_i$ : Altitud máxima (m.s.n.m.)
- $Tem_i$ : Temperatura promedio anual (C°).
- $Sup_i$ : Superficie de la microcuenca (ha).
- $Vol_i$ : Capacidad de retención total de agua en la cuenca (m3/año)
- $\mu_i$ : Error

### Resultados

Los documentos estandarizados para la transferencia de beneficios, se presentan en la Tabla 2



VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA PRODUCCIÓN HÍDRICA: CASO DE LA MICROCUENCA DE CHALLHUAMAYO, VÍCTOR FAJARDO, PERÚ  
**Martin Palomino Contreras**  
 ORCID: 0000-0002-4297-9099  
<https://revista.scienceevolution.com/>

**Yiem Aurora Ataucusi Ataucusi**  
 ORCID: 0000-0002-7942-9787



**Tabla 2**  
 Artículos estandarizados para la transferencia de beneficios.

| N° | Nombre del artículo  | Autor  | País         | Valor del agua USD/m <sup>3</sup> (a junio-2023) (Y) | Altitud mínima (m.s.n.m.) | Altitud máxima (m.s.n.m.) | Precipitación anual media (mm) | Temperatura a media anual (C°) | volumen (m <sup>3</sup> /año) | Superficie del área de estudio (ha) |
|----|--|--|--------------|--|---------------------------|---------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| 1  | Valoración Económica del Servicio de Provisión Hídrica de la Microcuenca del río Chimborazo  | (Once-Collaguazo, Rivera-Velásquez, & Wladimir Izurieta-Recalde, 2019)         | Ecuador      | 0.315  | 3260                      | 6,310                     | 2,846                          | 4.00                           | 13,930,290.80                 | 12,162                              |
|    | Valoración económica del servicio de producción hídrica de la Microcuenca del Río Blanco   | (Barreto, Collaguazo, & Campaña, 2018)   | Ecuador      | 0.098  | 2400                      | 5,181                     | 2,000                          | 6.00                           | 62,125,920.00                 | 14,504                              |
| 3  | Valoración de la disponibilidad hídrica para la conservación de la reserva Sabia Esperanza, en la Microcuenca del río Mataqui                              | (Enriquez Ruiz, 2018)  | Ecuador      | 0.016  | 2635                      | 3,600                     | 740                            | 7.00                           | 10,646,563.23                 | 1,507                               |
| 4  | Pago por servicios hidrológicos ambientales en la cuenca del río Guayalejo, Tamaulipas, México   | (Rodríguez, Guevara, Medina, Pérez, & Llimas, 2012)                            | México       | 0.527  | 3,400                     |                           |                                | 8.00                           | 2,394,690.00                  | 8,500                               |
| 5  | ¿Son costo-efectivas las inversiones en infraestructura natural? Un análisis en contexto de mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos hídricos | (Cervantes Zavala, Sánchez Uzcátegui, Rendón Schneir, & Alegre Orihuela, 2022) | Perú         | 0.057  | 3900                      | 4,475                     | 1,146                          | 5.00                           | 1,290,374.70                  | 875                                 |
| 6  | Valoración económica de los flujos hidrológicos y la biodiversidad en la cuenca Mariño, Abancay, Perú  | (Huayhua & Gonzáles, 2021)   | Perú         | 0.164  | 3800                      | 4,500                     | 1,611                          | 4.80                           | 4,267,549.00                  | 960                                 |
| 7  | Valoración económica del Servicio Ambiental Hídrico del páramo de la Comunidad Chibuleo, Cantón Ambato   | (Pazmiño Solis, 2020)  | Ecuador      | 0.413  | 2820                      | 4,800                     | 1,402                          | 5.62                           | 242,827.20                    | 481,900                             |
| 8  | Valoración económica del agua y pago por servicios ambientales hídricos aplicado a la cuenca regulada del río Jequetepeque, Cajamarca - Perú               | (Vásquez Tapia, 2018)  | Perú         | 0.010  | 350                       | 4,200                     | 1,100                          | 11.00                          | 548,900,000.00                | 395,600                             |
| 9  | Valoración económica del recurso hídrico como un servicio ambiental de las zonas de recarga en la subcuenca del río Acelhuate                              | (Calles Hernández, 2013)   | San Salvador | 0.182  | 250                       | 530                       | 1,860                          | 13.00                          | 38,700,000.00                 | 71,735                              |
| 10 | Valoración económica ambiental de los bofedales del distrito de Pipichaca Huancavelica Perú  | (Crispin Cunya, 2015)  | Perú         | 0.081  | 2500                      | 4,500                     | 943                            | 5.12                           | 55,571,513.00                 | 8,370                               |
| 11 | Valoración económica del servicio de provisión hídrico de la microcuenca del río Leytopamba, cantón Patate   | (Muñoz López, 2023)  | Ecuador      | 0.275  | 1980                      | 3,580                     | 500                            | 9.00                           | 15,768,000.00                 | 2,721                               |



