

Valoración del servicio ecosistémico de aprovisionamiento hídrico de la galería filtrante de Atoqwachana, Oropesa, Cusco

The study of the assessment of the water supply ecosystem service of Atoqwachana, Oropesa, Cusco

Yolanda G. Cairo–Bustos^{1*}, Luciano J. Cruz–Miranda¹ & Wilfredo Chávez–Huaman²

¹ Escuela Profesional de Biología – Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
Av. de la Cultura, 733 Cusco, Perú.

² Instituto de Manejo de Agua y Medio Ambiente

*Autor correspondiente: Yolanda G. Cairo–Bustos, gabrielacairo92@gmail.com

RESUMEN

Para la Valoración del servicio ecosistémico de aprovisionamiento hídrico en la galería filtrante de Atoqwachana de la cuenca de Oropesa, del distrito de Oropesa, provincia de Cusco; se caracterizó la cuenca, las características del suelo, el caudal medio de agua anual que produce la galería, la calidad de agua y la valoración económica a través de la valoración contingente y el análisis econométrico mediante el modelo Logit en el software E-Views y la propuesta de un mecanismo de retribución por el servicio ecosistémico de aprovisionamiento hídrico. La cuenca de Oropesa pertenece a la cuenca hidrográfica del río Amazonas, clasificada de noveno orden, con código Pfafstetter: 499497432, tiene forma ovalada a redonda ($Kc= 1.45$) con un área de 9.9 Km². El valor ecológico del servicio ecosistémico de aprovisionamiento según la metodología de Faggi y Cagnoni es ALTO con un caudal entre 1.8 y 15.4 l/s y una calidad APTA para consumo humano, exceptuando la turbidez que excede los ECA en 7 UNT. Los suelos en la cuenca tienen una textura arenoso y franco arenoso, con porosidad entre 24% y 27% y capacidad de retención hídrica entre 28.6 y 35.8%. El Valor Económico del servicio ecosistémico de aprovisionamiento es la disposición a pagar por los pobladores de Oropesa que es de 1.79 soles sobre la tarifa de agua actual fija de 6.00 soles mensuales; monto que se invertirá en la parte alta de la cuenca.

Palabras claves: Valoración ecológica económica, servicios ecosistémicos, aprovisionamiento, retribución, disposición a pagar.

ABSTRACT

For the Valuation of the ecosystem service of water supply in the filtering gallery of Atoqwachana of the Oropesa basin, in the Oropesa district, in the Cusco province; to characterize of the basin, the characteristics of the soil; the average annual water flow produced by the gallery was determined, the economic valuation through Contingent Valuation method and econometric analysis using the Logit model in the E-Views software. A compensation mechanism for the ecosystem service of water supply is proposed. The gallery is located in the Oropesa basin belonging to the Amazonas watershed, which is classified as ninth order, with Pfafstetter code: 499497432, has round oval shape ($Kc= 1.45$) with an area of 9.9 km². The ecological value of the ecosystem service of supply according to the methodology of Faggi and Cagnoni is HIGH and generates a flow between 1.8 and 15.4 l/s with a quality SUITABLE for human consumption, except for turbidity exceeding EQS at 2 NTU. The soils in the basin have a sandy and sandy loam texture, with porosity between 24% and 27% and water retention capacity between 28.6% and 35.8%. The Economic Value of the ecosystem service of provisioning is 1.79 soles; so the willingness to pay by the inhabitants of Oropesa is 1.79 soles over the current fixed water rate of 6.00 soles per month; this amount should be considered for investment in the upper part of the basin.

Keywords: Ecological economic valuation, ecosystem services, provisioning, retribution, willingness to pay.

INTRODUCCIÓN

Según la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2009), el servicio ecosistémico de aprovisionamiento hídrico es afectado por su uso excesivo y por el cambio climático, con severas consecuencias en el bienestar humano, en la oferta hídrica debido a la disminución en el régimen de precipitación, la deforestación y la baja capacidad de infiltración de agua en la cabecera de la cuenca de Oropesa, y consiguientemente a la reducción del caudal de agua que solo permite abastecer la demanda de agua para consumo humano. Esta problemática origina la necesidad de conocer el valor económico y ecológico del servicio ecosistémico de aprovisionamiento hídrico, que proporciona el ecosistema en la parte alta de la cuenca a través del sistema de acuíferos fisurados (cerro Pachatusan y aldeaños) que abastecen la galería filtrante de Atoqwachana para consumo de la población de Oropesa. La ley N°30215, Ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos, induce a la inversión en acciones orientadas a conservar, recuperar y fomentar el uso sostenible de estos ecosistemas, a través de acuerdos voluntarios entre contribuyentes y

retribuyentes a fin de garantizar la prestación del servicio ecosistémico de aprovisionamiento.

