



UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO  
RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE  
AMAZONAS



**ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRIA EN GESTIÓN PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE**

**“Escenarios de sostenibilidad del servicio hídrico en la  
microcuenca del río Tilacancha a partir de la disposición a pagar  
estimada con dos modelos econométricos”**

**TESIS PARA OBTENER  
EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN GESTIÓN PARA EL  
DESARROLLO SUSTENTABLE**

**Autor:**

**Bach. Erick Stevinsonn Arellanos Carrión**

**Asesor:**

**M.Sc. Wagner Guzmán Castillo**

**Chachapoyas – Perú**

**2018**

## **DEDICATORIA**

A mis madres, Lucía y Flor de María

A mi padre, José Manuel

## AGRADECIMIENTOS

Llegar a este momento de mi carrera no hubiese sido posible sin la ayuda de las personas importantes que Dios puso en mi camino, con ellos quedaré endeudado eternamente por su motivación, colaboración y su fe en mi para hacer físico una idea y ahora verla hecha realidad en esta investigación. La gratitud en silencio no sirve a nadie, así que es inexcusable no nombrarlos.

Empiezo por agradecer a mi querido padre, persona que sin esfuerzo alguno se gana mi admiración y respeto. Reconozco padre con esta tesis, tu motivación para todos mis proyectos y tu labor loable, como esposo, padre y el mejor de los amigos.

Especial agradecimiento tengo para mi amigo Segundo Grimaldo Chavez Quintana. Aprecio sobremanera tu tiempo, tus desinteresados consejos y sugerencias académicas, que han sido decisivos. Me adentré en el conocimiento del Proceso Analítico Jerárquico por las largas charlas que compartimos. Haber usado la técnica en conjunto con el modelo Choice Experiment, fue una manera de averiguar cómo dos líneas teóricas diferentes se pueden complementar, para priorizar y valorar los atributos del recurso hídrico.

Agradezco a mi asesor Wagner Guzmán Castillo, por alentarme a emprender un reto de este tamaño, sin sus específicas pautas esto no hubiera sido posible.

Por último agradezco, aunque probablemente no se lleguen a enterar, a los jefes de hogar entrevistados y al panel de expertos del recurso hídrico que tuvieron la buena disponibilidad de atenderme.

Mi eterno agradecimiento a todos ellos.

**AUTORIDADES**

DR. POLICARPIO CHAUCA VALQUI

**RECTOR**

DR. MIGUEL ÁNGEL BARRENA GURBILLÓN

**VICERRECTOR ACADÉMICO**

DRA. FLOR TERESA GARCÍA HUAMÁN

**VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN**

DR. ÓSCAR ANDRÉS GAMARRA TORRES

**DIRECTOR DE LA ESCUELA DE POSGRADO**



ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS

En la ciudad de Chachapoyas, el día 14 de Noviembre del año 2018,  
siendo las 5:00 p.m. horas, el aspirante:  
Erick Stevinson Arellanos Carrion defiende públicamente la tesis  
titulada: Escenarios de sostenibilidad del recurso hídrico en la  
microcuenca del río Tilarancha a partir de la disposición a pagar estimada  
con dos modelos econométricos

para optar el grado de maestro en:

Gestión para el Desarrollo Sustentable

otorgado por la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, ante el jurado, constituido por:

Presidente: Dr. Miguel Angel Barrera Gorbillón

Secretario: M.Sc. Segundo Manuel Diva Cruz

Vocal: M.s. Jonathan Alberto Campos Trigos

Procedió el aspirante a hacer la exposición de los antecedentes, contenido de la tesis y conclusiones obtenidas de la misma, haciendo especial mención de sus aportaciones originales.

Terminada la defensa de la tesis presentada, los miembros del jurado pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones u objeciones consideraran oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del jurado y las oportunas contestaciones del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los miembros del jurado presentes en el acto, a fin de que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el jurado determinará la calificación global concedida a la tesis, en términos de:

- a) (19-20) Excelente.
- b) (17-18) Muy Bueno.
- c) (15-16) Bueno.
- d) (14) Aprobado.
- e) (0-13) Desaprobado.

Otorgada la calificación de Diecisiete y el presidente del Jurado comunica, en sesión pública, la calificación concedida. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 6:36 p.m. horas del mismo día, el jurado concluye el acto de sustentación de la tesis.

  
SECRETARIO

  
PRESIDENTE

  
VOCAL

OBSERVACIONES:.....

## **VISTO BUENO DEL ASESOR**

El docente de la UNTRM que suscribe, hace constar que ha asesorado la ejecución de la tesis titulada:

**“Escenarios de sostenibilidad del servicio hídrico en la microcuenca del río Tilacancha a partir de la disposición a pagar estimada con dos modelos econométricos”**

Presentado por el alumno de la Maestría en Gestión para el Desarrollo Sustentable:

**Bach. Erick Stevinsonn Arellanos Carrión**

El docente de la UNTRM que suscribe, da visto bueno al informe final de la tesis en mención, para que sea sometida a revisión por el jurado evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones para continuar con los trámites correspondientes.

---

M.Sc. Wagner Guzmán Castillo

**Asesor de Tesis**

## DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO

Yo, Erick Stevinsonn Arellanos Carrión, identificado con D.N.I.: 44542645, alumno de posgrado de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, autor de las tesis titulada “Escenarios de sostenibilidad del servicio hídrico en la microcuenca del río Tilacancha a partir de la disposición a pagar estimada con dos modelos econométricos”, declaro que:

1. El trabajo de investigación, presentado para obtener el grado académico de maestro, es original, resultado de la ejecución del proyecto de tesis. No se utilizó información, asumiéndola como propia, perteneciente a otros trabajos de investigación, tampoco ideas, fórmulas, ni citas completas “*stricto sensu*”, así como ilustraciones provenientes de tesis, obras, artículos, memorias, etc. en versión original o impresa. Cuando se hizo referencia a ideas e información perteneciente a otros autores, se indicó en forma clara y precisa el autor y la fuente, debidamente citados, tanto en el cuerpo del texto como en tablas, figuras, en las referencias bibliográficas u otros.

2. La tesis que pongo en consideración para evaluación no ha sido presentado anteriormente para obtener algún grado académico o título, ni ha sido publicado en sitio alguno.

Soy consciente que el hecho de no respetar los derechos de autor y cometer plagio, son objeto de sanciones universitarias y/o legales, por lo que asumo cualquier responsabilidad que pudiera ocasionar el incumplimiento de lo declarado.

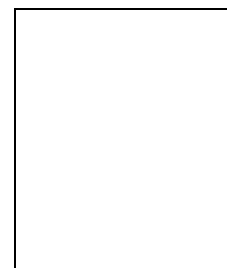
De identificarse falsificación, plagio, fraude, o que la tesis ha sido publicado anteriormente, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, responsabilizándome por todas las cargas pecuniarias o legales, además, me someto a las normas establecidas y vigentes de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

Chachapoyas, 14 de noviembre de 2018

---

Erick Stevinsonn Arellanos Carrión

D.N.I.: 44542645



**JURADO EVALUADOR**

DR. MIGUEL ÁNGEL BARRENA GURBILLÓN

**PRESIDENTE**

M.Sc. SEGUNDO MANUEL OLIVA CRUZ

**SECRETARIO**

Ms. JONATHAN ALBERTO CAMPOS TRIGOSO

**VOCAL**



## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
AUTORIDADES	iv
JURADO EVALUADOR	viii
RESUMEN	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MATERIAL Y MÉTODOS	8
2.1. Diseño de investigación	8
2.2. Población, muestra y muestreo	8
2.3. Métodos	9
2.4. Técnicas e instrumentos	9
2.4.1. Entrevista	9
2.4.2. Tarjetas de elección	10
2.4.3. Comparaciones pareadas	12
2.5. Procedimiento	14
2.5.1. Caracterización del servicio hídrico	14
2.5.2. Experimentos de Elección (EE)	15
2.5.3. Proceso Analítico Jerárquico (AHP)	16
2.5.4. Diseño de escenarios de sostenibilidad	19
2.6. Análisis de datos	19
III. RESULTADOS	21
3.1. Estado actual del MRSE hídrico en Chachapoyas	21
3.2. Estimación de la disposición a pagar por el recurso hídrico con EE	27
3.3. Estimación del valor económico del recurso hídrico con AHP	29
3.4. Análisis comparativo: EE vs. AHP	30
3.5. Propuesta de escenarios de sostenibilidad	33
3.5.1. Escenario 1: integración de los resultados de EE	33
3.5.2. Escenario 2: integración de los resultados de AHP	35
IV. DISCUSIÓN	36
V. CONCLUSIONES	39
VI. RECOMENDACIONES	40
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
ANEXOS	46

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Estructura de los experimentos de elección	4
Tabla 2. Atributos y niveles del servicio hídrico usados en Experimentos de Elección	11
Tabla 3. Escala fundamental de comparaciones pareadas	14
Tabla 4. Valores de consistencia aleatoria	18
Tabla 5. Porcentajes máximos de ratio de consistencia	18
Tabla 6. Proyectos de inversión pública implementados con el MRSE hídrico	26
Tabla 7. Coeficientes estimados con el modelo logit condicional	28
Tabla 8. Disposición a pagar marginales ( $DAP_m$ ) estimado con EE	28
Tabla 9. Pesos agregados y monetización de los atributos del recurso hídrico con AHP	29
Tabla 10. Importancia relativa de los atributos con EE y AHP	31
Tabla 11. Agregación de resultados de la disposición a pagar marginal para el volumen de agua consumido en Chachapoyas	34
Tabla 12. Valor económico del recurso hídrico agregado para el volumen de agua consumido en Chachapoyas	35
Tabla 13. Descripción de los niveles de los atributos del recurso hídrico de Tilacancha para Experimentos de Elección	48
Tabla 14. Arreglo ortogonal del diseño factorial fraccionado	49
Tabla 15. Tarjetas de elección seleccionadas aleatoriamente	50
Tabla 16. Estadísticos del logit condicional	51
Tabla 17. Prueba de Hausman & McFadden para evaluar la independencia de alternativas irrelevantes (IIA)	52
Tabla 18. Edad del entrevistado	52
Tabla 19. Sexo del entrevistado	52
Tabla 20. Nivel educativo del entrevistado	53
Tabla 21. Ingreso mensual del entrevistado	53
Tabla 22. Número de hijos en la familia	54
Tabla 23. Número de integrantes de la familia	54
Tabla 24. Preguntas de percepción	55
Tabla 25. Preferencias por los escenarios propuestos	55
Tabla 26. Descripción de los atributos del servicio hídrico para el panel de expertos	56
Tabla 27. Relación de expertos encuestados con la técnica AHP	57
Tabla 28. Ratio de consistencia a las encuestas del panel de expertos, técnica AHP	59
Tabla 29. Vector propio de las encuestas consistentes en la técnica AHP	60

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ejemplo de una tarjeta de elección usada en la presente investigación	10
Figura 2. Encuesta de comparaciones pareadas	12
Figura 3. Matriz de comparaciones pareadas	17
Figura 4. Agua producida y conexiones totales de agua en la ciudad de Chachapoyas en el periodo 2013 – 2017	22
Figura 5. Coliformes fecales y totales en el periodo 2013 – 2017, registrados en la entrada de la planta de tratamiento de EMUSAP S.R.L.	23
Figura 6. Evolución del consumo de cloro gas, sulfato de aluminio y cal hidratada en la planta de tratamiento de EMUSAP S.R.L. en el periodo 2013 – 2017	24
Figura 7. Evolución del consumo de hipoclorito de calcio, polímero catiónico y sulfato de cobre en la planta de tratamiento de EMUSAP S.R.L. en el periodo 2013 – 2017	25

## RESUMEN

En este estudio se aplicaron las técnicas Experimentos de Elección (EE) y Proceso Analítico Jerárquico (AHP) para identificar las preferencias de los usuarios por los atributos del recurso hídrico. El objetivo fue evaluar escenarios de sostenibilidad del servicio hídrico en la microcuenca del río Tilacancha a partir de los valores económicos estimados con ambas técnicas econométricas. Se diseñaron tarjetas de elección para EE y una encuesta de comparaciones pareadas en AHP, con base en los cuatro atributos del recurso hídrico: regulación hídrica, control de sedimentos, rendimiento hídrico y mantenimiento de la calidad. En ambas técnicas se consideró un quinto atributo, tarifa de acceso en EE y costo del servicio en AHP. Se aplicaron 370 tarjetas de elección a los usuarios del agua y la encuesta de comparaciones pareadas a un panel de 16 expertos. Las ponderaciones de los atributos se estimaron utilizando una función logit condicional en EE, y utilizando el método de multiplicación de matrices en AHP. La técnica EE estimó las disposiciones a pagar marginales por los atributos del recurso, y AHP, el valor económico de los mismos. Los resultados revelan que tanto EE como AHP, priorizan los atributos regulación hídrica y mantenimiento de la calidad, por encima del rendimiento hídrico y control de sedimentos, con diferentes niveles de importancia. Las utilidades obtenidas con EE pueden servir para diseñar tarifas de retribución por el servicio ecosistémico, y las de AHP, para sustentar los beneficios sociales y ambientales en el diseño de proyectos de inversión pública.

### **Palabras clave:**

Tilacancha, recurso hídrico, Experimentos de Elección, Proceso Analítico Jerárquico, sostenibilidad.

## **ABSTRACT**

In this study Choice Experiments (CE) and Analytical Hierarchy Process (AHP) models were applied to identify the users' preferences of for the attributes of water resource. It was aimed to evaluate the sustainability scenarios of water service in Tilacancha river basin, based on the economic values estimated with both CE and AHP econometric models. Election cards were designed for CE and a survey of paired comparisons in AHP, based on the four attributes of the water resource: water regulation, sediment control, water performance and quality maintenance. In either models, a fifth attribute was considered, the access fee in CE and the cost of service in AHP. 370 choice cards were applied to the users of water, and pair-comparison surveys to a panel of 16 experts. Weightings for the attributes were estimated using a conditional logit function in CE, and using the method of matrix multiplication in AHP. The CE model estimated the marginal willingness to pay for the attributes of the water resource, and AHP, the economic value of it. The results reveal that both CE and AHP prioritise the attributes of water regulation and quality maintenance, over water performance and sediment control, showing different levels of importance. Profits obtained with CE can be used to design remunerative rates for the ecosystem service, likewise those obtained with AHP can be used to sustain the social and environmental benefits in the design of public investment projects.

### **Keywords:**

Tilacancha, water resource, Choice Experiment, Analytical Hierarchy Process, sustainability.

## I. INTRODUCCIÓN

Desde inicios de la década de los 90, en Latinoamérica se han implementado 40 casos de Pagos por Servicios Ecosistémicos (PSE): 23 fueron exitosos, 12 parcialmente exitosos y cinco fracasaron, haciendo que el mecanismo sea cada vez más usado para mejorar las prácticas de gestión para el mantenimiento y provisión de los servicios ecosistémicos. De los 40 casos, 40% fueron iniciativas públicas y el resto arreglos privados y público-privados, asimismo, 50% atendieron una problemática común, el agua (Grima, Singh, Smetschka, & Ringhofer, 2016). Los líderes regionales en la implementación del mecanismo son Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador y Costa Rica con más de cinco experiencias por país. La única experiencia peruana es del año 2007 en Moyobamba, región San Martín.

En el Perú no fue posible implementar un Mecanismo de Retribución por Servicios Ecosistémicos (MRSE) por la carencia de normatividad, hasta el año 2015 cuando se publicó la Ley N°30215. Anterior a ello, el caso de la Municipalidad de Moyobamba en 2010 fue el único documentado sobre la ejecución de iniciativas de compensación por servicios hídricos. Sin embargo, este no logró funcionar como tal, porque no fue implementado sobre estructuras sólidas (MINAM, 2010). En la ciudad de Chachapoyas, existió una iniciativa público – privada para promover un mecanismo de compensación por servicios hídricos con la finalidad de proteger las fuentes generadoras de la microcuenca del río Tilacancha. Esta se concretó en 2015 con la implementación y funcionamiento del MRSE hídrico en el marco de la Ley N°30215 (Seitz, 2015).

Antes de ello, se realizaron algunos estudios en la región Amazonas con la finalidad de evaluar retribuciones hipotéticas a los ofertantes del servicio hídrico. Aplicaron el método de valoración contingente en las ciudades de Bagua Grande, Chachapoyas y San Nicolás para estimar valores de disposición a pagar (DAP) frente a situaciones sociales, económicos y ambientales diferentes. El estudio concluyó para Chachapoyas, que la DAP es de 0,14 soles/m<sup>3</sup>/mes, y extrapolado para el total de agua consumido por la población de Chachapoyas, podría constituir un monto inicial para establecer un fondo para la conservación de Tilacancha (Guzmán, Arellanos, & Chavez, 2013). El estudio encontró relaciones altamente significativas entre la disposición de pago con las variables ingreso, educación, monto de cooperación y relación agua-bosque. Un estudio como éste, puede ser utilizado para priorizar políticas sobre la gestión de servicio ecosistémico, sin embargo, existen técnicas como Experimentos de Elección (EE) con ventajas importantes sobre Valoración Contingente, permite por ejemplo,

mostrar valores marginales para los atributos de un activo ambiental (Hanley, Wright, & Adamowicz, 1998) y tiene méritos para estimar valores de uso (Adamowicz, Boxall, Williams, & Louviere, 1998), lo cual facilitaría el diseño de políticas detalladas sobre la gestión del recurso.

En ese sentido, en los últimos años muchas investigaciones se han decantado por experimentos de elección para estimar el valor de atributos ambientales, por ejemplo en Zambia, la técnica ha permitido demostrar que los agricultores prefieren insumos agrícolas más que los pagos efectivos generados por el PSE, destacando que los PSE pueden generar conservación de los bosques e intensificar la agricultura a pequeña escala (Vorlaufer, Falk, Dufhues, & Kirk, 2017). En el norte de Ecuador, se propuso un PSE basado en crédito bancario para proteger los bosques nublados que proveen muchos servicios ecosistémicos como la regulación y suministro de agua. La técnica EE fue diseñado para determinar la preferencia de un hogar por los atributos de un préstamo, de manera que, las tasas de interés se incrementa si no se cumple la condicionalidad ambiental (Cranford & Mourato, 2014).