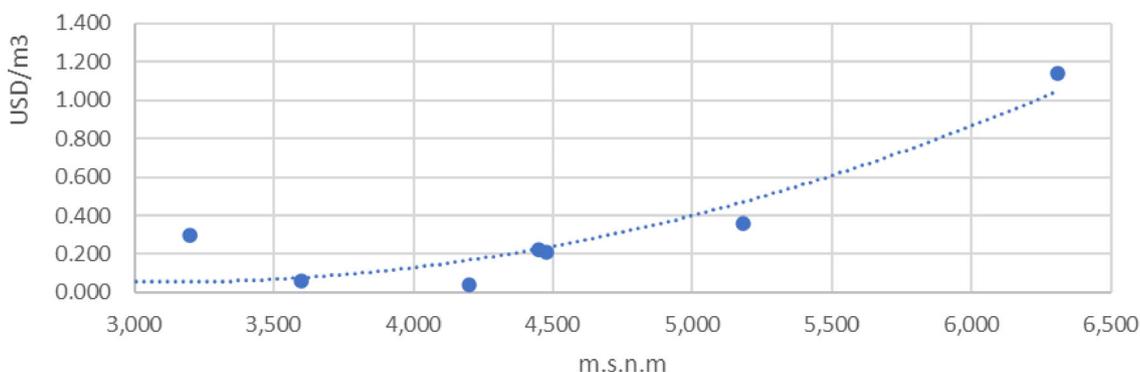
La valoración económica del agua y altitud de la microcuenca tiene una relación directa, significa que a menor altitud el agua tiene menor valor y a mayor altitud el agua tiene mayor valor, esto se debe principalmente a la disponibilidad de fuentes de agua resultado de las precipitaciones en la parte alta. Además, a mayor altitud, la calidad del agua tiende a ser mejor debido a la menor presencia de contaminantes y mayor filtración en los suelos.

En las áreas de menor altitud de la microcuenca, donde hay menos precipitaciones y menor producción de agua, es posible que la valoración económica del agua sea menor, ya que su escasez limita su disponibilidad para diversos usos. Por otro lado, en las áreas de mayor altitud, donde las precipitaciones son más abundantes y existe una mayor producción de agua, su disponibilidad hace que su valor económico sea mayor.

Además, la calidad del agua también influye en su valor económico. A mayor altitud, la calidad del agua puede ser mejor debido a los procesos de filtración y purificación natural que ocurren en los suelos de montaña. Esto puede hacer que el agua sea más adecuada para usos como el consumo humano o la producción agrícola de alimentos de alta calidad, lo que aumenta su valoración económica.

Figura 2

Relación entre el valor económico del agua y rango altitudinal



Los artículos analizados permitieron estimar la valoración económica del agua en la microcuenca Challhuamayo expresado en soles por metro cúbico, en función a la altitud máxima (m.s.n.m.), temperatura promedio anual (°C), superficie de la microcuenca (ha), producción de agua en la cuenca (m3/año), mediante la siguiente regresión:

$$VEa_i = - 3.284 + 0.001 * Alt_i + 0.303 * Tem_i + 0.000 * Sup_i - 0.000Vol_i$$

$$P(t) \quad 0.077 \quad 0.051 \quad 0.043 \quad 0.015 \quad 0.003$$

$$R^2 = 0.517$$

$$Prob(F) = 0.0000$$

Donde,

$VEa_i$ : Valor económico (soles/m3).

$A_i$ : 4,350.00 m.s.n.m.

$Tem_i$ : 5.55 °C.

$Sup_i$ : 3,108.00 ha.

$Vol_i$ : 2 126 227.56 m3/año.

La valoración económica del agua en la microcuenca Challhuamayo, provincia de Fajardo es de 0.55 soles (0.15 USD) por metro cúbico de agua.