Diversos investigadores han realizado valoraciones económicas en recursos hídricos. Ramos (2017) evaluó la disposición de pago para la cuenca de Collapín, Amazonas; utilizando una valoración contingente y el costo de oportunidad, implementando un Mecanismo de Retribución por Servicios Ecosistémicos Hídricos, siendo la DAP de 2.95 soles mensuales. Los humedales de las comunidades de Yuganqui e Inquilpata (Anta-Cusco); fueron valorados por Guerra (2019) mediante la matriz de Faggi y Cagnoni y la valoración contingente; determinó una DAP de 3 soles. Por otra parte, la E.P.S SEDA CUSCO (2018), aplicó un Mecanismo de Retribución por Servicios Ecosistémicos en la cuenca Piuray–Ccorimarca; estableciendo un incremento en la tarifa de 4.8% y mecanismos de compensación ambiental. Mallqui (2016) evaluó los indicadores biológicos y fisicoquímicos estado ecológico del humedal Lucre-Huacarpay, una valoración contingente y una DAP de 5.30 soles.

El presente estudio considera de suma importancia la valoración económica con el enfoque de servicios

ecosistémicos, que determina el valor ecológico intrínseco del ecosistema y el valor económico de la prestación del servicio ecosistémico de aprovisionamiento de agua a través de la galería filtrante; y determinar un pago por parte de la población usuaria del agua para financiar acciones de conservación en los ecosistemas a través de un mecanismo de retribución por servicios ecosistémicos. Los resultados, permitirán en el mediano plazo, el uso sostenible de los recursos hídricos de la cuenca y consiguientemente mejorar sus condiciones de salubridad y bienestar.

Los objetivos planteados son valorar ecológica y económicamente el servicio ecosistémico de aprovisionamiento hídrico en la galería filtrante Atoqwachana y determinar el estado situacional de los ecosistemas y la prestación del servicio ecosistémico.

METODOLOGÍA

Área de estudio

1. UBICACIÓN POLÍTICA

- REGIÓN : Cusco

- PROVINCIA : Quispicanchi
- DISTRITO : Oropesa

2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La cuenca de Oropesa se encuentra entre los 3100 a 4150, entre las coordenadas UTM siguientes:

- 8'496 000N - 200 000E
- 8'500 000N - 200 000E
- 8'496 000N - 203 000E
- 8'500 000N - 203 000E

Para caracterizar se usó el programa ARCGIS 10.4, determinando la forma de la cuenca, coeficiente de Compacidad (Kc); Choquehuanca (1999) y el código de cuenca Pfafstetter (Zambrano, 2011).

El aforo del caudal de manantes a través del Método Volumétrico, para caracterizar el suelo: textura, porosidad y capacidad de retención hídrica metodologías propuestas por (Franco, 2011).

Los análisis físicos y químicos del agua referidos a dureza, alcalinidad, cloruros, acidez, turbiedad, conductividad, pH y sólidos totales a través de métodos estandarizados. DIRESA (2018).