La técnica EE también se ha aplicado en forma conjunta con otras técnicas como Proceso Analítico Jerárquico (AHP, por sus siglas en inglés), en bienes de mercado. Por ejemplo, en la Comunidad Autónoma de Cataluña en España, se usaron ambas técnicas para estimar preferencias de compra de carne de conejo. El estudio demostró altos niveles de similitudes en las preferencias establecidas en los atributos y niveles con ambas técnicas (Kallas, Lambarraa, & Gil, 2011). La combinación de ambas técnicas aún no se ha usado para estimar preferencias individuales por activos ambientales.

Los PSE son mecanismos del Banco Mundial como estrategia para frenar la degradación de los activos naturales en países pobres, mediante institucionalización de acuerdo con los actores involucrados y generando financiamiento. Son de funcionamiento sencillo, en el que los agentes afectados positivamente por un determinado manejo ambiental, pagan a quienes proveen el servicio, entendiendo que, de otra forma no lo harían. Si para los ofertantes de agua, los dueños de las fuentes generadoras, el costo de oportunidad del cambio en el uso del suelo es menor que los beneficios que ello le reportaría a los demandantes del servicio más abajo, entonces se debe poner en marcha la institucionalización del esquema para que pueda funcionar, por ejemplo, la organización de usuarios en la ciudad y por otro lado, la organización de propietarios del servicio dentro de un marco normativo y legal (Azqueta, Alviar, Dominguez, & O´Ryan, 2007).

Para el funcionamiento de los PSE deben cumplirse requisitos básicos: el servicio ecosistémico (SE) tiene que estar bien definido, o mediante un uso del suelo que asegure el servicio, debe ser comprado por al menos un comprador de SE a por lo menos un proveedor de SE, sólo si el proveedor asegura la provisión del SE transado, este último aspecto constituye el condicionamiento (Wunder, 2005).

Los nombres que adopta el esquema de PSE suelen variar en los países, en el Perú se denomina Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos, MRSE. Hasta antes de 2015, pese a las iniciativas locales no pudieron establecer estos esquemas en el ámbito nacional. Sin embargo, con la dación de la Ley N°30215, Ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos, se han implementado hasta la actualidad 22 casos piloto en el Perú, regulados por SUNASS (MINAM, 2016b). Según la ley, el mecanismo de PSE tiene la finalidad de asegurar la permanencia de los beneficios generados por los ecosistemas, disponiendo que los contribuyentes de dicho servicio perciban una retribución condicionada a la realización de acciones de conservación, recuperación y uso sostenible de las fuentes de los servicios ecosistémicos por parte de los retribuyentes.

Para el diseñar un MRSE la Ley N°30215 indica que deben seguirse los siguientes lineamientos: a) Caracterización del servicio ecosistémico, b) Identificación y caracterización de los contribuyentes y retribuyentes, c) Estimación del valor económico del servicio ecosistémico y los costos necesarios para mantener el flujo del servicio ecosistémico, la voluntad de pago u otros que contribuyan a los acuerdos, d) Establecimiento de acuerdos entre los contribuyentes y retribuyentes, e) Promoción de una plataforma de monitoreo del cumplimiento de acuerdos y, f) el diseño de un sistema de monitoreo de las acciones de conservación, recuperación y uso sostenible de los ecosistemas.

Adicionalmente, se debe realizar un Diagnóstico Hidrológico Rápido (DHR), estudio que permite caracterizar los servicios ecosistémicos hídricos en las cuencas y, explicar cualitativamente y/o cuantitativamente la efectividad y los impactos de las acciones de conservación que se decidan aplicar en el MRSE (Resolución de Consejo Directivo N°045-2017-SUNASS-CD, 2017).

Los estudios de valor económica pueden realizarse con Experimentos de Elección (EE), método de preferencias declaradas que consiste en presentar a los entrevistados, mercados hipotéticos para analizar cambios en el bienestar en los individuos por la implementación de



alternativas de elección en la gestión de un determinado servicio ecosistémico (MINAM, 2016a). La base teórica de Experimentos de Elección es el modelo de elección de consumo (Lancaster, 1966), modelo donde se supone que las características de los bienes, y no los bienes en sí, son los que generan la demanda de los individuos y la utilidad. De otro lado, el desarrollo econométrico de EE fue basado en los modelos de utilidad aleatoria de Luce (1959) y McFadden (1974), los cuales suponen que la elección de un individuo por un determinado bien está definido por la utilidad que espera de él.

El método consiste en desagregar el bien que carece de precio de mercado, en atributos y niveles, características que permite a los entrevistados a través de tarjetas o encuestas, emitir sus preferencias, lo que a su vez permite analizar el valor que la sociedad otorga a los atributos, y con ello, estimar el cambio en bienestar ocasionado por determinados cambios en los atributos.

Tabla 1. Estructura de los experimentos de elección

Escenario A	Escenario B	Escenario C
a1	a2	
b1	b2	
c1	c2	<i>Statu quo</i>
.	.	
.	.	
.	.	
n1	n2	

Donde a, b, c,... n son atributos del activo ambiental.

Fuente: adaptado de (Tudela, Martínez, Valdivia, Portillo, & Romo, 2009).

La Tabla 1 ayuda a comprender el ejercicio de los EE. Se presenta a los individuos una serie de conjuntos de elección referidos a distintos estados posibles del bien, llamados escenarios, para que ellos escojan la alternativa preferida en cada conjunto de elección. Por fines didácticos se presenta dos escenarios A y B, pudiendo ser más según el investigador, de igual manera la cantidad de atributos. Sin embargo, la elección del número de escenarios influirá determinantemente en la complejidad del ejercicio y la comprensión del entrevistado. El entrevistado se enfrenta a la cuestión de elegir un escenario, caracterizados por sus atributos y niveles, frente al estado actual del bien en cuestión (*statu quo*). Es necesario para inferir el

valor económico del bien que carece de mercado, que al menos uno de los atributos sea de carácter monetario (MINAM, 2016a).

Proceso Analítico Jerárquico (AHP), es una técnica que también puede utilizarse en valoración económica. Fue propuesto por Thomas L. Saaty en 1980, consiste en una técnica multicriterio discreta, que surgió como respuesta a problemas en la toma de decisiones en el Departamento de Defensa de los EEUU. Es un método pensado inicialmente para la ayuda en la toma de decisiones empresariales, permite ante un conjunto de alternativas posibles llegar a una priorización de las mismas utilizando la comparación por pares entre elementos mediante una escala fundamental diseñada para tal efecto. Actualmente existen estudios en los que se ha utilizado el método para la valoración de activos ambientales (Aznar & Estruch, 2015; Aznar & Guijarro, 2012).

El método se adapta bien a situaciones muy diversas y su cálculo es sencillo, consiste en la selección de alternativas, ya sean estrategias, inversiones o actuaciones, en función de una serie de variables o criterios.

- Se inicia con el interés que puede tener para un decisor de seleccionar entre un conjunto de alternativas en cuál de ellas es más interesante.
- Se define qué criterios se van a utilizar para establecer la selección, es decir cuáles son las características que pueden hacer más deseable una alternativa sobre otra.
- Definidas las características, se debe decidir si todas ellas influyen de la misma forma en el interés de la alternativa o bien influyen en pesos distintos. El experto puede cuantificar el grado de presencia o ausencia de determinada característica, generalmente estos pesos son diferentes y requieren de una ponderación previa.

Aznar & Estruch (2015) indican que AHP es un método de selección de alternativas o atributos, que pueden ser estrategias, inversiones, etc., con base en criterios o niveles que suelen estar en conflicto. Luego de la ponderación de los criterios, se procede a ponderar las alternativas evaluando cada criterio. Para tal fin, se comparan una a una, todas las alternativas evaluando cada criterio, y se obtiene una matriz de orden  $n$ , siendo  $n$  el número de criterios. De cada una se calcula su vector propio, que indicará la ponderación de las distintas alternativas en función de cada criterio. Finalizado un proceso de multiplicación de matrices, se obtiene una matriz columna  $m \times 1$  que muestra la ponderación de las alternativas en función de todos los criterios, esto representan, el peso o importancia de las alternativas.

Tilacancha es la principal fuente productora de agua que abastece a la ciudad de Chachapoyas, además, es la principal subcuenca dentro del Área de Conservación Privada (ACP) Tilacancha (I. Lucich, Alvarado, Bohorquez, Villar, & Pineda, 2014). Esta ACP fue reconocida a través de Resolución Ministerial N°118-2010-MINAM, siendo sus titulares las Comunidades Campesinas de San Isidro del Maino y Levanto. La extensión del ACP es 6 800, 48 hectáreas y el objetivo del reconocimiento es conservar la parte alta de las subcuencas Tilacancha y Cruzhuayco, los pajonales, los bosques montanos y la diversidad biológica, para contribuir a la sostenibilidad de las subcuencas y garantizar los servicios ecosistémicos (MINAM, 2014).

La ganadería extensiva en dichos pajonales es la principal actividad económica en las Comunidades Campesinas (Méndez, Corcuera, Silva, & Guzmán, 2017), junto con la tumba, roso, quema de bosque y reforestación con pinos en el ámbito de los pajonales del ACP Tilacancha, amenazan y deterioran la calidad de sus servicios ecosistémicos hídricos, que actualmente benefician a los 30 935 habitantes de la ciudad de Chachapoyas, distribuidos en 7 030 conexiones activas de agua (SUNASS, 2015a). En las comunidades, además del uso doméstico, el agua se utiliza en actividades agropecuarias como el riego en pequeños sistemas en la parte media y baja de la microcuenca del río Tilacancha (CONDESAN, 2014).

La calidad del recurso proveniente de la microcuenca está comprometida por los coliformes aportados por el pastoreo de ganado (Seitz, 2015) y otros cambios de uso del suelo, que han ocasionado reducción de la regulación hídrica, producción de sedimentos, deterioro de la calidad de agua captada y reducción de la oferta (SUNASS, 2015a). En consecuencia, EMUSAP S.R.L. incrementa anualmente los gastos para purificar el agua de Tilacancha (Méndez *et al.*, 2017), evidenciando que en proyección al futuro, las estrategias del MRSE hídrico implementado en Chachapoyas en 2015, necesitan cambios para generar sostenibilidad del sistema.

En Chachapoyas, el MRSE no atiende un problema de escasez, ya que un balance oferta-demanda demostró el superávit de almacenamiento de agua (SUNASS, 2015a). El mecanismo se implementó en función al estudio tarifario 2015 – 2020 (SUNASS, 2015a) con el objetivo de mejorar la calidad y continuidad del servicio en el largo plazo ante el peligro que suponen las actividades económicas en las comunidades. El estudio tarifario se basó en la situación financiera de EMUSAP S.R.L., en las proyecciones de demanda, ingresos y costos de explotación e inversión de la empresa (SUNASS, 2015b). Además, no contempló un estudio de valoración económica del servicio ecosistémico, que permite establecer la voluntad de pago

para diseñar el mecanismo de financiamiento de incentivos para la conservación del servicio (Ley N°30215. Ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos, 2014; MINAM, 2016a). En este contexto, actualmente el 11.8% del incremento tarifario es destinado para la conservación del recurso hídrico (SUNASS, 2015a).

La compensación del MRSE hacia las comunidades campesinas se realiza a través de tres proyectos, uno de recuperación y conservación de la zona de amortiguamiento del ACP Tilacancha, y dos proyectos productivos, que consisten en servicios de apoyo a la cadena productiva de lácteos y a la cadena productiva de la papa. Este último, no llegó a concretarse. Los proyectos persiguen contribuir a la conservación de la microcuenca, que está afectada en las últimas décadas por las actividades agropecuarias en la zona: durante el periodo 1994 – 2016 se redujeron los pajonales en 12%, aumentaron los bosques con pino en 17%, los pastos en 32% y la ocurrencia de incendios en 403% (Méndez *et al.*, 2017).

La literatura sugiere que los métodos de valoración económica facilitan la toma de decisiones y la priorización de políticas sobre la gestión de servicios ecosistémicos y áreas naturales protegidas, con base en beneficios estimados y costos de oportunidad (Grima *et al.*, 2016; Guzmán, Arellanos, & Chavez, 2012; Tudela, 2010; Vorlaufer *et al.*, 2017; Wilson, Lantz, & MacLean, 2010). Por ejemplo, la disposición a pagar (DAP) se utiliza comúnmente en el análisis económico para estimar el valor que otorgan las personas por acceder a cambios positivos de un bien ambiental o por evitar su deterioro, este hecho es importante en el diseño de MRSE (Azqueta *et al.*, 2007).

Las técnicas econométricas que se emplearon son Experimentos de Elección y Proceso Analítico Jerárquico (AHP), que son emergentes y robustos en la exploración de preferencias individuales declaradas. La técnica EE tiene capacidad comprobada para estimar bienes que se componen de muchos atributos, y AHP se utiliza para estimar la importancia relativa asignada a los atributos y niveles de bienes complejos (Kallas *et al.*, 2011), como los servicios ecosistémicos. Ambos podrían estimar y jerarquizar el valor de los atributos de la DAP y además, generar escenarios de mejora comparando el costo de oportunidad ante cambios que afecten los atributos.

Por las razones expuestas, el objetivo de la investigación fue evaluar escenarios de sostenibilidad del servicio hídrico en la microcuenca del río Tilacancha, a partir del valor económico del recurso hídrico estimado con dos modelos econométricos.

## II. MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1. Diseño de investigación

El diseño de investigación es de tipo descriptivo, comparativo y de corte transversal. Es descriptivo comparativo porque se analizaron similitudes y diferencias entre los escenarios generados a partir del valor económico de los atributos del recurso hídrico, estimados con dos técnicas econométricas: Experimentos de Elección (EE) y Proceso Analítico Jerárquico (AHP, por sus siglas en inglés). Es de corte transversal porque los datos se recolectaron en un único momento en el tiempo.

### 2.2. Población, muestra y muestreo

La investigación consideró dos muestras, una para las técnica EE y otra para AHP, las cuales se definieron de la siguiente manera:

Para EE, la población la conformaron los usuarios del recurso hídrico administrado por la Empresa Municipal de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado de Amazonas (EMUSAP) S.R.L., repartidos entre la ciudad de Chachapoyas y asentamientos humanos: Pedro Castro Alva, Señor de los Milagros, Virgen Asunta y El Colorado. Se excluyó al asentamiento 16 de Octubre porque no tiene acceso a la red de agua. Las conexiones activas se estimaron en 7 104 para el año 2018 (SUNASS, 2015a). Cada conexión corresponde a una vivienda. En cada vivienda se entrevistó al jefe de hogar. El tamaño de muestra fue de 365 viviendas, la cual se determinó con la siguiente relación de muestreo probabilístico:

$$n = \frac{Z^2 P Q N}{E^2 (N - 1) + Z^2 P Q}$$

Donde:

N: población

n: tamaño de muestra

Z: 1,96 (según tabla estadística al 95% de confianza)

P: 0,5 nivel de aceptación

Q: 0,5 nivel de fracaso

E: 0,05 error de estimación

Con la finalidad de repartir en proporciones iguales las tarjetas de elección, se incrementó el tamaño de muestra a 370 viviendas.

La técnica AHP requiere ser aplicado a un panel de expertos (Aznar & Guijarro, 2012), que conocen la problemática o trabajaron en la gestión de Tilacancha. Por tanto, para AHP la población estuvo conformada por los 16 expertos identificados (Tabla 27). Se estudió a toda la población.

### **2.3. Métodos**

El método que se empleó es el analítico e inductivo, a partir de los hechos observados se sistematizaron los resultados y conclusiones de la investigación.

### **2.4. Técnicas e instrumentos**

Se aplicaron tres técnicas: a) Entrevista, estuvo dirigida a recoger información secundaria sobre la gestión del recurso hídrico de EMUSAP S.R.L., b) Tarjetas de elección, permitieron estimar la disposiciones a pagar marginales de los usuarios por los atributos del recurso hídrico, y c) Encuesta de comparaciones pareadas, permitió estimar el valor económico de los atributos del recurso hídrico con la opinión de un panel de expertos.

#### **2.4.1. Entrevista**

La entrevista se aplicó con la finalidad de recopilar información secundaria sobre la gestión del recurso hídrico en el quinquenio 2013 – 2017 en el contexto del MRSE hídrico implementado en Chachapoyas. Se aplicó al personal del Departamento de Producción y de Control de Calidad y al Departamento de Comercialización de EMUSAP S.R.L. Se recolectó la siguiente información.

- Consumo de insumos químicos para el tratamiento del agua
- Reporte de coliformes fecales y totales al ingreso de la planta de tratamiento
- Volumen anual de producción de agua
- Tarifa media por tratamiento de m<sup>3</sup> de agua
- Proyectos de inversión pública implementados por EMUSAP S.R.L. con el incremento tarifaria con base en el MRSE hídrico de Chachapoyas

## 2.4.2. Tarjetas de elección

La tarjeta de elección es la técnica de Experimento de Elección que se aplicó a los usuarios del agua de la ciudad de Chachapoyas, para recoger la disposición a pagar por mejoras en los atributos del servicio ecosistémico hídrico de Tilacancha. Estuvo compuesta por dos partes: a) “conjuntos de elección”, que representan los diferentes estados del servicio hídrico, y en el que se pidió a los entrevistados elegir el escenario que mejor represente sus preferencias, y b) preguntas socioeconómicas para el entrevistado y la familia (Anexo 1).

ID:22 Atributos del agua que proviene de Tilacancha	Alternativas		
	Escenario A	Escenario B	<i>Statu Quo</i>
1. Regulación hídrica	Protección efectiva (100%)	Protección efectiva (100%)	Sin cambios
2. Control de sedimentos	Capacidad mejorada en (100%)	Sin cambios	Sin cambios
3. Rendimiento hídrico (cantidad)	Sin cambios	Aseguramiento del (50%)	Sin cambios
4. Mantenimiento de la calidad	Aseguramiento del (50%)	Aseguramiento del (100%)	Sin cambios
5. Pago extra en el recibo de agua (Tarifa de acceso)	2.5 Soles/mes	1.5 Soles/mes	0 Soles/mes
Elección del entrevistado	( )	( )	( )

Figura 1. Ejemplo de una tarjeta de elección usada en la presente investigación

Para el diseño de las tarjetas de elección se siguieron las consideraciones de (Adamowicz, Louviere, & Swait, 1998). Como se observa en la Figura 1, los conjuntos de elección estuvieron conformados por tres escenarios (alternativas), los dos primeros A y B, fueron escenarios de mejora, y el tercero C, representa el estado actual de los recursos o *statu quo*. Las mejoras propuestas en A y B se establecieron para los cuatro atributos prioritarios que conforman el servicio ecosistémico hídrico de Tilacancha: a) regulación hídrica, b) control de sedimentos, c) rendimiento hídrico y d) mantenimiento de la calidad (CONDESAN, 2014), descritos en Anexos (Tabla 26).