Para la sierra del Perú al 2050, se prevé un incremento de temperatura mínima entre 2 °C y 3.7 °C (Llaczka Rodríguez, y otros, 2021); para el Perú se espera un aumento próximo a 3 °C (CEPLAN, 2023); sobre este escenario, la temperatura en la microcuenca Challhuamayo alcanzaría una temperatura mínima de 7.55 °C y la valoración económica del agua sería 1.16 soles (0.32 USD) por metro cúbico de agua.



Tabla 3

Escenario del incremento de temperatura y el valor del agua

| Año  | Temperatura mínima (°C) | Valor económico del agua (soles) | Valor económico del agua (USD) |
|------|-------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| 2023 | 5.55                    | 0.55                             | 0.15                           |
| 2030 | 6.01                    | 0.69                             | 0.19                           |
| 2040 | 6.74                    | 0.91                             | 0.25                           |
| 2050 | 7.55                    | 1.16                             | 0.32                           |

## DISCUSIÓN

En el país se ha identificado 3 publicaciones relacionado a valor del agua en cuencas hidrográficas; entre ellos, la publicación de Cervantes Zavala et al (2022), estima la valoración económica en la cuenca del Mariño - Apurímac, determinado 0.20 soles (0.052 USD) por metro cúbico; asimismo, Crispin Cunya (2015) estimó 0.29 soles (0.062 USD) por metro cúbico para los bofedales ubicados en el distrito de Pilpichaca - Huancavelica; de la misma manera Huayhua y Gonzáles (2021), estimaron una valoración de 0.51 soles (0.14 USD) por metro cúbico de agua de la cuenca Mariño; a nivel de América del Sur, el país con mayor número de investigaciones en cuencas hidrográficas es Ecuador, teniendo como resultado un valor 0.016 USD/m<sup>3</sup> y 0.413 USD/m<sup>3</sup>.

## CONCLUSIONES

Para la estimación de la valoración económica de los servicios ecosistémicos de recarga hídrica, se ha identificado una relación significativa con la variable altitud máxima (m.s.n.m.), temperatura promedio anual (°C), superficie de la microcuenca (ha), capacidad de retención de agua en la cuenca (m<sup>3</sup>/año).

La valoración económica del agua y altitud de la microcuenca tiene una relación directa, significa que a mayor altitud el agua tiene mayor valor, esto se debe principalmente a la abundancia de precipitaciones que genera mayor producción de agua y la disponibilidad de fuentes de agua. Además, a mayor altitud, la calidad del agua tiende a ser mejor debido a la menor presencia de contaminantes y mayor filtración en los suelos.

Los resultados muestran que la valoración económica del agua es de 0.55 soles (0.15 USD) por metro cúbico de agua; por otra parte, al 2050 se prevé un incremento de temperatura mínima de 7.55 °C y la valoración económica del agua sería 1.16 soles (0.32 USD) por metro cúbico de agua.

Asimismo, para una adecuada gestión de la microcuenca se recomienda, realizar adecuaciones de los recursos naturales, tales como: recuperación de suelos degradados, forestación con árboles nativos no maderables, adecuación de terrazas de formación lenta, adecuación de zanjas de

infiltración adecuación de amunas, adecuación de bofedales, adecuación de qochas a fin de mejorar la infiltración de la lluvia en el suelo y garantizar la calidad y cantidad del agua.

## REFERENCIAS

- Barreto, G. A., Collaguazo, E. F., & Campaña, A. L. (2018). Valoración económica del servicio de producción hídrica de la microcuenca del río Blanco. *SATHIRI*, 13(2), 168-177. <https://doi.org/10.32645/13906925.763>
- Brouwer, R., Pinto, R., Dugstad, A., & Navrud, S. (2022). The economic value of the Brazilian Amazon rainforest ecosystem services: A meta-analysis of the Brazilian literature. *PLoS one*, 17(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0268425>
- Calles Hernández, J. R. (2013). Valoración económica del recurso hídrico como un servicio ambiental de las zonas de recarga en la subcuenca del río Acelhuate. *Universidad Tecnológica de El Salvador*. <http://hdl.handle.net/11298/244>
- Mariño, Abancay, Perú. *Manglar*, 18(3), 239-246. <https://doi.org/10.17268/manglar.2021.031>