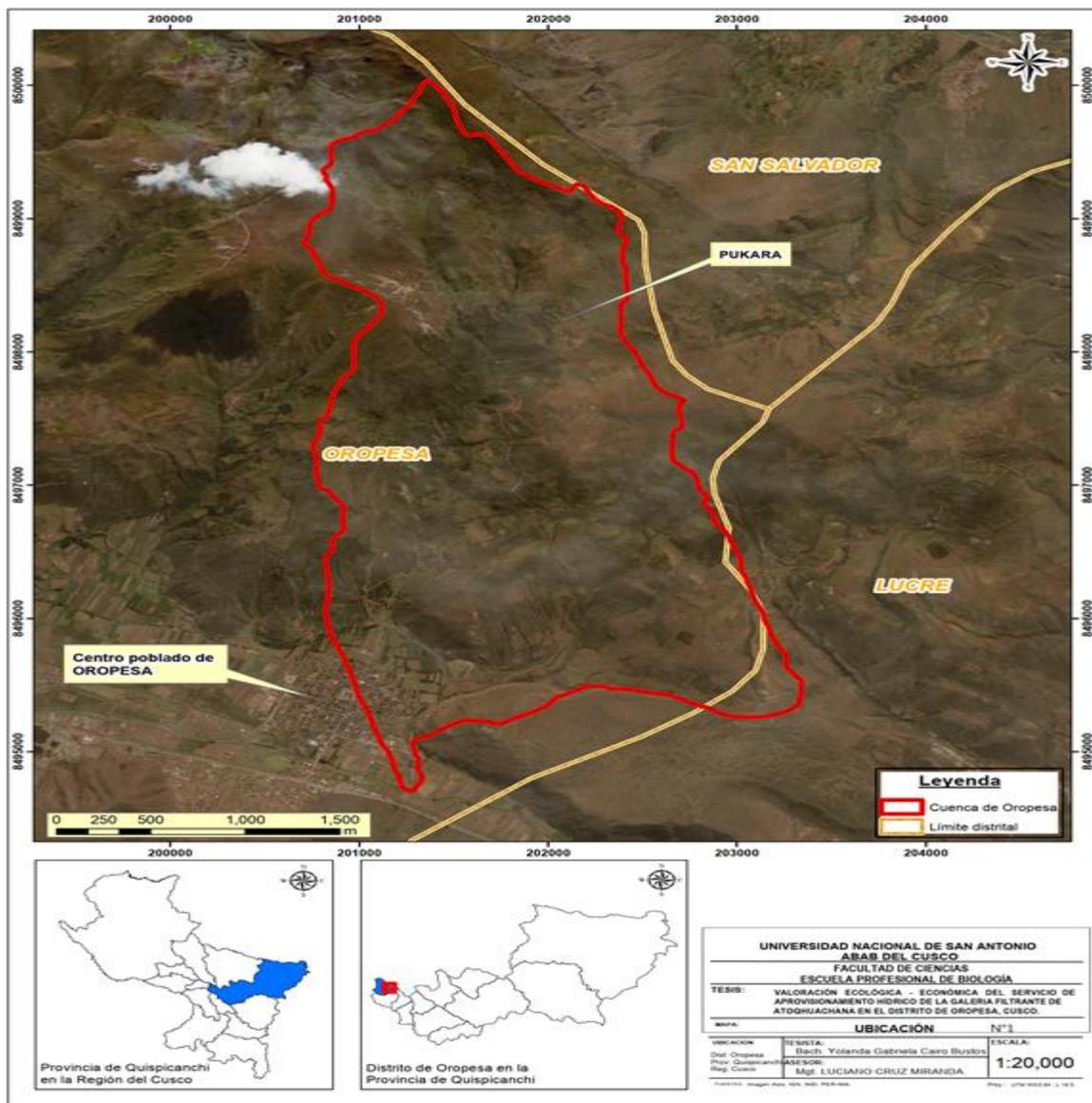


Figura 01. Mapa de Ubicación de la zona de estudio en el distrito de Oropesa - Cusco.

Para valorar el estado de conservación y valor ambiental que posee el servicio ecosistémico a través de criterios ambientales se utilizó la matriz de Faggi & Cagnoni (1994), y el valor económico, considerando como unidad de análisis las viviendas seleccionadas aleatoriamente (De la Torre, 2013) mediante una encuesta para determinar la disposición a pagar, a través del método de valoración contingente en un mercado hipotético, con la siguiente fórmula:

$$DAP_i = f(P_i) + \varepsilon_i$$

Dónde:

DAP: variable dicotómica que toma un valor de 1; si el individuo muestra disposición a pagar el precio "P", en caso de rechazo se asigna el valor de 0 en el modelo Probit y Logit binarios; posterior a este análisis, se realiza la relación entre la disposición a pagar y las características socioeconómicas de los entrevistados.

El análisis econométrico mediante modelos de máxima verosimilitud de Probit y Logit que determinan la probabilidad de la DAP a través de variables socioeconómicas, estimando las variables en el programa Eviews 10. (Azqueta, 2007).

Para el diseño del MERESE se consideró: el valor ecológico del servicio ecosistémico a través de la caracterización y función del ecosistema y la estimación del valor económico a través de la DAP previa identificación y caracterización de los

contribuyentes y retribuyentes. MINAM (2016).