Se eligió como quinto atributo al incremento de la tarifa de agua, ya que sustentará en una situación hipotética, la ejecución de las mejoras de los cuatro atributos mediante estrategias de conservación. El escenario *statu quo* no presenta mejoras, esto significa que describe el estado

actual de los atributos del recurso. Por tanto, en un mercado hipotético, para que el entrevistado acceda al escenario, no existe necesidad de pagar un tarifa de ingreso.

Tabla 2. Atributos y niveles del servicio hídrico usados en Experimentos de Elección

Atributo	Nivel	Signo del coeficiente hipotetizado
Regulación hídrica	Deficiente (Situación actual) Protección efectiva del 50% Protección efectiva del 100%	+
Control de sedimentos	Deficiente (Situación actual) Capacidad mejorada en 50% Capacidad mejorada en 100%	+
Rendimiento hídrico (cantidad)	Deficiente (Situación actual) Aseguramiento del 50% Aseguramiento del 100%	+
Mantenimiento de la calidad	Deficiente (Situación actual) Aseguramiento del 50% Aseguramiento del 100%	+
Tarifa de acceso	S/ 0 (nivel actual) S/ 0,5 S/ 1,5 S/ 2,5 S/ 3,5	-

Para los cuatro atributos del recurso hídrico se propusieron 3 niveles (sin cambios, mejoras al 50% y al 100%), y para el quinto atributo 4 niveles (S/ 0,5; 1,5; 2,5 y 3,5) (Tabla 2). Entonces, hubo  $3^4 \times 4$  combinaciones de atributos y niveles para establecer un escenario. Puesto que se consideró 2 escenarios de mejora (A y B), hubo  $3^4 \times 4 \times 2$  combinaciones posibles de atributos y niveles para formar una tarjeta de elección. Debido a que es impracticable ejecutar tal número de combinaciones, se optó por seleccionar un diseño factorial fraccional, que permite garantizar las características del diseño factorial completo mediante un arreglo ortogonal (Ku & Yoo, 2010; Shin & Lyu, 2018). De este modo, se seleccionaron 54 “conjuntos de elección” o escenarios (Anexos, Tabla 14) y mediante combinaciones tomadas de 2 en 2 en hojas de cálculo, se eligieron al azar 37 arreglos posibles (tarjetas de elección) (Anexos, Tabla 15).

El código ID es la identificación de la tarjeta de elección. Los 37 tipos de tarjetas se repartieron equitativamente en la muestra conformada por 370 jefes de hogar, por tanto, cada tarjeta se



aplicó a 10 entrevistados diferentes seleccionados al azar. Para ilustrar y mejorar la comprensión de los niveles de los atributos, la presentación de las tarjetas de elección estuvo acompañada de un esquema fotográfico (Anexo 1). Adicionalmente, los entrevistadores contaron con una guía con los conceptos de los atributos y niveles del recurso hídrico (Anexos, Tabla 13), que sirvieron de ayuda memoria antes de aplicar las tarjetas de elección.

### 2.4.3. Comparaciones pareadas

Las comparaciones pareadas es la técnica de AHP que se utilizó para capturar los pesos de los atributos descritos en la Tabla 26 (Anexos). Los pesos son capturados a través de una encuesta de comparaciones pareadas (Figura 2) con la opinión de los expertos del recurso. La técnica AHP requiere la selección de un panel de expertos que reúnen las condición de conocer de forma precisa el activo ambiental que es objeto de estudio (Aznar & Guijarro, 2012). Para la presente investigación se seleccionaron a 16 profesionales que tienen mayor conocimiento y/o experiencia en la gestión del recurso hídrico.

Atributos del servicio hídrico de Tilacancha	Importancia extrema	Importancia muy grande	Importancia grande	Importancia moderada	igual importancia	Importancia moderada	Importancia grande	Importancia muy grande	Importancia extrema	Atributos del servicio hídrico de Tilacancha
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
Regulación Hídrica										Control de Sedimentos
Regulación Hídrica										Rendimiento Hídrico (Cantidad)
Regulación Hídrica										Mantenimiento de la Calidad
Regulación Hídrica										Costo del servicio
Control de Sedimentos										Rendimiento Hídrico (Cantidad)
Control de Sedimentos										Mantenimiento de la Calidad
Control de Sedimentos										Costo del servicio
Rendimiento Hídrico (Cantidad)										Mantenimiento de la Calidad
Rendimiento Hídrico (Cantidad)										Costo del servicio
Mantenimiento de la Calidad										Costo del servicio

Figura 2. Encuesta de comparaciones pareadas

Los atributos presentados a los expertos son los mismos que los utilizados en las tarjetas de Experimentos de Elección, sin embargo, el quinto atributo es diferente. Para la técnica AHP se ha elegido al “costo del servicio” como el atributo con valor de mercado, que sirvió como valor pivot para monetizar al resto de atributos, luego de la ponderación de pesos. La unidad del costo del servicio es soles/m<sup>3</sup> y es estimado anualmente por EMUSAP S.R.L. en función al volumen de agua producido, el costo de ventas, gastos administrativos y gastos de ventas.

La encuesta se construyó siguiendo un formato de comparación uno a uno (Aznar & Estruch, 2015), como se muestra en la Figura 2. La encuesta presenta las 10 combinaciones posibles entre los cinco atributos del recurso hídrico, situándose los atributos a la izquierda y a la derecha del instrumento. La parte superior de la encuesta presenta una escala fundamental, que tiene a la unidad al medio, que crece a la izquierda y a la derecha simétricamente en números impares hasta el número nueve. La escala fundamental permite que el experto establezca el grado de importancia de un atributo respecto de otro.

El primer paso fue proporcionar al experto, información conceptual concisa de los atributos del recurso hídrico de Tilacancha (Anexos, Tabla 26), con la finalidad de motivar el reconocimiento de la importancia de cada uno de ellos.

Posteriormente, al experto se le presentó la Figura 2 y se le pidió que compare los dos atributos de cada fila de la encuesta, para ello, se le entregó también una hoja impresa con la escala fundamental de comparaciones pareadas (Tabla 3). Con la ayuda de esta Tabla, el experto tuvo que decidir cuál de los dos atributos es más importante, el de la izquierda o el de la derecha. El experto marcó con una equis en un casillero, a la izquierda o derecha, según su apreciación. Un casillero marcado por cada fila. El casillero elegido depende de la intensidad de superioridad de un atributo respecto al otro, en función a la escala de intensidad de la Tabla 3. En caso que el experto consideré que ambos atributos son de igual importancia, la escala fundamental indicó marcar al medio de la encuesta, en la unidad.

Tabla 3. Escala fundamental de comparaciones pareadas

Intensidad de importancia	Definición	Explicación
1	Igual importancia	Dos actividades contribuyen igualmente al objetivo
3	Importancia moderada de uno sobre otro	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente una actividad sobre otra
5	Importancia esencial o fuerte	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente una actividad sobre otra
7	Importancia muy fuerte	Una actividad es fuertemente favorecida y su dominio demostrado en la práctica
9	Importancia extrema	La evidencia que favorece una actividad sobre otra es del orden más alto posible de afirmación
2, 4, 6 y 8	Valores intermedios entre los dos juicios adyacentes	Se usan cuando se necesita matizar

Fuente: The fundamental scale (Saaty, 1988).

La escala fundamental fue diseñada por Saaty con números impares desde la unidad hasta el número nueve, para reducir la dificultad que implica para el ser humano, tomar decisiones complejas. Sin embargo, los números pares del dos al ocho, pueden usarse por los expertos, para indicar que su valoración de superioridad se encuentra entre el número impar inferior y el superior, en tal caso, el experto tuvo que marcar con equis en la línea que separa ambos casilleros.

## 2.5. Procedimiento

### 2.5.1. Caracterización del servicio hídrico

La información secundaria obtenida se utilizó para describir el estado actual del Mecanismo de Retribución por Servicios Ecosistémicos (MRSE) hídrico y su influencia en la conservación de Tilacancha. Se analizó la variación en el consumo de insumos químicos de la planta de tratamiento de agua de EMUSAP S.R.L. en el quinquenio 2013 – 2017, y luego se contrastó

con el reporte de coliformes fecales y totales que ingresan a la planta de tratamiento, con la finalidad de evaluar el impacto de las estrategias del MRSE en la reducción de los costos de tratamiento.

La compensación del MRSE hacia las comunidades proveedoras del servicio hídrico se efectúa con la ejecución de tres proyectos de inversión pública. Se evaluó la formulación de los proyectos para evaluar si los componentes y sus estrategias coadyuvan a la conservación de Tilacancha, y cumplen con generar sostenibilidad del recurso.

### **2.5.2. Experimentos de elección (EE)**

Las tarjetas de elección se aplicaron a los usuarios del recurso hídrico en la ciudad de Chachapoyas, distribuyéndose de la siguiente manera: 253 tarjetas (67,4%) se aplicaron en el caso urbano y 117 (31,6%) en los asentamientos humanos. Las 370 tarjetas fueron aplicadas por seis encuestadores, los cuales fueron previamente capacitados. Se decidió contar con el equipo de encuestadores para reducir el problema que surge cuando se direccionan la orientación de las preguntas por un solo encuestador. Los hogares se eligieron aleatoriamente para maximizar el alcance de las preguntas.

Los datos recolectados se analizaron usando un modelo de utilidad aleatorio. La elección de un jefe de hogar por uno de los tres escenarios o alternativas fue representada mediante la elección discreta de un conjunto de alternativas. Cada escenario se representó mediante una función de utilidad, que está conformado por un elemento determinista ( $V_{ij}$ ) y uno estocástico ( $e_{ij}$ ) que representa la influencia no observable en la elección individual del escenario  $j$ . Por tanto, la utilidad del entrevistado  $i$  que elige el escenario  $j$ , es representado como:

$$U_{ij} = V_{ij}(X_{ij}) + e_{ij} \quad (1)$$

El elemento determinista se especificó como una función de los atributos del recurso hídrico ( $X_{ij}$ ). Con la suposición que el término de error aleatorio sigue una distribución independiente e idéntica, la probabilidad que el entrevistado  $i$  elija el escenario  $j$ , quedó definida como:

$$P_{ij} = \exp(\beta X_{ij}) / \sum_{j=J} \exp(\beta X_{ij}) \quad (2)$$

La probabilidad mostrada en la ecuación (2) se estimó usando el modelo logit condicional (McFadden, 1974). La función de utilidad del modelo, con excepción del término de error, se

expresó como una función lineal del vector de atributos del recurso hídrico ( $A_1, A_2, A_3, A_4$  y  $A_5$ ) que representan a (la regulación hídrica, el control de sedimentos, el rendimiento hídrico, el mantenimiento de la calidad y la tarifa de acceso), respectivamente. Adicionalmente se ha incluido dos constantes específicas de cada alternativa (ASC), que representan las respuestas dummy de la elección de los escenarios A y B en las tarjetas de elección. Como también indica Ku & Yoo (2010), los ASCs capturaron las utilidades de los escenarios que los atributos no lograron capturar. Esto significa que capturan el efecto del sesgo del *statu quo*, además, mejoran el ajuste del modelo (Adamowicz, Boxall, *et al.*, 1998). Por tanto, la función de utilidad quedó definida como:

$$V_{ij} = ASC_{ij} + \beta_1 A_{1,ij} + \beta_2 A_{2,ij} + \beta_3 A_{3,ij} + \beta_4 A_{4,ij} + \beta_5 A_{5,ij} \quad (3)$$

Los términos  $\beta$  fueron los parámetros estimados para cada atributo que influyó en la utilidad de los entrevistados. La estimación de la Disposición a Pagar marginal ( $DAP_m$ ) de cada atributo del recurso hídrico, se realizó asumiendo que el resto de variables permanecen constantes a partir de los resultados de la ecuación (3), con las siguientes relaciones:

$$DAPm_{A1} = -\frac{\partial V / \partial Z_1}{\partial V / \partial Z_5} = -\frac{\beta_1}{\beta_5}$$

$$DAPm_{A2} = -\frac{\partial V / \partial Z_2}{\partial V / \partial Z_5} = -\frac{\beta_2}{\beta_5}$$

$$DAPm_{A3} = -\frac{\partial V / \partial Z_3}{\partial V / \partial Z_5} = -\frac{\beta_3}{\beta_5}$$

$$DAPm_{A4} = -\frac{\partial V / \partial Z_4}{\partial V / \partial Z_5} = -\frac{\beta_4}{\beta_5} \quad (4)$$

Las DAP marginales de cada atributo del recurso hídrico constituyeron la tasa marginal de sustitución entre la tarifa de acceso al escenario y el referido atributo.

### 2.5.3. Proceso analítico jerárquico (AHP)

La encuesta de comparaciones pareadas se aplicó a los 16 entrevistados en forma individual, por espacio mínimo de 15 minutos. Los datos fueron transportados, en hojas de cálculo, a las matrices de comparaciones pareadas de orden 5x5, en función del número de atributos del

servicio hídrico como se muestra en la Figura 3. Como se mencionó, el atributo monetario en AHP es “costo del servicio”, el cual es diferente a su correspondiente en Experimentos de Elección.

Atributos	Regulación Hídrica	Control de Sedimentos	Rendimiento Hídrico (Cantidad)	Mantenimiento de la Calidad	Costo del servicio
Regulación Hídrica	1	$\mu_1$	$\mu_2$	$\mu_3$	$\mu_4$
Control de Sedimentos	$1/\mu_1$	1	$\mu_5$	$\mu_6$	$\mu_7$
Rendimiento Hídrico (Cantidad)	$1/\mu_2$	$1/\mu_5$	1	$\mu_8$	$\mu_9$
Mantenimiento de la Calidad	$1/\mu_3$	$1/\mu_6$	$1/\mu_8$	1	$\mu_{10}$
Costo del servicio	$1/\mu_4$	$1/\mu_7$	$1/\mu_9$	$1/\mu_{10}$	1

Figura 3. Matriz de comparaciones pareadas

En la Figura 3,  $\mu_i$  denota el valor que asignó el experto según la escala fundamental de comparaciones (Tabla 3). Los casilleros de la diagonal tuvieron el valor de la unidad porque representó la comparación del mismo atributo. Los casilleros pintados de color plomo, contienen las comparaciones de atributos en sentido contrario a las comparaciones hechas en los casilleros de color blanco, por ello, sus valores son las inversas  $1/\mu_i$ .

Posteriormente, se calculó la consistencia de cada matriz con el procedimiento de (Aznar & Guijarro, 2012). Este procedimiento consistió en normalizar por la suma la matriz de comparaciones pareadas, sustituyendo cada elemento  $a_{ij}$  por el cociente entre ese elemento y la suma de todos valores de la columna donde se encuentra ubicado:  $a_{ij} / \sum_{k=1}^n a_{kj}$ . De la matriz normalizada, se sumaron las filas y se obtuvo el promedio cada suma, esto representa el vector de prioridades globales. Seguidamente, el producto de la matriz original por el vector de prioridades globales da como resultado el vector fila total. Este vector se dividió por el vector de prioridades globales y se obtuvo un cociente denominado matriz columna. A continuación, se promedió todos los elementos de la matriz columna, el valor resultante fue el  $\lambda_{\text{máx}}$ .

Se evaluó el Índice de Consistencia (consistency index, CI), propuesto por Saaty, con la siguiente ecuación:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - N}{N - 1} \quad (5)$$

Tabla 4. Valores de consistencia aleatoria

Tamaño de la matriz (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Consistencia aleatoria	0,00	0,00	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49

Fuente: Aznar & Guijarro (2012).

En la ecuación (5), N es el número de atributos, en la investigación tuvo el valor de 5. Finalmente se evaluó el Ratio de Consistencia (consistency ratio, CR), también propuesto por Saaty:

$$CR = \frac{CI}{\text{Consistencia aleatoria}} \quad (6)$$

El valor de consistencia aleatoria (Tabla 4) para una matriz de orden 5 es 1,11. Los resultados de la ecuación (6) se compararon los valores de la Tabla 5. Una matriz es consistente cuando su CR es menor de los valores de la Tabla.

Tabla 5. Porcentajes máximos de ratio de consistencia

Tamaño de la matriz (n)	Ratio de consistencia
3	5%
4	9%
5 o mayor	10%

Fuente: Aznar & Guijarro (2012).

Los resultados de CR definieron que matrices son consistentes y cuáles no. Para la investigación, de definieron como consistentes, aquellas cuyo ratio de consistencia fue menor de 10%. Las matrices inconsistentes se descartaron.

Con las matrices consistentes se procedió a estimar el vector propio de cada uno de ellos. Los vectores propios muestran los pesos de los atributos del recurso hídrico. Para estimar el vector propio, se multiplicó la matriz original de cada entrevistado por ella misma y se obtiene una segunda matriz. De esta matriz, se construyó una tercera matriz denominada “vector columna”, el cual fue normalizado de la siguiente manera: los elementos de esta matriz resultaron de dividir la suma de elementos de cada fila de la segunda matriz entre la suma de todos sus elementos. El proceso se repitió tantas veces como fue necesario, generalmente cuatro o cinco veces, hasta que los elementos de los dos últimos vectores columna fueron los mismos. Al vector columna que cumplió esta condición se le denomina vector propio (Aznar & Guijarro, 2012).

El proceso termina generando una matriz que represente a todas las matrices consistentes. Este vector propio final se generó calculando la media geométrica de los elementos de todos los vectores propios y luego los valores se normalizaron. El vector propio final representa los pesos para los atributos del recurso hídrico asignado por el panel de expertos.

#### **2.5.4. Diseño de escenarios de sostenibilidad**

Los resultados obtenidos permitieron comparar los pesos relativos para cada atributo del recurso hídrico estimados con Experimentos de Elección y Proceso Analítico Jerárquico. Además, se analizaron los factores que repercuten en la divergencia de los resultados. Posteriormente se propusieron dos escenarios para la sostenibilidad del recurso hídrico de Tilacancha con base en las medidas de bienestar obtenidos.