INDECI. (2022). Reporte de emergencias. <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNTFkOWRhYWQtYmMwMS00OWNmLTg4ZTctNjZjYTc1OTIyN2M0IiwidCI6IjNlZWVhZjZlLThNTUuNDg4MC04ODEyLWEzMGZjZGU3OGYyZCJ9&pageName=ReportSectioncd99edcca07a5ff10551>

Llacza Rodríguez, A., Acuña, D., Jácome Vergaray, G., De la Cruz, G., Paredes, J., Bruno, J., Álvarez, E., Flores, W., Urdanivia, L. F., & Sulca, S. (2021). Escenarios climáticos al 2050 en el Perú: Cambios en el clima promedio. <https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/1470>

MIDAGRI. (2022). Lineamientos de siembra y cosecha de agua. <https://www.gob.pe/institucion/midagri/informes-publicaciones/3022937-lineamientos-de-siembra-y-cosecha-de-agua>

Muñoz López, E. I. (2023). Valoración económica del servicio de provisión hídrico de la microcuenca del río Leytopamba, cantón Patate. *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*. <http://dspace.espace.edu.ec/handle/123456789/18313>

CEPLAN. (2023). Aumento de la temperatura global. <https://observatorio.ceplan.gob.pe/ficha/tg38>

Cervantes Zavala, R., Sánchez Uzcátegui, J. M., Rendón Schneir, E., & Alegre Orihuela, J. (2022). ¿Son costo-efectivas las inversiones en infraestructura natural? Un análisis en contexto de mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos hídricos. *Manglar*, 19(1), 53-60. <https://doi.org/10.17268/manglar.2022.007>

Crispin Cunya, M. (2015). Valoración económica ambiental de los bofedales del distrito de Pilpichaca Huancavelica Perú. UNALM, *Escuela de Posgrado*. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/1584>

Enríquez Ruiz, M. G. (2018). Valoración de la disponibilidad hídrica para la conservación de la reserva Sabia Esperanza, en la Microcuenca del río Mataquí. *Tesis de maestría, Universidad Técnica del Norte*. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8178>

Higgins, J. P., Thomas, J., Chandler, J., Cumpston, M., Li, T., Page, M. J., & Welch, V. A. (2019). *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions* (Segunda ed.). *John Wiley & Sons*. <https://doi.org/10.1002/9781119536604>

Huayhua, C. M., & Gonzáles, R. A. (2021). Valoración económica de los flujos hidrológicos y la biodiversidad en la cuenca Once-Collaguazo, B. S., Rivera-Velásquez, M. F., & Wladimir Izurieta-Recalde, C. (2019). Valoración Económica del Servicio de Provisión Hídrica de la Microcuenca del río Chimborazo. *Revista Digital Novasinergia*, 2(1), 96-103. <https://doi.org/10.37135/unach.001.03.09>

Palomino Contreras, M., Sánchez Uzcátegui, J. S., Loyola Gonzales, R., & Manta Nolasco, M. I. (2023). Valoración económica del área de conservación regional de Codo del Pozuzo, Perú. *Revista de Investigación*, 47(110), 190-209. <https://doi.org/10.56219/revistadeinvestigacion.v47i110.2049>

Pazmiño Solís, L. D. (2020). Valoración económica del Servicio Ambiental Hídrico del páramo de la Comunidad Chibuleo, Cantón Ambato. *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*. <http://dspace.espace.edu.ec/handle/123456789/14414>

Rodríguez, H. R., Guevara, N. G., Medina, D. C., Pérez, A. C., & Limas, E. D. (2012). Pago por servicios hidrológicos ambientales en la cuenca del río Guayalejo, Tamaulipas, México. *Papeles de Geografía*, (55-56), 167-178. <https://revistas.um.es/geografia/article/view/176281>

Taye, F. A., Folkersen, M. V., Fleming, C. M., Buckwell, A., Mackey, B., Diwakar, K., Le, D., Hasan, S., & Ange, C. S. (2021). The economic values of global forest ecosystem services: A meta-analysis. *Ecological Economics*, 189. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107145>

Vásquez Tapia, F. (2018). Valoración económica del agua y pago por servicios ambientales hídricos aplicado a la cuenca regulada del río Jequetepeque, Cajamarca-Perú. *Universidad Nacional de Cajamarca*. <https://hdl.handle.net/20.500.14074/2046>