RESULTADOS

La cuenca de Oropesa se halla entre 3100 y 4150 m de altitud. Según Pfastetter (Zambrano, 2011), la cuenca de Oropesa es de noveno nivel y corresponde a la cuenca hidrográfica del río Amazonas con el código 499497432. (Tabla 1 y 2)

El suelo de la cuenca de Oropesa de acuerdo a la CUMS (2018), representa el 42.38% de superficie de protección del total del área de estudio, seguido por suelos de pastoreo con baja calidad agrológica (21.32%) y suelos con aptitud forestal (12.8%). (Tabla 3)

Tabla 1 Características morfológicas de la cuenca de Oropesa

Características	Valor	Observaciones
Área	7.91 Km ²	La cuenca es pequeña
Perímetro	14.52 km	
Elevación media	3 625 m	La cuenca posee una elevación alta
Compacidad	1.45	Cuenca de forma ovalada a redonda

Tabla 2. Registro de Aforos.

CONTROL DE AFOROS								
MANANTES	Época de secas (2017)				Época de lluvias (2018)			
Punto de aforo (l/s)	jun	jul	ago	set	feb	mar	abr	may
Atoqwachana	11.2	10.5	10	13.3	5.7	6.7	7.1	7.1
Quincemilniyoq	12.5	10	12.5	11.8	2	2.5	2	1.8
Galería filtrante	15.4	15.4	20	25	10.2	10.7	10.2	10.2

Tabla 3. pH, textura y tipo de suelo.

Código	Muestra	pH	% Arena	% Limo	% Arcilla	Tipo de suelo
S001	Suelo de Manante	6.7	99.28	0.7	0.007	Arenoso
S002	Suelo de Cultivo	6.6	75.03	24.8	0.08	Franco arenoso
S003	Zanja de Infiltración	6.7	55.04	27.3	17.7	Franco arenoso

Fuente: Elaboración propia con base en Franco, (2011). Lab. FC. Ciencias UNSAAC, 2018.

La Porosidad de las muestras S 001, S 002 y S 003 poseen valores bajos de 26%, 27% y 24% respectivamente; mientras que las muestras S002 y S003 poseen una capacidad de retención hídrica de 28.6% a 35.8%, que corresponden al tipo de suelo franco.

El agua que abastece la galería de Atoqwachana, de fuente subterránea, se encuentra libre de gérmenes patógenos, pero en la distribución se contamina por sólidos incrementando la turbidez que excede el LMP en la categoría A1 para la producción de agua potable que pueden ser potabilizadas con desinfección. (D.S. N°004-2017-MINAM). (Tabla 4)

Los valores registrados dureza total, cloruros, conductividad, pH, y sólidos totales disueltos, están dentro de los límites máximos permisibles de agua para consumo humano excepto la turbiedad. El NMP/100ml de coliformes, en la

galería filtrante, excede el LMP para coliformes totales, que requiere un tratamiento mediante cloración para consumo humano. (Tabla 5)

El valor ecológico real determinado para el servicio de aprovisionamiento hídrico, es de 8.8 (ALTO) que resulta de la suma de variables (naturalidad: 3, madurez: 3, riqueza específica: 4, estratificación: 5, peligrosidad: 4, presencia: 2, densidad: 1) multiplicado por el factor de corrección (0.4) (Faggi & Cagnoni, 1994); que indica un ecosistema poco disturbado en la parte alta y media de la cuenca, pese a la alta peligrosidad a la que se encuentran sometidos ecosistemas sensibles como los bofedales.

El Valor Económico del servicio ecosistémico de Aprovisionamiento Hídrico, se muestra en la tabla 6.

Según el criterio de Schwarz, la significancia de las variables, poseen mayor significancia si el valor obtenido se aproxima al valor de 1. La media aritmética determina 1.79 de sol como la disposición a pagar por los pobladores de Oropesa para las acciones de conservación de la cabecera de cuenca; que permita garantizar el aprovisionamiento de agua de la galería filtrante de Atoqwachana del distrito de Oropesa. (Tabla 7).

La implementación del Mecanismo de Retribución por el servicio Ecosistémico de aprovisionamiento hídrico contempla las siguientes fases:

1. La estructura y función, con valor ALTO para el ecosistema de la cuenca de Oropesa.
2. Los contribuyentes encargados de conservación y protección del servicio ecosistémico.
3. Retribuyentes de la DAP por el servicio hídrico.