### **2.6. Análisis de datos**

En Experimentos de Elección, la variable dependiente, la disposición de pago fue dicotómica, adoptando los valores de si/no; las variables dependientes representadas en los atributos se cuantificaron en niveles ordenados y, la probabilidad de la ocurrencia de la disponibilidad dependieron de los cambios que adoptan los niveles de los atributos, este fenómeno se representó en lo que se conoce como función de distribución logística (Gujarati & Porter, 2010). En consecuencia el tratamiento de la función de utilidad de los datos se realizó utilizando el modelo estadístico logit, el cual es el modelo preferido en Experimentos de Elección (Kanninen, 2002). Específicamente, se optó por el modelo logit multinomial o condicional el



cual es usado con mayor frecuencia por su adaptación a varias situaciones econométricas (Hausman & McFadden, 1984).

Los parámetros de la función de utilidad del modelo logit condicional se estimaron a través del método de máxima verosimilitud (Hausman & McFadden, 1984), posteriormente se validaron los supuestos de independencia de alternativas irrelevantes (IIA), esto garantizó la consistencia del modelo, aplicando el test de (Hausman & McFadden, 1984). Finalmente, se estimaron las medidas monetarias de bienestar, a partir de la variación compensatoria, la cual representa la DAP por acceder a cambios favorables de un bien ambiental (MINAM, 2016a).

En Proceso Analítico Jerárquico, se verificó el cumplimiento de las propiedades de homogeneidad, reciprocidad y consistencia.

### III. RESULTADOS

Los resultados están estructurados en cinco partes. La primera describe el estado actual del MRSE hídrico de Chachapoyas, se analizaron indicadores que permitieron evaluar algunos aspectos sobre la sostenibilidad del mecanismo. En la segunda parte se presentan los resultados de la estimación de la disposición a pagar marginal para los atributos del recurso hídrico de Tilacancha, empleando la técnica Experimentos de Elección. En la tercera parte, se muestran los resultados de la valoración económica de los atributos con la técnica Proceso Analítico Jerárquico. En la cuarta parte se muestra un análisis comparativo de los resultados con ambas técnicas, y en la quinta parte, se presentan una propuesta con lineamientos básicos para la sostenibilidad recurso hídrico, con base en los resultados obtenidos en la investigación.

#### 3.1. Estado actual del MRSE hídrico en Chachapoyas

El Perú es uno de los últimos países en Sudamérica que puso en marcha mecanismos de pagos por servicios ecosistémicos (PSE), debido a la carencia de normativa, que en su momento hubo, para su implementación. La Ley N°30215, Ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos entró en vigencia en el año 2014. En el año 2015, se aprobaron los lineamientos de formulación de proyectos de inversión pública (PIP) en diversidad biológica y servicios ecosistémicos. En 2016, entro en vigor el Reglamento de la Ley MRSE. El marco legal ha permitido que en el año 2015 existan 22 iniciativas para implementar MRSE Hídricos en el Perú. De ellas, 6 lograron incorporar a través de resolución tarifaria, una retribución por MRSE aprobada por el Consejo Directivo de SUNASS (MINAM, 2016b).

El MRSE hídrico implementado en Chachapoyas, es uno de los 6 casos piloto. Persigue conservar la microcuenca Tilacancha, asegurar el servicio hídrico en el largo plazo y retribuir a las Comunidades Campesinas de San Isidro del Maino y Levanto, donde se encuentran los pajonales que proveen el recurso hídrico. El mecanismo se estableció en 2016, y con los montos recaudados se han implementado tres proyectos de inversión pública (Tabla 6), que sustentan la retribución económica a las comunidades campesinas, sin embargo, el segundo proyecto de la Tabla 6, no llegó a concretarse. EMUSAP S.R.L. recauda un extra por servicios ecosistémicos con base en un estudio tarifario para el periodo 2015 – 2020, que estipula que a partir del segundo año regulatorio, el incremento de la tarifa de agua será del 11,8% para servicios ecosistémicos. No se precisa en el documento el cálculo ni los criterios técnicos que

sustentan el porcentaje. El estudio tarifario fue elaborado en función a las proyecciones de demanda, ingresos y costos de explotación de la empresa (SUNASS, 2015a).

Se puede advertir, que una debilidad del MRSE implementado es que los montos recaudados no se sustentan en un estudio de valoración económica, como indica la Ley N°30215. Un estudio de ese tipo, permite estimar los costos necesarios para solventar la retribución por servicios ecosistémicos, definir las preferencias de los consumidores e identificar sus voluntades de pago.

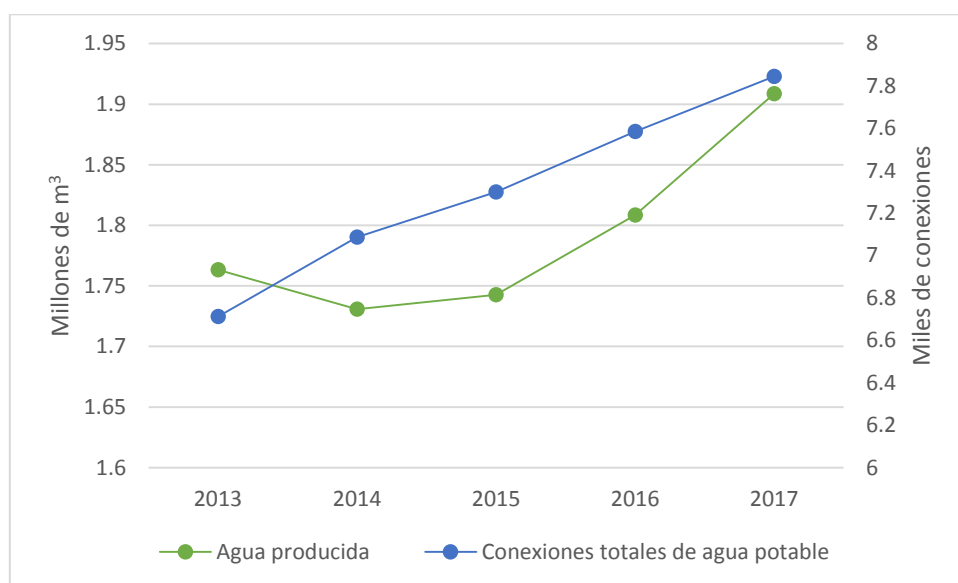


Figura 4. Agua producida y conexiones totales de agua en la ciudad de Chachapoyas en el periodo 2013 – 2017

Fuente: elaboración propia con base en los reportes del Departamento de Producción y de Control de Calidad (EMUSAP, 2017).

Chachapoyas es una ciudad en continuo crecimiento poblacional en la última década, se estima que en el año 2018 la población asciende a 31 593 habitantes (SUNASS, 2015a). Como se aprecia en la Figura 4, el número de conexiones de agua potable ha crecido en el último quinquenio en aproximadamente 16,9%, y en consecuencia, el volumen de agua potable producida se incrementó en alrededor de 8,2%.

Se espera que el MRSE hídrico contribuya marcadamente en asegurar el servicio hídrico en el largo plazo, en cantidad, calidad y continuidad. Además, que se reduzca el impacto negativo de las actividades productivas en la microcuenca de Tilacancha. Este último, puede

evidenciarse de manera indirecta, evaluando la evolución de los coliformes fecales y totales en la entrada de la planta de tratamiento de EMUSAP S.R.L., ya que la calidad del recurso proveniente de Tilacancha, está comprometida por los coliformes aportados por ganado en pastoreo (Seitz, 2015). En relación a esto, se puede evaluar además, la variación en el consumo de insumos químicos en la planta de tratamiento para purificar el agua, que podría evidenciar la disminución o incremento de agentes contaminantes de la agricultura o ganadería.

Ambos aspectos no se pudieron estudiar debido a que el MRSE hídrico empezó a ejecutarse en el año 2016 y, para poder evaluar el impacto del mecanismo en la sostenibilidad de la microcuenca, es necesario un horizonte de tiempo considerable, en el mediano y largo plazo. A pesar de ello, se evaluó los indicadores en el último quinquenio para examinar el estado actual de la gestión de la calidad del agua. No se pudieron sacar conclusiones contundentes sobre Tilacancha, por la disponibilidad de información. La información suministrada por EMUSAP S.R.L. son los reportes para dos de sus capitaciones, Tilacancha y Barretacucho, en forma conjunta.

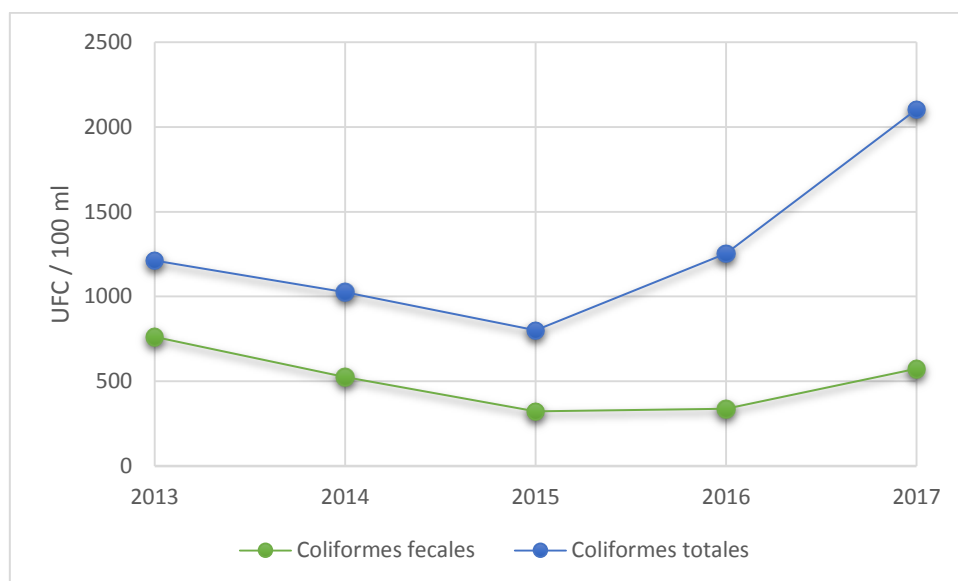


Figura 5. Coliformes fecales y totales en el periodo 2013 – 2017, registrados en la entrada de la planta de tratamiento de EMUSAP S.R.L.

Fuente: elaboración propia con base en los reportes del Departamento de Producción y de Control de Calidad (EMUSAP, 2017).

Como se observa en la Figura 5, en el periodo 2013 – 2015 se aprecia una disminución favorable de los coliformes fecales en 57,6% y en los coliformes totales en 33,9%,

aproximadamente. En el siguiente periodo 2015 – 2017, en cambio, los coliformes fecales se incrementan notablemente en 78% y los coliformes totales en 162,5%. Esto podría indicar que hubo incremento de la población de ganado u otros factores que no se estudiaron, sin embargo, no se pueden precisar conclusiones en el corto plazo. Se espera que el MRSE a través de los proyectos implementados, repercuta en una reducción de los coliformes aportados por la actividad ganadera, y por tanto, en una disminución en los gastos por la adquisición de insumos para el tratamiento del agua, teniendo en consideración la creación del Área de Conservación Privada Tilacancha en el año 2010.

El consumo de químicos para el tratamiento de agua en las planta de EMUSAP S.R.L. se ha dividido en las Figuras 6 y 7, para facilitar el análisis.

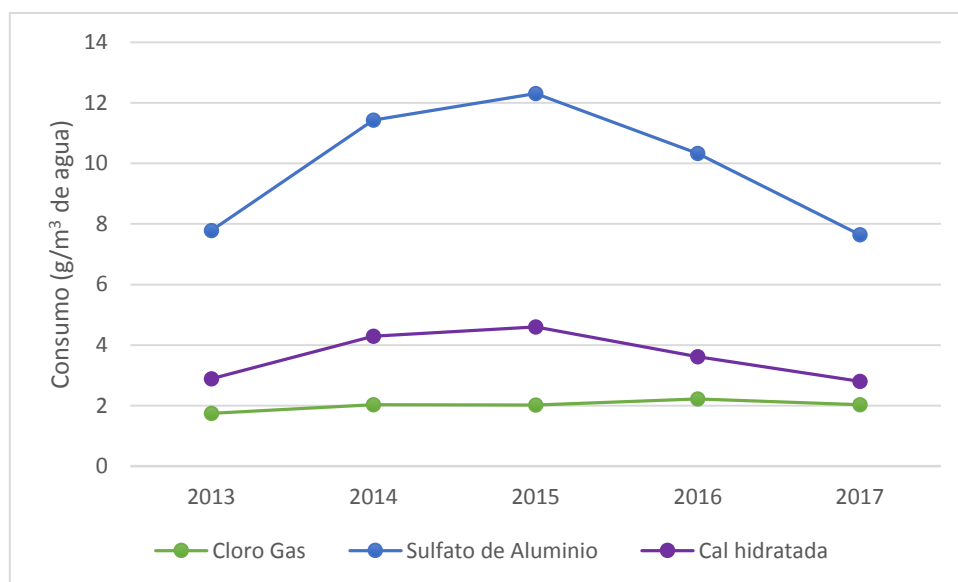


Figura 6. Evolución del consumo de cloro gas, sulfato de aluminio y cal hidratada en la planta de tratamiento de EMUSAP S.R.L. en el periodo 2013 – 2017

Fuente: elaboración propia con base en los reportes del Departamento de Producción y de Control de Calidad (EMUSAP, 2017).

El cloro cumple una función de desinfectar el agua de los microorganismos, eliminando huevos y larvas presentes en los filtros de la planta de tratamiento. El sulfato de aluminio es un agente coagulante, que permite agrupar las partículas negativas y positivas en suspensión, formando flóculos, grumos de materia orgánica, que finalmente caen en el decantador. La cal hidratada es una sustancia alcalinizante, permite regular el pH del agua en el rango de 6,5 – 8,5 según los máximos permisibles del Decreto Supremo N°010-2010-MINAM.

Es llamativo en la Figura 6, que los niveles de consumo de cloro gas, sulfato de aluminio y cal hidratada se incrementen en el periodo 2013 – 2015 y se reduzcan en el periodo 2015 – 2017, contrario a la disminución e incremento de coliformes fecales y totales, en los mismos periodos (Figura 5). El balance del quinquenio 2013 – 2017, indica que el consumo de cloro se ha incrementado en 16%, el sulfato de aluminio ha descendido en 1,79% y la cal hidratada ha disminuido en 3,18%.

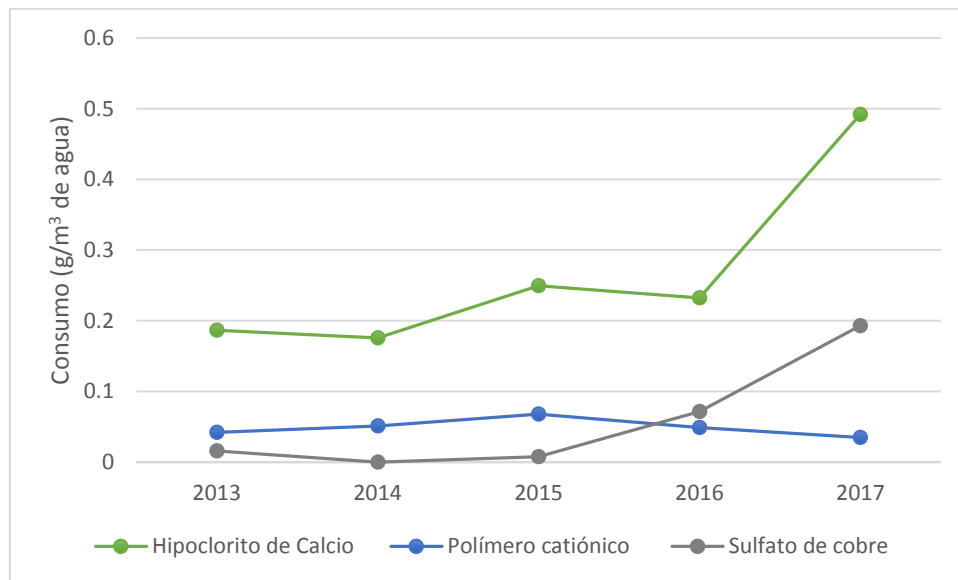


Figura 7. Evolución del consumo de hipoclorito de calcio, polímero catiónico y sulfato de cobre en la planta de tratamiento de EMUSAP S.R.L. en el periodo 2013 – 2017

Fuente: elaboración propia con base en los reportes del Departamento de Producción y de Control de Calidad (EMUSAP, 2017).

El hipoclorito de calcio cumple una función complementaria al cloro. Su uso se sustenta cuando no hay energía eléctrica para el funcionamiento del dispositivo que permite la dotación de cloro al agua. Por tanto, el hipoclorito permite el mantenimiento de la planta, eliminando los huevos y larvas de los microorganismos del agua. El polímero catiónico ayuda a que las partículas se agrupen, de esta manera, el agente coagulante tiene mejor efecto, por ello, es un insumo complementario. El sulfato de cobre es insumo que permite la desinfección del agua de algas y microorganismos vivos.

El consumo de hipoclorito de calcio ha aumentado de manera constante en el quinquenio, incrementándose en 163,7%. El polímero catiónico tiene una etapa de crecimiento y una de decrecimiento, en el periodo 2013 – 2015 su consumo creció en 61,4% y en el periodo 2015 -

2017 disminuyó en 48,9%. En el balance del quinquenio, su consumo se redujo en 17,6%. El de sulfato de cobre tiene una tendencia de crecimiento, en el periodo 2015 -2017 su consumo creció notablemente en 1 114,2%, aunque su dotación se da en cantidades muy pequeñas. Como se mencionó no se pueden precisar conclusiones, ya que el MRSE hídrico se implementó en el año 2016 y para evaluar su impacto se tendrá que analizar el siguiente quinquenio.

Como parte de la retribución económica del MRSE hacia las comunidades campesinas, se han formulado y puesto en ejecución a finales de 2016, tres proyectos de inversión pública, dos de carácter productivo y uno de recuperación ecológica (Tabla 6). Se espera que los proyectos contribuyan a la sostenibilidad del recurso hídrico, sin embargo, la formulación y el diseño de los mismos es cuestionable.

Tabla 6. Proyectos de inversión pública implementados con el MRSE hídrico

Nombre del proyecto	Código SNIP	Monto (S/)	Tiempo de ejecución
1. Recuperación de la Zona de Amortiguamiento de la microcuenca Tilacancha, Distrito de Levanto – Chachapoyas – Amazonas	343440	994 900, 00	4 años y 8 meses
2. Creación de los servicios de apoyo a la cadena productiva de papa en los distritos de Levanto y Maino, de la provincia de Chachapoyas – región Amazonas*	351291	101 000, 00	3 años, 4 meses
3. Creación de los servicios de Apoyo a las Cadenas Productivas de Lácteos en las Localidades de Levanto y el Maino, Distrito de Levanto – Chachapoyas – Amazonas	351292	92 800, 00	3 años

\* Este proyecto no llegó a concretarse

Análisis de las debilidades.- En general los proyectos hicieron un exiguo análisis de los antecedentes y de la problemática de los recursos, por tanto, los objetivos propuestos no responden a las necesidades particulares de los mismos. Los objetivos tienen debilidades metodológicas en sus planteamientos y gran parte de los tecnicismos, son utilizados erróneamente. Los problemas no se sustentaron en indicadores ni evidencias, en consecuencia, se redactaron problemas forzados a los objetivos y a los presupuestos. Sin embargo, el proyecto de restauración, sí recoge algunos antecedentes del problema, pero no queda claro si existe un

problema latente o es una amenaza (problema potencial). Por ende, los proyectos orientados al beneficio de las comunidades no evidencian sustento técnico para su ejecución.

Sugerencias de mejora.- Aunque se cuente con el dinero disponible, deben identificarse mejor los problemas productivos, sociales y ambientales de ambas comunidades con evidencias objetivas (reportes y trabajos de campo). Se considera que el proyecto de restauración, de alguna forma cumplirá con sus objetivos, puesto que se ha buscado alienarlo a planes nacionales y regionales. No así, los proyectos productivos.

### **3.2. Estimación de la disposición a pagar por el recurso hídrico con EE**

Del análisis de las 370 tarjetas de elección, se observó que el 70% de los entrevistados eligieron los escenarios de mejora A o B (Anexos, Tabla 25). En cambio, el 30% optó por elegir el *Statu quo*, esto significa, que no tienen disposición de pago por mejoras en los atributos del recurso hídrico. El 86,76% de los entrevistados tiene conocimiento de la importancia de Tilacancha como ecosistema que provee agua a Chachapoyas, ciudad en la que manifestaron haber nacido el 52,97% de los jefes de hogar. Asimismo, el MRSE hídrico implementado en Chachapoyas no es de conocimiento general por sus habitantes. Sólo el 12,7% de los entrevistados manifestó tener conocimiento del mecanismo (Anexos, Tabla 24).

La Tabla 7 presenta los resultados del modelo logit condicional sin interacciones. Con un nivel de confianza del 95%, se rechaza la hipótesis nula que todos los coeficientes, en forma conjunta, son iguales a cero. Por ello, no se rechazó el modelo. La prueba Prob [chi squared > value] = 0,0000 (Anexos, Tabla 16) evidencia la consistencia global del modelo, y la prueba de Hausman & McFadden (1984), permitió evaluar la independencia o irrelevancia de alternativas (IIA), demostrando que las alternativas consideradas son relevantes o consistentes (Anexos, Tabla 17).

Los estadísticos demuestran que la “Regulación hídrica”, el “Control de sedimentos”, el “Mantenimiento de la calidad” y “Tarifa de acceso” son estadísticamente significativos. El “Rendimiento hídrico” no es significativo. Los signos de todos los coeficientes de los atributos, a excepción de la “Tarifa de acceso”, son positivos, esto significa que mientras mayor sea el nivel de los atributos, mayor será la utilidad de los entrevistados, y viceversa. El signo negativo de la “Tarifa de acceso” es el esperado, significa que mientras mayor sea el costo por acceder a las mejoras del resto de los atributos, las personas disminuirán su probabilidad de optar por



estar mejoras. Esto puede interpretarse que al incrementarse la tarifa, más bajos son los servicios públicos de los entrevistados.

Tabla 7. Coeficientes estimados con el modelo logit condicional

Variable	Coeficiente estimado ( <i>t</i> -ratio <sup>b</sup> )	Error estándar	P-value
ASC <sub>A</sub> <sup>a</sup>	0,059 (0,19)	0,3077	0,8488
ASC <sub>B</sub> <sup>a</sup>	0,089 (0,29)	0,3050	0,7711
Regulación hídrica	0,360* (3,36)	0,1073	0,0008
Control de sedimentos	0,358* (3,33)	0,1075	0,0009
Rendimiento hídrico	0,032 (0,28)	0,1172	0,7818
Mantenimiento de la calidad	0,376* (3,61)	0,1041	0,0003
Tarifa de acceso	-0,498* (-5,41)	0,0921	0,0000
Numero de observaciones	370		
Log simulated likelihood	-371,4077		

<sup>a</sup> ASC<sub>A</sub> y ASC<sub>B</sub> se refieren a las constantes específicas de cada escenario (ASC, por sus siglas en inglés), que representan las respuestas dummy de la elección de los usuarios del agua, respectivamente.

<sup>b</sup> \* indica la significancia estadística al nivel del 1%.

Se calculó el valor marginal de los componentes del recurso hídrico usando las ecuaciones para cada atributo (4). Los resultados se muestran en la Tabla 8, en dos grupos: la disposición a pagar (DAP) marginal por el volumen total de agua que consume una familia por mes y, la DAP marginal por metro cúbico de agua.

Tablas 8. Disposición a pagar marginales (DAP<sub>m</sub>) estimado con EE

Atributos	DAP <sub>m</sub> (soles/mes)	DAP <sub>m</sub> (soles/mes/m <sup>3</sup> )*
Regulación hídrica	0,723	0,059
Control de sedimentos	0,719	0,058
Rendimiento hídrico	0,065	0,005
Mantenimiento de la calidad	0,754	0,061
DAP agregada	2,261	0,184

\* El valor es calculado dividiendo el valor de la DAP<sub>m</sub> entre el consumo promedio de agua por conexión = 12,31 m<sup>3</sup>/mes, año 2017 - Departamento de Producción y de Control de Calidad (EMUSAP, 2017).

Los resultados indican que los usuarios del agua están dispuestos a pagar, en promedio, S/ 0,723/mes para la conservación del atributo “regulación hídrica”. Por otro lado, los usuarios pueden pagar, en promedio, S/ 0,719/mes extra a lo que pagan en el recibo del agua, por la conservación del “control de sedimentos”. La  $DAP_m$  del “rendimiento hídrico” es S/ 0,065/mes y del “mantenimiento de la calidad” es S/ 0,754 /mes. En forma global, los usuarios del agua en Chachapoyas están dispuestos a pagar, en promedio, S/ 2,261 /mes en forma adicional, para conservar los atributos del recurso hídrico de Tilacancha. La cantidad específica de disposición a pagar en función del consumo de agua de una vivienda cualquiera, se puede calcular con la  $DAP_m$  expresada en S/mes/m<sup>3</sup> de agua.

### 3.3. Estimación del valor económico del recurso hídrico con AHP

La técnica AHP permitió obtener pesos, conferidos por el panel de expertos, para cada uno de los atributos del recurso hídrico. De los 16 expertos, 8 tuvieron comparaciones pareadas que superaron la prueba de consistencia, esto es, tener ratio de consistencia (CR) < 10% (Anexos, Tabla 28). Se usó la media geométrica para representar los pesos otorgados por los expertos con comparaciones consistentes (Anexos, Tabla 29). Los resultados de la agregación de ponderaciones para los cinco atributos se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9. Pesos agregados y monetización de los atributos del recurso hídrico con AHP

Atributo	Peso Agregado <sup>a</sup>	Valor pivot (soles/m <sup>3</sup> )	Valor económico (soles/m <sup>3</sup> )
Regulación hídrica	0,3411	-	11,03
Control de sedimentos	0,0952	-	3,08
Rendimiento hídrico	0,2189	-	7,08
Mantenimiento de la calidad	0,2683	-	8,67
Costo del servicio	0,0764	2,47 <sup>b</sup>	2,47
Valor Económico agregado			32,33

<sup>a</sup> Calculado usando la media geométrica (Anexos, Tabla 29)

<sup>b</sup> Representa el costo promedio de producir 1m<sup>3</sup> de agua por EMUSAP S.R.L. para el año 2017 - Departamento de Producción y de Control de Calidad (EMUSAP, 2017).

Los resultados sugieren que el atributo “Regulación hídrica” es el más importante con un peso agregado del 34,1%. El atributo “Mantenimiento de la calidad” ocupa el segundo lugar con un peso agregado del 26,8%, en la tercera posición está el “Rendimiento hídrico” con un peso

agregado del 21,9% y, en último lugar, se encuentra el atributo “Control de sedimentos” con un peso agregado del 9,5%. El quinto atributo “Costo del servicio” como se precisó en metodología, no es componente del recurso hídrico, pero se incluyó en el modelo porque cumple la función de valor pivot, por ser un atributo con valor en el mercado. Tiene un peso agregado del 7,6%.

En tercera columna se encuentran los valores económicos, estos fueron calculados con base en el valor pivot “Costo del servicio” y los pesos agregados de los atributos mediante proporcionalidad. Los resultados indican que la “Regulación hídrica” tiene un valor económico de S/11,03 soles por cada m<sup>3</sup> de agua consumido por un usuario. El “control de sedimentos” tiene un valor económico de S/3,08 soles por cada m<sup>3</sup> de agua, el “Rendimiento hídrico” un valor de S/7,08 por m<sup>3</sup> y el “Mantenimiento de la calidad” un valor estimado en S/8,67 por m<sup>3</sup> de agua consumido por la familia del entrevistado. En forma agregada, el valor económico de todos los atributos es S/32,33 por cada m<sup>3</sup> consumido, este valor extrapolado para el volumen de agua consumido, en promedio por una familia (12,31 m<sup>3</sup>/mes), resulta 398 soles/mes. Este monto representa el valor económico que el recurso hídrico tiene para una familia promedio.

### **3.4. Análisis comparativo: EE vs. AHP**

Debido a que el quinto atributo, que cumple la función de monetizar a los 4 atributos del recurso hídrico, es diferente para ambas técnicas, los valores encontrados con ambas técnicas tienen diferentes significados. En EE, el quinto atributo es “Tarifa de acceso”, este es un vector de pagos (S/ 0,5; 1,5; 2,5 y 3,5 por mes), que simboliza el pago hipotético que realizaría un usuario del agua, por acceder a uno de los diversos escenarios de mejora (de los atributos del agua), este se le presentó en las tarjetas de elección. Por tanto, los valores encontrados con EE representan las disposiciones a pagar (DAP) marginales por cada atributo del recurso hídrico, esto es, los valores adicionales que está dispuesto a pagar un entrevistado por conservar los atributos del recurso hídrico.

En cambio, la técnica AHP utilizó como quinto atributo al “Costo del servicio”, este valor es el costo en que incurre EMUSAP S.R.L. para producir 1 m<sup>3</sup> de agua por mes, entendiéndose la palabra “producir” a las acciones de tratamiento y de gestión del recurso. Los pesos agregados de cada atributo, permitieron que el “Costo del Servicio”, por regla de proporcionalidad, asigne valor económico a los atributos del recurso hídrico. En este caso, a diferencia de la técnica EE, no simboliza disposición a pagar, significa el valor económico que el atributo tiene para el

panel de expertos. Por tanto, fue razonable encontrar que los valores con AHP (Tabla 9) sean superiores a los de EE (Tabla 8).

Teóricamente, la  $DAP_m$  representa el peso relativo de los atributos en EE. Por tanto, se comparó los resultados de las técnicas EE y AHP, utilizando los valores de  $DAP_m$  y pesos agregados, respectivamente. La comparación de los pesos de los atributos se muestra en la Tabla 10. Como se advierte, EE presenta los pesos asignados mediante la preferencia de pago de los usuarios del agua, elegidos aleatoriamente, y AHP presenta la preferencia teórica asignada por el panel de expertos, entendiéndose ellos, como las personas que tienen mayor conocimiento del recurso.

Tabla 10. Importancia relativa de los atributos con EE y AHP

Resultados de EE (Preferencia de pago declarada)		Importancia relativa	Resultados de AHP (Preferencia teórica declarada)	
Atributo	$DAP_m$		Atributo	Peso
Mantenimiento de la calidad	0,754	1	Regulación hídrica	0,341
Regulación hídrica	0,723	2	Mantenimiento de la calidad	0,268
Control de sedimentos	0,719	3	Rendimiento hídrico	0,219
Rendimiento hídrico	0,065	4	Control de sedimentos	0,095

Los resultados de la Tabla 10 deben entenderse como un indicador de la importancia relativa para los dos grupos de individuos, los usuarios del agua y el panel de expertos, esto es, una clasificación de los atributos con mayor preferencia. Como se observa, comparando uno a uno, no hay coincidencia en el ranking con ambas técnicas. Sin embargo, se aprecia que los atributos ubicados en las posiciones 1° y 2° en EE son el puesto 2° y 1° en AHP, respectivamente. De igual forma, los atributos en las posiciones 3° y 4° en EE, están en las posiciones 4° y 3° en AHP. Esto indica que hay coincidencia en la priorización de atributos dos a dos. Esto significa que tanto para EE y AHP, el “Mantenimiento de la calidad” y la “Regulación hídrica” son de primera importancia y, “Control de sedimentos” y “Rendimiento hídrico” son atributos de segundo rango.

Evaluando de manera individual, EE indica que para los usuarios del recurso hídrico, el “Mantenimiento de la calidad” es el atributo que más valoran, por encima de los atributos “Regulación hídrica” y “Rendimiento hídrico”. Esto significa que los usuarios valoran la calidad por encima de la cantidad “Rendimiento hídrico” y la disponibilidad del servicio

(dotación de agua permanente que se logra de manera natural a través del atributo “Regulación hídrica”). Este resultado es razonable considerando que en la ciudad de Chachapoyas aún no hay escasez, por tanto, “Regulación hídrica” y “Rendimiento hídrico” son para los usuarios valores secundarios. Se observa que entre los tres primeros atributos no hay mucha diferencia entre los pesos otorgados, por tanto, las diferencias de priorización son mínimas. “Rendimiento hídrico” es el atributo menos favorecido, tiene puntaje de valoración muy bajo, como se mencionó, se puede sustentar en que Tilacancha ofrece grandes volúmenes de agua, de los cuales se aprovecha un parte, por tanto, actualmente, no es prioridad.

Los resultados obtenidos con AHP, muestran que la priorización de atributos para el panel de expertos tiene diferencias notables. “Regulación hídrica” es el atributo más valorado, esto puede sugerir que los expertos reconozcan su importancia en la dotación de agua permanente en todas las épocas del año. El “Mantenimiento de la calidad” es el segundo atributo en importancia, seguido del “Rendimiento hídrico”. Estos tres atributos con valores no muy alejados entre sí. Resalta la 4<sup>o</sup> ubicación asignada por los expertos al “Control de sedimentos”, atributo que está estrechamente relacionado con la calidad del agua y, el segundo hecho resaltante, es la bajísima puntuación que se le asignó.

Las técnicas EE y AHP demostraron sus cualidades para representar la importancia relativa de los individuos: las preferencias de pago y las preferencias teóricas declaradas, por los usuarios y el panel de expertos. Existieron diferencias destacables en sus aplicaciones, así como ventajas y desventajas.

EE es una técnica que demandó grandes recursos, ya que se aplicó a un número grande de muestra que permitió resultados representativos. La tarea de comparación es un proceso complejo, ya que se le ofrece al entrevistado productos complejos, como los de los mercados reales, en los que la gente se enfrenta a elegir entre bastantes alternativas. Visto desde otro punto de vista, es una ventaja, pues al brindarle mayor información al entrevistado en atributos y niveles por cada escenario, la técnica se acerca más a las preferencias reales del consumidor. La técnica EE permitió la opción de integrar variables socioeconómicas, para representar las preferencias por el activo ambiental.

La técnica AHP, por el contrario, es una técnica que demandó mínimos recursos económicos para llevarse a cabo. Sin embargo, la condición y dificultad fue identificar un grupo de expertos que tengan experiencia o sean conocedores del recurso ambiental. Otra ventaja encontrada es

que AHP permite representar las preferencias individuales, aspecto que no se puede lograr con EE, ya que muestra las preferencias individuales pero de manera global. La tarea de comparación de atributos con AHP, si bien obedece a un formato sencillo, causo más fatiga mental al entrevistado, ya que no se le presentó tanta información como en EE, por tanto, la labor de comparación fue más abstracta. Una desventaja de AHP es que no permite representar funciones de utilidad, ni integrar variables socioeconómicas en el análisis. Sin embargo, ambos enfoques fueron potentes para determinar la importancia relativa y establecer una clasificación de atributos y niveles del recurso hídrico de Tilacancha.

### **3.5. Propuesta de escenarios de sostenibilidad**

#### **3.5.1. Escenario 1: integración de los resultados de EE**

El escenario propuesto tiene la finalidad de contribuir al diseño de estrategias orientadas a la sostenibilidad del recurso hídrico de Tilacancha, en el entendido que, el MRSE es un mecanismo que puede admitir mejoras permanentes.

El Escenario 1 es la integración de las DAP marginales estimadas con Experimentos de Elección, en el Estudio Tarifario de EMUSAP S.R.L. y aprobado por SUNASS para el periodo 2015 – 2020. No se pretende modificar el Estudio, porque supondría un objetivo diferente al de esta investigación. Se pone a disposición los resultados de la investigación, en forma agregada, para su consideración en el cálculo de los incrementos tarifarias para cubrir los costos de retribución por servicios ecosistémicos.

Como indica la Ley N°30215, la implementar un MRSE debe realizarse con base en acuerdos entre las partes y previo estudio de valoración económica, que sustente las necesidades de retribución de los ofertantes del recurso, y realizado en función al estudio de las preferencias individuales de los usuarios del recurso, costos individuales y voluntad de pago (MINAM, 2016b). Este último hecho no se ha consumado por diversas razones, esto significa que los incrementos para pagos por servicios ecosistémicos no se sustentaron en un estudio de valoración económica. El estudio tarifario actual fue elaborado en función a las proyecciones de demanda, ingresos y costos de explotación (SUNASS, 2015a), estipulando que a partir del segundo año regulatorio, el incremento de la tarifa de agua será del 11,8% para servicios ecosistémicos. No se precisa el sustento del porcentaje mencionado.

En ese contexto, los resultados de la DAP marginal (Tabla 8), pueden ser extrapolados de la siguiente manera, para el incremento tarifario en los recibos de agua:

Tablas 11. Agregación de resultados de la disposición a pagar marginal para el volumen de agua consumido en Chachapoyas

Atributos	DAP <sub>m</sub> (soles/m <sup>3</sup> )	Volumen de agua consumido* (m <sup>3</sup> /año)	Agregación (soles/año)
Regulación hídrica	0,059	1 032 911	60 667, 69
Control de sedimentos	0,058	“	60 295, 10
Rendimiento hídrico	0,005	“	5 462, 34
Mantenimiento de la calidad	0,061	“	63 308, 31
Monto a recaudarse	0,184	“	189 733, 44

\* Volumen consumido en el año 2017 en la ciudad de Chachapoyas - Departamento de Producción y de Control de Calidad (EMUSAP, 2017).