Tabla 4. *Parámetros de Agua para consumo humano.*

Parámetro	Unidad	LMP	Resultados
Dureza Total	mg/l CaCO ₃	500	138.4
Cloruros	mg/l Cl ⁻	250	11.8
Turbiedad	NTU	5	12.75
Conductividad	μs/cm	1500	284.0
pH	Ud de pH	6.5 - 8.5	6.87
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	1000.0	143.0

Fuente: Elaboración propia en base al D.S. N°004-2017-MINAM

Tabla 5. *Registro Bacteriológico del agua.*

Muestra	Bacterias	Unidad	Límite de detección	Resultados
A-b-001	Coliformes totales	NMP/100 ml	<1.8	2
	Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	<1.8	<1.8
A-b-002	Coliformes totales	NMP/100 ml	<1.8	<1.8
	Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	<1.8	<1.8

Fuente: Elaboración propia en base al análisis de laboratorio SEDA CUSCO, 2018.

Tabla 6. *Significancia estadística de Variables del valor económico*

	DAP	EDAD	SEXO	GRADO	OCUPACIÓN	(DAP) (S/.)	TIEMPO	OFERTA
Media	0.81	44.14	0.53	1.4	2.28	3.1	0.83	0.72
Mediana	1	42	1	1	2	3	1	1
Máximo	1	81	1	3	3	4	1	1
Mínimo	0	19	0	0	1	1	0	0
Obs. totales	36							

Fuente: Elaboración propia con base a variables econométricas, 2018.

Tabla 7. *DAP*

Parámetros	Mínimos Cuadrados	Probit	Logit
Variable DapSoles	-0.055509	-0.376598	-0.557319
Media aritmetica	18.01509665	2.65535133	1.794304519

DISCUSIÓN

Ramos (2017) determinó que la DAP está condicionado al nivel de educación y la oferta hídrica; que concuerda con la cuenca de Oropesa, donde la tasa de analfabetismo es de 10,8% lo que refleja en la menor DAP por el poblador de Oropesa, que desea incrementar mientras mayor sea la oferta hídrica para las actividades diarias. Guerra (2019) determinó un valor ecológico por el servicio ambiental de 8 considerado ALTO con valor similar al valor ecosistémico de aprovisionamiento hídrico de la cuenca de Oropesa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Azqueta, D. (2007). Valoración económica del servicio ambiental hidrológico de la microcuenca Pasos de Caballos. Nicaragua.
- Choquehuanca, A. (1999). Análisis morfométrico de la cuenca hidrográfica del Río Lucre.
- De la Torre, C. & Acostupa, Y. (2013). Estadística Inferencial para investigación en ciencias de la salud.
- D.S. N°004-2017-MINAM, Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. El Peruano.
- De la Torre (2013). Estadística Inferencial para Investigación en Ciencias de la Salud.
- DIRESA, Dirección regional de Salud Cusco (2018). Análisis fisicoquímico de la galería filtrante de Atoqwachana.
- E.P.S. SEDA CUSCO (2013-2018). Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos en la microcuenca de Piuray Ccorimarca-Chincheru.
- Evaluación De Los Ecosistemas Del Milenio (2009). Millennium Ecosystem Assessment.
- Franco, J. (2011). Ecología y Conservación: laboratorio y campo. Trillas.
- Guerra, C. (2019). Valoración ecológica y económica del humedal de las comunidades de Yunguqui e Inquilpata, provincia Anta-Cusco. <http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/UNSAAC/4620>
- IMA Instituto de Manejo de Agua y Medio Ambiente (2016). Recuperación Del Servicio Ecosistémico de Regulación Hídrica En la Cuenca De Pachatusan, Distrito Oropesa, Quispicanchis.
- Mallqui, S. (2016). Valoración ecológica – económica del recurso hídrico en el humedal Lucre-Huacarpay, <http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/UNSAAC/5164>
- MINAM (2016). Guía de valoración del Patrimonio Natural. 2ª.ed.
- Ramos, S. (2017). Mecanismos de retribución por Servicios Ecosistémicos hídricos en la microcuenca Collapín, Amazonas.
- Zambrano, A. (2011). Delimitación, codificación de las cuencas hidrográficas según los métodos de Pfasftetter y Strahler.

Presentado: 01/07/2021

Aceptado: 29/07/2021

Publicado: 31/01/2022