Se usó el dato de manera referencial debido a que los valores correspondientes al año 2018, aún no están disponibles.

Los montos a cobrarse a las familias, resulta de multiplicar consumo mensual en m<sup>3</sup> por la DAP<sub>m</sub>. Los valores agregados de la Tabla 11, indican los valores monetarios aproximados, que por servicios ecosistémicos podrían recaudar EMUSAP S.R.L., con base en los resultados de la DAP marginal. Los valores pueden variar año tras año según el aumento del consumo de agua. Los valores monetarios anuales pueden sostener las actividades productivas como retribución a las comunidades campesinas, o pueden utilizarse para el diseño y ejecución de nuevos proyectos.

La diferencia con el uso actual de los recursos, radica en que, la inversión pública para conservar el recurso hídrico, en el marco del MRSE hídrico, estaría focalizado para cada atributo del recurso. Esto significa, que la inversión estaría en proporción a los pesos establecidos en el estudio de la DAP marginal. De este modo, se atendería las necesidades de conservación de los atributos del recurso en función a la jerarquía establecida. Como se aprecia en el Tabla 11, la inversión estaría concentrada en los tres atributos priorizados por el consumidor: Regulación hídrica, Control de sedimentos y Mantenimiento de la calidad. Es evidente que, para el funcionamiento de la propuesta, el diseño de los proyectos debe atender las necesidades de conservación, específicas y prioritarias, de cada atributo del recurso hídrico.

### 3.5.2. Escenario 2: integración de los resultados de AHP

Los valores estimados con la técnica AHP, representan el valor económico del recurso hídrico, y no la disposición a pagar por su conservación. Por tanto, representa una aproximación de todos los valores que puede contener el recurso hídrico. La estimación desagregada de los atributos, permitirá priorizar las estrategias para su gestión.

En ese sentido, los valores de los atributos de AHP pueden utilizarse como los beneficios sociales que ofrece la conservación del ACP Tilacancha. Desde 2015, están disponibles los Lineamientos de formulación de PIP en diversidad biológica y servicios ecosistémicos (RD 006-2015-EF/63.0) (MINAM, 2016b). En ese sentido, los valores económicos estimados, servirán de insumos a los gobiernos locales para el diseño de proyectos para la conservación de Tilacancha.

Tabla 12. Valor económico del recurso hídrico agregado para el volumen de agua consumido en Chachapoyas

Atributo	Valor económico (soles/m <sup>3</sup> )	Volumen de agua consumido* (m <sup>3</sup> /año)	Valor económico (soles/año)
Regulación hídrica	11,03	1 032 911	11 393 190, 50
Control de sedimentos	3,08	“	3 179 357, 97
Rendimiento hídrico	7,08	“	7 312 018, 41
Mantenimiento de la calidad	8,67	“	8 960 474, 40
Valor Económico agregado	29,86	“	30 845 041, 27

\* Volumen consumido en el año 2017 en la ciudad de Chachapoyas - Departamento de Producción y de Control de Calidad (EMUSAP, 2017).

Se usó el dato de manera referencial debido a que los valores correspondientes al año 2018, aún no están disponibles.

Los proyectos que podrían eventualmente formularse, permitirán priorizar los atributos del recurso hídrico de Tilacancha en función de los beneficios sociales que estos ofrecen y sus necesidades de conservación. Adicionalmente, los resultados de la técnica AHP brindarán criterios técnicos para priorizar políticas de gestión en el ACP Tilacancha, especialmente en recuperación y conservación de los atributos del recurso.



#### IV. DISCUSIÓN

Los mecanismos de Pagos por Servicios Ecosistémicos (PSE) no garantizan la sostenibilidad de un servicio ecosistémico. Las evidencias afirman que en Latinoamérica, el 57,5% de los casos de PSE implementados fueron exitosos (Grima *et al.*, 2016). El caso del MRSE implementado en Tilacancha no es excepción. Sus principales debilidades son: la ausencia de un estudio de valoración económica para definir el monto de retribución con base en las preferencias y voluntades de pago de los usuarios, debilidad en la formulación de los proyectos de inversión del MRSE, que no garantizan el cumplimiento de los objetivos de sostenibilidad y, la no identificación de los atributos del recurso hídrico, prioritarios de conservación. Sin embargo, mejoras en el diseño del MRSE, pueden conducir a generar relaciones sostenibles con la naturaleza, conservar, restaurar ecosistemas y sus beneficios presentes y futuros (Chan, Anderson, Chapman, Jespersen, & Olmsted, 2017).

El incremento de productos químicos para el tratamiento del agua y coliformes fecales y totales pueden ser indicadores para evaluar el impacto del MSRE en la microcuenca de Tilacancha, ya que dos problemas fundamentales son: la actividad ganadera en ecosistemas productores de agua, así como la contaminación de las fuentes por el uso de insecticidas, pesticidas y agroquímicos de cultivos como la papa (I. Lucich *et al.*, 2014). No se pudieron establecer conclusiones contundentes porque el MRSE apenas tiene tres años de ejecución, no obstante, los resultados muestran que en el periodo 2015 – 2017 hubo un preocupante incremento de coliformes fecales en 78% y coliformes totales en 162,5%, que podría indicar un aumento de la actividad ganadera. Tampoco se puede afirmar si el consumo de insumos químicos para tratar el agua está relacionado con el nivel de coliformes, puesto que no hay tendencia clara respecto a su aumento o disminución en el último quinquenio. Por ejemplo, en el periodo 2009 – 2015, investigadores indican que EMUSAP S.R.L. ha incrementado su gasto para mejorar la calidad del agua por el incremento del consumo de insumos químicos (Méndez *et al.*, 2017). Sin embargo, el reporte del quinquenio 2013 – 2017 revela que el nivel de consumo de cloro, sulfato y cal hidratada, prácticamente se han mantenido, el nivel de polímero catiónico disminuyó, y sólo el consumo de hipoclorito de calcio y sulfato de cobre se incrementaron considerablemente.

Los pocos trabajos que compararon y utilizaron conjuntamente EE y AHP, se han realizado para bienes de mercado, evaluando las preferencias de los consumidores por un producto agroalimentario y estrategias de inversión para bienes públicos (Colombo *et al.*, 2009; Kallas

*et al.*, 2011), y una reciente investigación donde estudiaron las preferencias de los pacientes con degeneración macular relacionada con la edad (Danner *et al.*, 2017). Por tanto, la novedad de esta investigación, es el uso conjunto de EE y AHP para evaluar las preferencias individuales por los atributos de un servicio ecosistémico, en este caso el agua, cuyos atributos carecen de mercado. Generalmente, en bienes de mercado los investigadores utilizan atributos y niveles idénticos. En esta investigación, el atributo monetario fue particular para cada técnica: en EE fue la “tarifa de ingreso” por acceder a las mejoras del servicio, y en AHP, fue el “costo del servicio” que significa el costo de producir un m<sup>3</sup> de agua. Los resultados, en consecuencia, fueron distintos, en EE se obtuvo la disposición de pago marginal para mejoras de los atributos, y en AHP, el valor económico que tienen los atributos del recurso hídrico. Fue razonable encontrar que los resultados de AHP fueran muy superiores a los de EE.

Comparando las preferencias de pago declaradas con EE y las preferencias teóricas con AHP, las clasificaciones de importancia tuvieron similitudes y diferencias (Tabla 10). La jerarquía de atributos coincidieron en pares: tanto para EE y AHP, los atributos “mantenimiento de la calidad” y “regulación hídrica” tienen mayor importancia que los atributos “control de sedimentos” y “rendimiento hídrico”. En EE, los usuarios del servicio indicaron que el atributo más valorado es el “mantenimiento de la calidad” y el menos valorado el “rendimiento hídrico”. En AHP, el panel de expertos indicó que la “regulación hídrica” es el atributo principal y el menos importante el “control de sedimentos”. Los resultados son coherentes en ambas técnicas, los usuarios priorizan la calidad por encima de la cantidad debido a que en Chachapoyas aún no hay déficit hídrico. El panel de expertos, apreciaron la regulación hídrica como el más importante, reconociendo la importancia que tiene este atributo para la dotación del agua durante todo el año, por encima de la calidad. Como indica Kallas *et al.* (2011), se debe tener en cuenta que comparar EE y AHP, con diferente atributo monetario, permiten la comparación cualitativa de atributos y niveles sin centrarse en la intensidad. Kallas *et al.* (2011) asimismo, encontraron 55,6% de coincidencia entre atributos con ambas técnicas, con relaciones similares. Colombo *et al.* (2009) y Danner *et al.* (2017) tuvieron resultados dispares, encontrando similitudes y diferencias en las clasificaciones con ambas técnicas.

No se reportaron investigaciones anteriores que hayan estudiado las preferencias de los usuarios por los cuatro atributos del servicio hídrico. Las diferencias encontradas con EE y AHP, se sustentan en las características de la población estudiada: en EE se obtuvo la “preferencia de pago declarada” de los usuarios, de sus preferencias sobre el recurso hídrico.

En contraste, en AHP se obtuvo “la preferencia teórica declarada” del panel de expertos, que emitieron una opinión académica sobre la importancia del recurso. Las necesidades, el grado conocimiento del recurso y la formación de cada población estudiada, marcó las diferencias encontradas con cada técnica.

Los usuarios del agua tienen una visión global del recurso hídrico. Ellos reconocieron fácilmente los atributos “rendimiento hídrico” y mantenimiento de la calidad” porque fueron asociados rápidamente con los conceptos de cantidad y calidad. Los atributos “regulación hídrica” y “control de sedimentos” no fueron comprendidos inicialmente, pero luego de la explicación de los conceptos con la técnica EE, fueron reconocidos. En AHP, los problemas de identificación de los atributos fueron mínimos.

La disposición a pagar (DAP) agregada estimada con la técnica EE tuvo un valor de 2,261 S/mes/familia, valor cercado al estimado con el método Valoración Contingente el año 2012, que registró 2,24 soles/mes/familia (Guzmán *et al.*, 2013). Sin embargo, el nivel de consumo promedio de agua en el periodo 2012 – 2018, disminuyó de 15,59 a 12,31 m<sup>3</sup>/mes/familia. Por tanto, la DAP estimada en esta investigación, que fue de 0,184 S/m<sup>3</sup>/mes/familia, y el estimado por Guzmán *et al.* (2013) es 0,140 S/m<sup>3</sup>/mes/familia, esto significa que la DAP estimada en esta investigación es superior en 31,2% con respecto al año 2012.

Estudios similares con EE, en el año 2016 permitieron estimar una DAP de 2,15 S/mes de los usuarios de la ciudad de Cusco, por conservar la Laguna de Piuray, fuente principal de agua superficial que abastece a la ciudad (Carbajal & Lucich, 2018). En la ciudad de Tarapoto se estimó una DAP de 2,54 S/mes de los usuarios por conservar las fuentes de agua de la ciudad: ríos Shilcayo, Cachiyacu y Ahuashiyacu (I. M. Lucich & Gonzales, 2015).

## V. CONCLUSIONES

No se pueden precisar conclusiones del impacto del MRSE en la microcuenca por el corto periodo de implementación, no obstante, es preocupante el incremento coliformes fecales y totales en el periodo 2015 – 2017, en 78% y 162.5% respectivamente, que podría explicarse por la intensificación de las actividades productivas en la microcuenca. El nivel de consumo de insumos químicos en la Planta de Tratamiento se ha mantenido en el último quinquenio, a excepción de hipoclorito de calcio y sulfato de cobre, que se incrementaron en 163,7% y 114,2% respectivamente.

La técnica EE ha permitido obtener las disposiciones a pagar (DAP) marginales por los atributos del recurso hídrico: 0,754 S/mes por mantenimiento de la calidad, 0,723 S/mes por regulación hídrica, 0,719 por control de sedimentos, y en el cuarto lugar 0,065 S/mes por rendimiento hídrico. La DAP agregada fue de 2,26 S/mes. Por su parte, la técnica AHP estimó el valor económico de los atributos, en el siguiente orden: 11,03 S/mes de regulación hídrica, 8,67 S/mes de mantenimiento de la calidad, 7,08 S/mes de rendimiento hídrico y, 3,08 S/mes de control de sedimentos. El valor económico agregado del recurso hídrico fue de 29,86 S/mes.

Tomando como pesos los valores encontrados, estos indican que regulación hídrica y mantenimiento de la calidad tienen mayor puntuación de importancia, tanto para EE como AHP, por encima de control de sedimentos y rendimiento hídrico. Las diferencias en las puntuaciones se sustentan, en las preferencias y percepción particulares, de los usuarios del agua y del panel de expertos.

Escenarios de sostenibilidad propuestos. Luego de un proceso de agregación, las DAP marginales obtenidas con EE pueden servir para rediseñar las tarifas de retribución por el servicio ecosistémico en Chachapoyas, en el marco de lo que indica la Ley N°30215 y, las utilidades obtenidas con AHP, pueden utilizarse para sustentar los beneficios sociales y ambientales en el diseño de proyectos de inversión pública en servicios ecosistémicos, con base en los lineamientos de la Resolución Directoral N°006-2015-EF/63.0 del Ministerio de Economía y Finanzas.

## VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar estudios de corte longitudinal para evaluar la evolución de coliformes fecales y totales, en la entrada a la Planta de Tratamiento de EMUSAP S.R.L., y su relación con el consumo de insumos químicos para el tratamiento del agua.

En posteriores investigaciones interesadas en las técnicas usadas en esta investigación, se recomienda elegir aquella técnica en función al tipo de valor económico que se desee estimar, los recursos económicos que implica cada uno y, teniendo en consideración la complejidad particular de cada método y los requisitos que estipulan.

Recomendaciones de política:

- SUNASS debe exigir un estudio de valoración económica (Ley N°30215) a las Entidades Prestadoras de Servicios Saneamiento (EPS) en el Plan Maestro Optimizado que permitirá lograr mejoras las metas de gestión
- MINAM en articulación con SUNASS, deben sugerir el uso de EE y AHP para estimar el valor económico de los atributos del recurso hídrico, y con ello, priorizar proyectos, programas, actividades, planes y estrategias para la gestión del recurso
- EMUSAP y SUNASS, incorporar la  $DAP_m$  de los atributos del recurso hídrico en el recibo de agua, a través de la reformulación de del estudio tarifario. Con esto, se generará conciencia en los usuarios, quienes además podrán conocer los componentes de la tarifa por el servicio hídrico
- Al Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, se recomienda incluir componentes de conservación, con base en la priorización de atributos del agua, en los PIPs de abastecimiento de agua potable

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adamowicz, W., Boxall, P., Williams, M., & Louviere, J. (1998). Stated Preference Approaches for Measuring Passive Use Values: Choice Experiments and Contingent Valuation. *American Journal of Agricultural Economics*, 80(1), 64–75.  
<https://doi.org/10.2307/3180269>
- Adamowicz, W., Louviere, J., & Swait, J. (1998). Introduction to Attribute-Based Stated Choice Methods, (January), 7–31. Retrieved from  
<https://www.researchgate.net/publication/242494897%5CnIntroduction>
- Aznar, J., & Estruch, A. V. (2015). *Valoración de activos ambientales* (2nd ed.). Valencia, España: Editorial Universitat Politècnica de València. Retrieved from  
[https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/66822/PDF-Aznar%3BEstruch - VALORACIÓN DE ACTIVOS AMBIENTALES.pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/66822/PDF-Aznar%3BEstruch-VALORACIÓN%20DE%20ACTIVOS%20AMBIENTALES.pdf?sequence=1)
- Aznar, J., & Guijarro, F. (2012). *Nuevos métodos de valoración. Modelos Multicriterio* (2nd ed.). Valencia, España: Editorial Universitat Politècnica de València. Retrieved from  
[https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/19181/nuevos MÉTODOS de dvaloraciÓN - 20modelos multicriterio.pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/19181/nuevos%20MÉTODOS%20DE%20dVALORACIÓN%20-20modelos%20multicriterio.pdf?sequence=1)
- Azqueta, D., Alviar, M., Dominguez, L., & O’Ryan, R. (2007). *Introducción a la Economía Ambiental*. (J. I. Fernández, Ed.) (2nd ed.). Madrid: McGraw-Hill.
- Carbajal, M. A., & Lucich, I. M. (2018). Valoración económica del servicio de abastecimiento de agua potable en Cusco. *Revista de Investigación Economía & Sociedad*, 56–63.
- Chan, K. M. A., Anderson, E., Chapman, M., Jespersen, K., & Olmsted, P. (2017). Payments for Ecosystem Services: Rife with Problems and Potential—For Transformation Towards Sustainability. *Ecological Economics*, 140, 110–122.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.04.029>
- Colombo, S., Angus, A., Morris, J., Parsons, D. J., Brawn, M., Stacey, K., & Hanley, N. (2009). A comparison of citizen and “expert” preferences using an attribute-based approach to choice. *Ecological Economics*, 68(11), 2834–2841.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.06.001>
- CONDESAN, (Consortio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina). (2014). *Informe del DHR en la Microcuenca del Río Tilacancha*. Retrieved from

[http://serviciosecosistemicos.minam.gob.pe/rseh\\_ficha/22](http://serviciosecosistemicos.minam.gob.pe/rseh_ficha/22)

- Cranford, M., & Mourato, S. (2014). Credit-Based Payments for Ecosystem Services: Evidence from a Choice Experiment in Ecuador. *World Development*, *64*, 503–520. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2014.06.019>
- Danner, M., Vennedey, V., Hiligsmann, M., Fauser, S., Gross, C., & Stock, S. (2017). Comparing Analytic Hierarchy Process and Discrete-Choice Experiment to Elicit Patient Preferences for Treatment Characteristics in Age-Related Macular Degeneration. *Value in Health*, *20*(8), 1166–1173. <https://doi.org/10.1016/j.jval.2017.04.022>
- EMUSAP, (Empresa Municipal de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado de Amazonas). (2017). *Memoria técnica 2013-2017*. Chachapoyas, Perú.
- Grima, N., Singh, S. J., Smetschka, B., & Ringhofer, L. (2016). Payment for Ecosystem Services (PES) in Latin America: Analysing the performance of 40 case studies. *Ecosystem Services*, *17*, 24–32. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.11.010>
- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2010). *Econometria*. McGraw-Hill (5th ed.). México: McGraw-Hill.
- Guzmán, W., Arellanos, E. S., & Chavez, S. G. (2012). Determinación e incidencia de la disposición a pagar en esquemas de pagos por servicios ambientales hídricos: Estudio de caso en las capitales de las provincias de Chachapoyas, Rodríguez de Mendoza y Uctubamba. *Folia Amazónica*, *21*(1–2), 141–151. <https://doi.org/10.24841/fa.v21i1-2.42>
- Guzmán, W., Arellanos, E. S., & Chavez, S. G. (2013). Pagos por servicios ecosistémicos hidrológicos en el departamento de Amazonas: determinación e incidencia de la disposición a pagar. In A. Diez, E. Raez, & R. Fort (Eds.), *Perú: el problema agrario en debate*. SEPIA XV (XV, pp. 684–718). Chachapoyas. Retrieved from [http://www.sepia.org.pe/facipub/upload/cont/1302/cont/files/Ponencia Wagner Guzman, Erick Arellanos y Segundo Chavez.pdf](http://www.sepia.org.pe/facipub/upload/cont/1302/cont/files/Ponencia%20Wagner%20Guzman,%20Erick%20Arellanos%20y%20Segundo%20Chavez.pdf)
- Hanley, N., Wright, R. E., & Adamowicz, V. (1998). Using Choice Experiments to Value the Environment. *Environmental & Resource Economics*, *11*(3–4), 413–428. <https://doi.org/10.1023/A:1008287310583>
- Hausman, J., & McFadden, D. (1984). Specification Tests for the Multinomial Logit Model. *Econometrica*, *52*(5), 1219–1240. <https://doi.org/10.2307/1910997>
- Kallas, Z., Lambarraa, F., & Gil, J. M. (2011). A stated preference analysis comparing the

- Analytical Hierarchy Process versus Choice Experiments. *Food Quality and Preference*, 22(2), 181–192. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2010.09.010>
- Kanninen, B. J. (2002). Optimal Design for Multinomial Choice Experiments. *Journal of Marketing Research*, 39(2), 214–227. <https://doi.org/10.1509/jmkr.39.2.214.19080>
- Ku, S.-J., & Yoo, S.-H. (2010). Willingness to pay for renewable energy investment in Korea: A choice experiment study. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(8), 2196–2201. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.03.013>
- Lancaster, K. J. (1966). A New Approach to Consumer Theory. *Journal of Political Economy*, 74(2), 132–157. <https://doi.org/10.1086/259131>
- Ley N°30215. Ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos, El Peruano § (2014). Perú. Retrieved from [http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/06/ley\\_302105\\_MRSE.pdf](http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/06/ley_302105_MRSE.pdf)
- Lucich, I., Alvarado, A., Bohorquez, E., Villar, D., & Pineda, R. (2014). *Avances en el marco regulatorio de los mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos hidrológicos. El caso del Área de Conservación Privada Tilacancha* (1st ed.). Lima, Perú: Sociedad Peruana de Derecho Ambiental. Retrieved from <https://spda.org.pe/wpfb-file/tilacancha-final-15-12-14-pdf/>
- Lucich, I. M., & Gonzales, K. (2015). *Valoración económica de la calidad y confiabilidad de los servicios de agua potable en Tarapoto a través de Experimentos de Elección*. Lima, Perú: Conservation Strategy Fund. Retrieved from [http://conservation-strategy.org/sites/default/files/field-file/Valoracion\\_del\\_servicio\\_agua\\_Ivan\\_y\\_Karin.pdf](http://conservation-strategy.org/sites/default/files/field-file/Valoracion_del_servicio_agua_Ivan_y_Karin.pdf)
- McFadden, D. (1974). Conditional logit analysis of qualitative choice behavior. In P. Zarembka (Ed.), *Frontiers in econometrics* (pp. 105–142). New York: Academic Press. Retrieved from <https://eml.berkeley.edu/reprints/mcfadden/zarembka.pdf>
- Méndez, L. D., Corcuera, C. A., Silva, E. E., & Guzmán, W. (2017). Transformación del paisaje rural en el departamento de Amazonas: ¿Desencuentros entre la conservación de servicios ecosistémicos hídricos y cambios de uso de suelo? In *SEPIA XVII* (XVII, pp. 1–36). Cajamarca. Retrieved from [http://sepia.org.pe/facipub/upload/cont/1452/cont/files/LIZETTE MENDEZ y W\\_GUZMAN.pdf](http://sepia.org.pe/facipub/upload/cont/1452/cont/files/LIZETTE MENDEZ y W_GUZMAN.pdf)



- MINAM, (Ministerio del Ambiente). (2010). *Compensación por servicios ecosistémicos: Principios básicos de los acuerdos de conservación de servicios ecosistémicos. Las microcuencas Mishiquiyacu, Rumiycu y Almendra de San Martín, Perú*. (F. León, M. C. Moncayo, I. Renner, & I. Prem, Eds.), *Ministerio del Ambiente* (1st ed.). Lima, Perú. Retrieved from <http://bibliotecavirtual.minam.gob.pe/biam/bitstream/handle/minam/868/BIV01141.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- MINAM, (Ministerio del Ambiente). (2014). *Áreas de Conservación Privada* (No. 10). Lima, Perú. Retrieved from <http://www.sernanp.gob.pe/documents/10181/255769/Áreas-de-Conservación-Privada-Documento-de-trabajo-10.pdf/b77fd3a7-f235-40fa-839a-b60889e343fe>
- MINAM, (Ministerio del Ambiente). (2016a). *Guía de valoración económica del patrimonio natural* (2nd ed.). Lima. Retrieved from <http://sinia.minam.gob.pe/documentos/guia-valoracion-economica-patrimonio-natural>
- MINAM, (Ministerio del Ambiente). (2016b). Marco Legal de MRSE en el País. Lima, Perú. Resolución de Consejo Directivo N°045-2017-SUNASS-CD, Pub. L. No. Resolución de Consejo Directivo N°045-2017-SUNASS-CD, 42 (2017). Perú. Retrieved from <https://busquedas.elperuano.pe/download/url/aprueban-directiva-de-mecanismos-de-retribucion-por-servicio-resolucion-no-045-2017-sunass-cd-1577184-1>
- Saaty, T. L. (1988). What Is the Analytic Hierarchy Process? *Mathematical Models for Decision Support, Springer Berlin Heidelberg*, 48, 109–121. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-83555-1\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-642-83555-1_5)
- Seitz, G. M. (2015). *Retribuciones individuales y colectivas en el marco de conformación del Fondo Virtual del Agua de Tilacancha*. Retrieved from [http://serviciosecosistemas.minam.gob.pe/rseh\\_ficha/22](http://serviciosecosistemas.minam.gob.pe/rseh_ficha/22)
- Shin, J., & Lyu, S. O. (2018). Using a discrete choice experiment to estimate spectators' willingness to pay for professional baseball park sportscape. *Sport Management Review*. <https://doi.org/10.1016/j.smr.2018.06.009>
- SUNASS, (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento). (2015a). *Estudio Tarifario EMUSAP S.R.L. 2015-2020*. Lima. Retrieved from [http://www.sunass.gob.pe/websunass/index.php/eps/estudios-tarifarios/cat\\_view/419-regulacion-tarifaria/28-estudios-tarifarios/301-finales/451-amazonas-epssmu-s-r-ltda-](http://www.sunass.gob.pe/websunass/index.php/eps/estudios-tarifarios/cat_view/419-regulacion-tarifaria/28-estudios-tarifarios/301-finales/451-amazonas-epssmu-s-r-ltda-)

emapab-s-a-y-emusap-amazonas-s-r-ltda

- SUNASS, (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento). Resolución de Consejo Directivo N°033-2015-SUNASS-CD (2015). Lima, Perú. Retrieved from [http://www.sunass.gob.pe/doc/normas legales/2015/re33\\_2015cd.pdf](http://www.sunass.gob.pe/doc/normas legales/2015/re33_2015cd.pdf)
- Tudela, J. W. (2010). Experimentos de elección en la priorización de políticas de gestión en áreas naturales protegidas. *Desarrollo y Sociedad*, 66(2), 183–217. <https://doi.org/10.13043/dys.66.6>
- Tudela, J. W., Martínez, M. Á., Valdivia, R., Portillo, M., & Romo, J. L. (2009). Modelos de elección discreta en la valoración económica de áreas naturales protegidas. *Revista Mexicana de Economía Agrícola y de Los Recursos Naturales*, 2(3), 7–30.
- Vorlaufer, T., Falk, T., Dufhues, T., & Kirk, M. (2017). Payments for ecosystem services and agricultural intensification: Evidence from a choice experiment on deforestation in Zambia. *Ecological Economics*, 141, 95–105. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.05.024>
- Wilson, J. J., Lantz, V. A., & MacLean, D. A. (2010). A benefit-cost analysis of establishing protected natural areas in New Brunswick, Canada. *Forest Policy and Economics*, 12, 94–103. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2009.08.005>
- Wunder, S. (2005). Payments for environmental services: Some nuts and bolts. *CIFOR Occasional Paper*, 42, 1–32. <https://doi.org/10.17528/cifor/001760>

## ANEXOS

### Anexo 1. Formato de tarjeta de elección

#### Parte 1: Conjuntos de elección

Marcar con X en sólo una de las tres alternativas propuestas (Ejemplo de la tarjeta N°34):

ID: 34 Atributos del agua que proviene de Tilacancha	Alternativas		
	Escenario A	Escenario B	<i>Statu Quo</i>
<b>1. Regulación hídrica</b>	Sin cambios	Protección efectiva (100%)	Sin cambios
<b>2. Control de sedimentos</b>	Capacidad mejorada en (100%)	Capacidad mejorada en (50%)	Sin cambios
<b>3. Rendimiento hídrico (cantidad)</b>	Sin cambios	Aseguramiento del (50%)	Sin cambios
<b>4. Mantenimiento de la calidad</b>	Aseguramiento del (100%)	Sin cambios	Sin cambios
5. Pago extra en el recibo de agua	3.5 Soles/mes	1.5 Soles/mes	0 Soles/mes
<b>Elección del entrevistado</b>	( )	( )	( )

#### Parte 2: Características socioeconómicas

Marcar con X o llenar, según corresponda

- Edad del entrevistado: \_\_\_\_\_ años
- Género:    masculino ( )    femenino ( )
- Número de hijos: \_\_\_\_\_ Número de integrantes de la familia: \_\_\_\_\_
- Nivel educativo:
  - Sin instrucción ( )
  - Primaria incompleta ( )
  - Primaria completa ( )
  - Secundaria incompleta ( )
  - Secundaria completa ( )

Superior técnica/universitaria ( )

- Nació en Chachapoyas:

Sí( ) No ( )

- Tiene conocimiento de Tilacancha, ecosistema que provee agua a Chachapoyas:

Sí( ) No ( )









- Tiene conocimiento del MRSE hídrico implementado en Chachapoyas:

Sí( ) No ( )

- Ingreso mensual: \_\_\_\_\_ soles

### Ayuda fotográfica:

Las siguientes imágenes se presentaron en la Parte 1 a los entrevistados para ayudar a ilustrar y mejorar la comprensión de los conjuntos de elección con sus niveles:

Niveles de los conjuntos de elección		
Sin cambios	Mejoras al 50%	Mejoras al 100%
		
		
		

## Anexo 2. Ayuda conceptual para encuestadores de las tarjetas de elección

Tabla 13. Descripción de los niveles de los atributos del recurso hídrico de Tilacancha para Experimentos de Elección

Atributo	Niveles para los escenarios A, B y <i>Statu quo</i>			
	Sin cambios	Bueno (Mejoras al 50%)		Excelente (Mejoras al 100%)
1. Regulación hídrica	Tilacancha tiene la capacidad natural de almacenamiento del agua en periodos lluviosos y de suministrarla lentamente en los periodos secos. La regulación hídrica está en función de la intensidad de precipitación, cobertura vegetal y de la profundidad del suelo. Actualmente está afectada por el roso, quema y el avance de la frontera agrícola y ganadera.	Protección efectiva del 50% de los pajonales, permite garantizar la capacidad de Tilacancha de almacenar agua para el periodo de estiaje, sin embargo, con el aumento poblacional, en el largo plazo se necesitará un mayor porcentaje de conservación.		Protección efectiva del 100% de los pajonales que permite el almacenamiento de agua por la cobertura vegetal (pajonales), conservados, que garantizan el suministro de agua en el presente y en el largo plazo, sobre todo en los periodos secos.
2. Control de sedimentos	La capacidad que tiene la cuenca para amortiguar los golpes de lluvia, y por tanto, reducir la erosión del suelo, está mermada por la pérdida de pajonales por el cambio de uso del suelo. Este servicio depende de la intensidad de la precipitación y del estado de la cobertura del suelo.	Se mejora en 50% la capacidad de la microcuenca para evitar la erosión del suelo mediante la recuperación de la cobertura vegetal del suelo. La estrategia es la no intervención de las áreas degradadas y la regeneración natural.		Se mejora en 100% la capacidad de la microcuenca para evitar la erosión del suelo por la recuperación de la cobertura vegetal del suelo. La estrategia es la no intervención de las áreas degradadas y la regeneración natural.
3. Rendimiento hídrico (cantidad)	La capacidad de Tilacancha de producir agua (oferta) depende de la precipitación, evapotranspiración y la infiltración. Actualmente, está afectada por el deterioro de los pajonales, el principal problema es la forestación con pinos en la zona de pastizales en la parte alta de la Cuenca.	Recuperación del 50% de las zonas de amortiguamiento del ACP Tilacancha, evitando problemas como deslizamientos. Limitar la plantación de pinos en la Cuenca, ya que por la aptitud de uso mayor, deben conservarse los pajonales.		Recuperación del 100% de las zonas de amortiguamiento del ACP Tilacancha para evitar deslizamientos y la aplicación de microzonificación para evitar el avance de la frontera agrícola y ganadera, y restringir la forestación con pinos.
4. Mantenimiento de la calidad (calidad química)	Capacidad de la Cuenca para purificar el agua, depende de la filtración y absorción de partículas del suelo y los organismos vivos presentes en el agua y suelo. Está afectada por el aumento de los coliformes de la actividad ganadera y los residuos de los fertilizantes del cultivo de la papa, que ocasionan el incremento de los gastos de EMUSAP S.R.L. para tratamiento del agua.	La microzonificación permite evitar en 50% la contaminación del agua por efecto de la ganadería y agricultura. Se milita el número de cabezas de ganado con enfoque de sostenibilidad.		La microzonificación y las alternativas de proyectos, las mejoras técnicas a los proyectos que se vienen ejecutando y el control de sedimentos permiten evitar en 100% el incremento de los agentes contaminantes y por tanto los incrementos en los gastos de tratamiento. Se restringe el avance de la ganadería, según zonificación.
5. Tarifa de acceso (soles/mes)	a) S/ 0,5      b) S/ 1,5	c) S/ 2,5	d) S/ 3,5	
	S/ 0,0 (en el <i>Statu quo</i> )			

Nota.- El escenario C (*Statu quo*) de las tarjetas de elección está conformado sólo por el nivel “sin cambios”. Los escenarios A y B, por combinación de los niveles.

### Anexo 3. Arreglo ortogonal

Tabla 14. Arreglo ortogonal del diseño factorial fraccionado

CARD	Regulación hídrica	Control de sedimentos	Rendimiento hídrico	Mantenimiento de la calidad	Tarifa	STATUS
1	Bueno	Excelente	Bueno	Excelente	1.5	Reserva
2	Bueno	Excelente	Bueno	Sin cambios	2.5	Diseño
3	Excelente	Sin cambios	Bueno	Excelente	0.5	Diseño
4	Sin cambios	Sin cambios	Excelente	Sin cambios	3.5	Diseño
5	Sin cambios	Sin cambios	Sin cambios	Excelente	0.5	Reserva
6	Sin cambios	Bueno	Excelente	Bueno	0.5	Diseño
7	Excelente	Sin cambios	Bueno	Excelente	1.5	Reserva
8	Sin cambios	Sin cambios	Bueno	Bueno	1.5	Diseño
9	Bueno	Bueno	Sin cambios	Bueno	3.5	Diseño
10	Sin cambios	Sin cambios	Excelente	Sin cambios	1.5	Diseño
11	Bueno	Excelente	Excelente	Bueno	0.5	Diseño
12	Bueno	Sin cambios	Sin cambios	Sin cambios	2.5	Diseño
13	Sin cambios	Excelente	Bueno	Excelente	2.5	Diseño
14	Excelente	Excelente	Excelente	Bueno	2.5	Diseño
15	Sin cambios	Sin cambios	Sin cambios	Sin cambios	0.5	Diseño
16	Bueno	Sin cambios	Sin cambios	Excelente	1.5	Diseño
17	Excelente	Excelente	Sin cambios	Sin cambios	1.5	Diseño
18	Sin cambios	Bueno	Bueno	Sin cambios	3.5	Diseño
19	Sin cambios	Bueno	Sin cambios	Bueno	2.5	Diseño
20	Excelente	Bueno	Sin cambios	Excelente	0.5	Diseño
21	Bueno	Bueno	Excelente	Sin cambios	2.5	Diseño
22	Sin cambios	Excelente	Sin cambios	Excelente	1.5	Diseño
23	Sin cambios	Sin cambios	Sin cambios	Excelente	1.5	Reserva
24	Sin cambios	Excelente	Bueno	Sin cambios	0.5	Diseño
25	Excelente	Sin cambios	Sin cambios	Bueno	2.5	Diseño
26	Sin cambios	Excelente	Excelente	Sin cambios	0.5	Diseño
27	Sin cambios	Sin cambios	Sin cambios	Sin cambios	2.5	Diseño
28	Excelente	Sin cambios	Bueno	Bueno	3.5	Diseño
29	Sin cambios	Bueno	Bueno	Bueno	1.5	Diseño
30	Bueno	Sin cambios	Bueno	Bueno	0.5	Diseño
31	Excelente	Excelente	Excelente	Sin cambios	1.5	Diseño
32	Bueno	Sin cambios	Bueno	Sin cambios	1.5	Diseño
33	Bueno	Excelente	Bueno	Excelente	0.5	Diseño
34	Bueno	Sin cambios	Sin cambios	Bueno	0.5	Diseño
35	Sin cambios	Excelente	Sin cambios	Bueno	1.5	Diseño
36	Bueno	Bueno	Excelente	Bueno	0.5	Reserva
37	Excelente	Bueno	Excelente	Excelente	0.5	Diseño
38	Excelente	Bueno	Sin cambios	Sin cambios	1.5	Diseño
39	Excelente	Sin cambios	Bueno	Sin cambios	2.5	Diseño
40	Bueno	Bueno	Excelente	Sin cambios	2.5	Diseño
41	Bueno	Bueno	Sin cambios	Excelente	1.5	Diseño
42	Excelente	Bueno	Bueno	Sin cambios	1.5	Diseño
43	Sin cambios	Bueno	Bueno	Excelente	2.5	Diseño

44	Excelente	Sin cambios	Excelente	Excelente	3.5	Diseño
45	Bueno	Excelente	Sin cambios	Sin cambios	3.5	Diseño
46	Bueno	Sin cambios	Excelente	Excelente	1.5	Diseño
47	Excelente	Excelente	Sin cambios	Bueno	2.5	Diseño
48	Sin cambios	Sin cambios	Excelente	Excelente	2.5	Diseño
49	Sin cambios	Sin cambios	Sin cambios	Sin cambios	0.5	Diseño
50	Sin cambios	Excelente	Sin cambios	Excelente	3.5	Diseño
51	Excelente	Sin cambios	Sin cambios	Sin cambios	0.5	Diseño
52	Sin cambios	Bueno	Sin cambios	Sin cambios	0.5	Diseño
53	Sin cambios	Sin cambios	Sin cambios	Excelente	2.5	Diseño
54	Sin cambios	Sin cambios	Excelente	Bueno	1.5	Diseño

Nota.- El arreglo ortogonal se realizó con el software SPSS 22.0

Los niveles de los 04 atributos del recurso hídrico son: sin cambios, mejoras al 50% y mejoras al 100%. Para efectos prácticos, mejoras al 50% se denominó (Bueno) y mejoras al 100% se denominó (Excelente).

El quinto atributo, la tarifa de acceso, tuvo los siguientes niveles: 0,5; 1,5; 2,5 y 3,5 soles.

#### Anexo 4. Conformación de las tarjetas de elección

Tabla 15. Tarjetas de elección seleccionadas aleatoriamente

Tarjeta de elección	Número de CARD de la Tabla 14		Tarjeta de elección	Número de CARD de la Tabla 14	
	Escenario A	Escenario B		Escenario A	Escenario B
ID 1	52	38	ID 20	48	34
ID 2	48	2	ID 21	21	8
ID 3	19	13	ID 22	47	7
ID 4	28	24	ID 23	25	13
ID 5	18	1	ID 24	23	18
ID 6	18	3	ID 25	8	5
ID 7	32	19	ID 26	6	1
ID 8	22	13	ID 27	47	22
ID 9	39	28	ID 28	50	13
ID 10	32	9	ID 29	18	3
ID 11	41	5	ID 30	51	50
ID 12	42	17	ID 31	20	10
ID 13	17	11	ID 32	47	40
ID 14	13	10	ID 33	17	4
ID 15	51	11	ID 34	50	42
ID 16	32	10	ID 35	16	2
ID 17	18	12	ID 36	42	39
ID 18	40	5	ID 37	23	12
ID 19	54	33			

Nota.- Las Tarjetas se elaboraron con la elección aleatoria de los conjuntos de elección (escenarios con atributos y niveles) generados con el arreglo ortogonal (Tabla 14). Los números de las columnas Escenario A y Escenario B corresponden a los conjuntos de elección seleccionados. El escenario *Statu quo*, la tercera columna que completa las tarjetas de elección, no fue representado en la Tabla 14, porque en todas las tarjetas ilustra la situación sin mejoras. ID representa el código de la tarjeta de elección.

## Anexo 5. Estadísticos del modelo logit condicional

Tabla 16. Estadísticos del logit condicional

Conditional logit model for choices only				
Maximum Likelihood Estimates				
Model estimated: Oct 22, 2018 at 11:50:41PM				
Dependent variable				Choice
Weighting variable				None
Number of observations				370
Iterations completed				5
Log likelihood function				-371.4077
R2=1-LogL/LogL*	Log-L fncn	R-sqrd		RsqAdj
No coefficients	-406.4865	0.08630		0.07757
Constants only	-405.2185	0.08344		0.07469
Chi-squared[ 5]		=		67.62167
Prob [ chi squared > value ]		=		0.00000
Response data are given as ind. choice				
Number of obs.=	370, skipped		0 bad obs.	
Variable	Coefficient	Standard Error	b/St. Er. (t-ratio)	P [  Z  > z ] (P-value)
Atributo1	0.3603	0.1073	3.3579	0.0008
Atributo2	0.3581	0.1075	3.3302	0.0009
Atributo3	0.0324	0.1172	0.2769	0.7818
Atributo4	0.3760	0.1041	3.6136	0.0003
TarifaAcceso	-0.4984	0.0921	-5.4120	0.0000
A_EA	0.0587	0.3077	0.1907	0.8488
A_EB	0.0888	0.3050	0.2910	0.7711

Salida de N-Logit vs 3.0



## Anexo 6. Prueba de Hausman & McFadden

Tabla 17. Prueba de Hausman & McFadden para evaluar la independencia de alternativas irrelevantes (IIA)

Escenario omitido	$X^2$	Grados de libertad	Probabilidad
A	0,8223	5	0,1444
B	0,1230	5	0,3088
<i>Statu quo</i>	0,2232	5	0,0000

## Anexo 7. Resultados de la estadística descriptiva de los entrevistados

Tabla 18. Edad del entrevistado

Rango de edad (años)	Cantidad	Porcentaje
17 – 35	122	32,97%
36 – 55	174	47,03%
56 – 75	59	15,95%
76 – 93	15	4,05%
Total	370	100%
	Promedio de edad	43.65 años
	Mínimo	17 años
	Máximo	93 años

Tabla 19. Sexo del entrevistado

Sexo	Cantidad	Porcentaje
Masculino	158	42,70%
Femenino	212	57,30%
Total	370	100%

Tabla 20. Nivel educativo del entrevistado

Rango de edad (años)	Cantidad	Porcentaje
Sin instrucción	4	1,08%
Primaria incompleta	15	4,05%
Primaria completa	46	12,43%
Secundaria incompleta	41	11,08%
Secundaria completa	106	28,65%
Superior técnica o universitaria	158	42,70%
Total	370	100%

Tabla 21. Ingreso mensual del entrevistado

	Cantidad	Porcentaje	Promedio (soles)
≤1000	168	45,41%	742,05
1001 – 2000	154	41,62%	1 535,07
2001 – 3000	41	11,08%	2 646,34
3001 – 4000	3	0,81%	3 400
4001 – 5000	3	0,81%	5 000
> 5000	1	0,27%	6 000
Total	370	100%	1 353,42

Tabla 22. Número de hijos en la familia

Número de hijos/familia	Cantidad	Porcentaje
0	34	9,19%
1	75	20,27%
2	123	33,24%
3	81	21,89%
4	39	10,54%
5	12	3,24%
6	4	1,08%
7	1	0,27%
8	1	0,27%
Total	370	100%

Tabla 23. Número de integrantes de la familia

Número de integrantes	Cantidad	Porcentaje
1	4	1,08%
2	16	4,32%
3	71	19,19%
4	87	23,51%
5	64	17,30%
6	67	18,11%
7	24	6,49%
8	20	5,41%
9	8	2,16%
10	5	1,35%
11	3	0,81%
12	1	0,27%
Total	370	100%

Tabla 24. Preguntas de percepción

Pregunta	N° observaciones	Sí	No
▪ ¿Nació en la ciudad de Chachapoyas?	370	52,97%	47,03%
▪ ¿Conoce Tilacancha o ha escuchado hablar de su importancia?	370	86,76%	13,24%
▪ ¿Tiene conocimiento que en Chachapoyas se ha implementado un Mecanismo de Retribución de Servicios Ecosistémicos hídricos para conservar Tilacancha?	370	12,70%	87,30%

Tabla 25. Preferencias por los escenarios propuestos

Alternativa	Disposición	Cantidad	Porcentaje
Escenario A	Sí	123	33,24%
	No	247	66,76%
Escenario B	Sí	136	36,76%
	No	234	63,24%
<i>Statu quo</i>	Sí	111	30,00%
	No	259	70,00%
Resumen	Usuarios con disposición a pagar	259	70,00%
	Usuarios sin disposición a pagar	111	30,00%

## Anexo 8. Descripción conceptual de los atributos del recurso hídrico de Tilacancha para la técnica AHP

Tabla 26. Descripción de los atributos del servicio hídrico para el panel de expertos

Atributo	Descripción
1. Regulación hídrica	Consiste en que el ecosistema almacena agua en los períodos lluviosos y la libera lentamente en los períodos secos. Tilacancha proporciona un balance natural entre caudales de época lluviosa con caudales de época seca. A mayor capacidad de regulación, mayores son los caudales de regulación; asimismo el resto de Atributos depende en gran medida de la regulación hídrica. Este atributo depende de la intensidad de la precipitación (a menos intensidad, mayor infiltración), de la cobertura vegetal y de la profundidad del suelo superficial.
2. Control de sedimentos	Capacidad que tiene la cuenca de amortiguar el golpe del agua de lluvia y por lo tanto evitar la erosión del suelo. Este servicio está directamente relacionado con la intensidad de la precipitación y principalmente por la cobertura vegetal del suelo, es decir a mayor cobertura el suelo estará mejor protegido.
3. Rendimiento hídrico (cantidad)	Capacidad del ecosistema de "producir" agua en la cuenca. El rendimiento hídrico depende de la precipitación (forma como ingresa agua a la cuenca), de la evapotranspiración y la infiltración profunda, como las formas de salida del agua de la cuenca. Esta diferencia determina el caudal, y por lo tanto la cantidad de agua que pasa por el río en un año.
4. Mantenimiento de la calidad	Capacidad del ecosistema para purificar el agua. Depende de la filtración y absorción de partículas del suelo y de organismos vivientes presentes en el agua y suelo. Contaminantes como grasas, exceso de nutrientes, sólidos suspendidos, entre otros, son filtrados y procesados en la medida que el agua se transporta a través de la cobertura natural y bofedales. Este servicio tiene relación directa con la cobertura vegetal del suelo y el estado natural de las zonas ribereñas.
5. Costo del servicio	Es el costo (tratamiento del agua y gastos administrativos) en que incurre EMUSAP S.R.L. para brindar el servicio de abastecimiento de agua potable a la ciudad de Chachapoyas. Su valor está expresado en S/m <sup>3</sup> .

Fuente: Elaboración propia con base en CONDESAN (2014).

Nota.- La descripción de los atributos de la Tabla 26, estuvo diseñada para su presentación y lectura por el panel de expertos. La referencia bibliográfica citada justifica la descripción de los cuatro primeros atributos.

## Anexo 9. Panel de expertos

Tabla 27. Relación de expertos encuestados con la técnica AHP

ID	Nombre	Profesión	Experiencia profesional
1	Julio César Rabines Boñón	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ingeniero Agrónomo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Director Ejecutivo de la Gerencia de Recursos Naturales de la Autoridad Regional Ambiental (ARA) del Gobierno Regional de Amazonas</li> </ul>
2	Carlos Alberto Mestanza Iberico	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ingeniero Agrónomo</li> <li>▪ Maestría en Producción Agrícola</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gerente General de EMUSAP S.R.L.</li> </ul>
3	Elizabeth Teerán Reátegui	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bióloga</li> <li>▪ Maestría en Ecoturismo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Miembro del Grupo Técnico Tilacancha</li> <li>▪ Ex presidenta del Grupo Técnico Tilacancha</li> <li>▪ Impulsora y fundadora del Grupo Técnico Tilacancha</li> <li>▪ Regidora de la Municipalidad Provincial de Chachapoyas 2007-2010</li> <li>▪ Presidenta de la Comisión de Cultura, Medio Ambiente y Turismo</li> </ul>
4	Zoilo Maicelo Salón	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bachiller en Ingeniería Agrónoma</li> <li>▪ Maestría en Producción Agrícola</li> <li>▪ Estudios concluidos en el doctorado en Agricultura Sustentable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Miembro del Grupo Técnico Tilacancha 2007-presente</li> <li>▪ Propuso la creación del ACP Tilacancha el 21-agosto-2007 al alcalde de Chachapoyas</li> <li>▪ Comunero de la Comunidad Campesina de Levanto</li> </ul>
5	Lucía Arellanos Carrión	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ingeniera Sanitario</li> <li>▪ Maestría en tratamiento de aguas y aguas residuales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Jefe de planificación y presupuesto de EMUSAP S.R.L. 2000-2009</li> <li>▪ Ex gerente de EMUSAP S.R.L. 2009-2012</li> <li>▪ Ex miembro del Grupo Técnico Tilacancha 2007-2012</li> </ul>
6	Teresa Barrera Ramos	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ingeniera Agrícola</li> <li>▪ Maestría en Gestión Ambiental, especialidad en Desarrollo Territorial con Identidad Cultural</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ex directora del NEC Sierra Norte</li> <li>▪ Fue miembro invitada al Grupo Técnico Tilacancha</li> </ul>
7	Gerver Hestehin Rojas Mendoza	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ingeniero Ambiental</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Especialista Ambiental en la Asociación Peruana para la Conservación de la Naturaleza (APECO) 2015-2017</li> <li>▪ Funciones: investigación en hidrología, implementación de pagos por servicios ambientales y trabajo con las comunidades para la conservación de Tilacancha</li> </ul>

8	Peter Thomas Lerche	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ph.D. en Americanística, Sociología y Antropología</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Alcalde de la Municipalidad Provincial de Chachapoyas 2007-2010</li> <li>▪ Presidente del directorio de EMUSAP S.R.L. 2007-2010</li> </ul>
9	Jhimmy Sandy Vílchez Guevara	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ingeniero Agroindustrial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Coordinador del Proyecto de Inversión Pública “Recuperación de la Zona de Amortiguamiento de la microcuenca Tilacancha, Distrito de Levanto – Chachapoyas – Amazonas” en el marco del MRSE hídrico de Chachapoyas</li> </ul>
10	Segundo Grimaldo Chavez Quintana	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ingeniero Agroindustrial</li> <li>▪ Máster en Economía Agroalimentaria y del Medio Ambiente</li> <li>▪ Máster en Innovación e Internacionalización</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Comunero del distrito de Levanto</li> <li>▪ Docente de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas</li> </ul>
11	Lleydy Alvarado Chuquizuta	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bióloga</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Coordinadora de proyectos de Naturaleza y Cultura Internacional</li> </ul>
12	Heily Concepción Portocarrero Ramos	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Licenciada en Turismo y Administración</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fue extensionista de la campaña “Orgullo para la conservación del ACP Tilacancha”</li> <li>▪ Coordinadora de la Campaña de Conservación del ACP Tilacancha</li> </ul>
13	Wagner Guzmán Castillo	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ingeniero Agrícola</li> <li>▪ Máster of Science en Economía Agraria</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ex miembro del Grupo Técnico Tilacancha</li> <li>▪ Gerente Regional de la Superintendencia Nacional de Servicios y Saneamiento (SUNASS)</li> </ul>
14	Oscar Andrés Gamarra Torres	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Biólogo</li> <li>▪ Doctor en Ciencias Biológicas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Docente de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas</li> <li>▪ Decano de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental</li> </ul>
15	Blanca Ruiz Ordoñez	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Licenciada en Administración</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Jefe del Departamento de Comercialización de EMUSAP S.R.L.</li> </ul>
16	Franklin Antonio Guevara Culqui	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bachiller en Ingeniería Ambiental</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Asistente del Departamento de Comercialización de EMUSAP S.R.L.</li> </ul>

ID: código de identificación del experto

## Anexo 10. Prueba de consistencia a la encuesta de comparaciones pareadas, técnica AHP

Tabla 28. Ratio de consistencia a las encuestas del panel de expertos, técnica AHP

ID	Nombre	Ratio de Consistencia, CR (%)	Calificación *
1	Julio César Rabines Boñón	37,71	No consistente
2	Carlos Alberto Mestanza Iberico	27,28	No consistente
3	Elizabeth Teerán Reátegui	113,82	No consistente
4	Zoilo Maicelo Salón	8,10	Consistente
5	Lucía Arellanos Carrión	8,80	Consistente
6	Teresa Barrera Ramos	220,05	No consistente
7	Gerver Hestehin Rojas Mendoza	9,85	Consistente
8	Peter Thomas Lerche	4,75	Consistente
9	Jhimmy Sandy Vílchez Guevara	9,73	Consistente
10	Segundo Grimaldo Chavez Quintana	2,11	Consistente
11	Lleydy Alvarado Chuquizuta	9,35	Consistente
12	Heily Concepción Portocarrero Ramos	9,64	Consistente
13	Wagner Guzmán Castillo	35,73	No consistente
14	Oscar Andrés Gamarra Torres	44,43	No consistente
15	Blanca Ruiz Ordoñez	153,98	No consistente
16	Franklin Antonio Guevara Culqui	45,61	No consistente

\* Según Tabla 5, son consistentes cuando  $CR < 10\%$ , para matrices de orden  $5 \times 5$ .



## Anexo 11. Vector propio de los atributos del recurso hídrico

Tabla 29. Vector propio de las encuestas consistentes en la técnica AHP

ID	Atributo del recurso hídrico (pesos)				
	Regulación hídrica	Control de sedimentos	Rendimiento hídrico	Mantenimiento de la calidad	Costo del servicio
4	0,0818	0,0752	0,4489	0,2656	0,1284
5	0,4928	0,0403	0,1251	0,3045	0,0374
7	0,5188	0,1467	0,0929	0,1941	0,0475
8	0,3375	0,0536	0,3375	0,1665	0,1049
9	0,2692	0,1025	0,2692	0,2314	0,1276
10	0,1525	0,0595	0,1525	0,5760	0,0595
11	0,3089	0,0936	0,3089	0,2396	0,0491
12	0,6334	0,1535	0,0731	0,0995	0,0406
Media geométrica	0,2946	0,0822	0,1891	0,2317	0,0660
Vector Normalizado*	0,3411	0,0952	0,2189	0,2683	0,0764

\* Este vector representa los pesos finales de los atributos del recurso hídrico.

ID: identificación del experto (Tabla 27).

Nota.- Los valores fueron redondeados a cuatro decimales.