

Pago del servicio ambiental hídrico para conservar la parte alta de la cuenca del Río Mala

Luis Jimenez D¹.

Resumen

El pago por el servicio ambiental hídrico en la cuenca del río Mala se determina calculando la disposición a pagar de los usuarios de la parte baja del valle, para compensar el valor de captación y de protección de la zona de recarga. El 35% de las familias esta dispuesto a pagar en efectivo US\$ 10.30/año, el 54% en trabajos comunales valorizados en US\$ 86/año y un 11% en ambas modalidades. La cuenca del río Mala esta conformado por su propio valle y dos afluentes, el río Quinches (Ayavirí) – Yauyos y el río San Lorenzo – Huarochirí. El bosque de recarga hídrica es de 100 ha, 40 ha en las nacientes del río Ayavirí y 60 ha en el río San Lorenzo. El balance hídrico de la cuenca total tiene una zona de recarga de 60 km², con una oferta hídrica de 7,380,000 m³ y una demanda de 5,826,969 m³, existiendo un superávit. En la subcuenca del río Quinches el valor de captación lo determina la ganadería con US\$ 2,000/año, mientras el valor de protección (bosques con especies nativas) requiere una compensación mínima de US\$ 277 al primer año y de US\$ 137 en los años sucesivos; en la subcuenca del río San Lorenzo el valor de captación lo determina la agricultura con US\$ 3,600/año y el valor de protección de los bosques requiere compensación mínima de US\$ 287 y 147. Valores que pueden ser cubiertos con la disposición a pagar de los usuarios de la parte baja del valle. La evaluación financiera para conservar el bosque, con una tasa de descuento privada del 18% obtuvo un valor presente de US\$ 15,268 (60% de la inversión) y una tasa de retorno del 32%.

Palabras clave:

Abstract

The payment for the environmental water service in the river of Mala valley is determined calculating the willingness to pay of the users of the low part of the valley, to compensate the captation and protection value of the recharge zone. The 35 % of families are the willing to pay US\$ 10.30/year in cash, 54 % in communal jobs valued in US\$ 86/year and 11 % in both modalities. The watershed of the River Mala by its own valley and two tributaries, the River Quinches (Ayavirí) - Yauyos and the River San Lorenzo - Huarochirí. The forest of recharge water is 100 ha, 40 ha there are where the River Ayavirí born and 60 ha are in the River San Lorenzo. The water balance of the watershed shows 60 km² of a recharge zone and water offer of 7,380,000 m³ and demand of 5,826,969 m³, existing a surplus. In the subbasin of the River Quinches its value of captation is determined for the cattle with US\$ 2,000/year, while its value of protection (forests with native species) needs a minimal compensation of US\$ 277 to the first year and of US\$ 137 in the successive years; in the subbasin of the River San Lorenzo its value of captation is determined the agriculture with US\$ 3,600/year and its value of protection of the forests need minimal compensation of US\$ 287 and 147. These Values can be paid with the willingness to pay of the users of low part of the valley. The financial evaluation to preserve the forest, with a discount rate deprived of 18 % obtained a present value of US\$ 15,268 (60 % of the investment) and a rate return of 32 %.

Key words:

1. Introducción¹

1.1. Justificación

Actualmente la mayor preocupación de las instituciones administradoras del agua es distribuir óptimamente el recurso entre las alternativas de uso. Es decir, se orienta a atender adecuadamente la demanda. Para ello, se proponen dos metas; primero, realizar grandes construcciones y desviaciones para traer el agua desde muy lejos; segundo, emplear tecnologías ahorradores de agua como los riegos tecnificados y el programa de ecoeficiencia en el consumo del agua. Esta política es muy valiosa, pero resuelve sólo la mitad del problema, por esta razón estas instituciones también deberían preocuparse por mejorar la oferta del agua; es decir, deben realizar obras de forestación y reforestación en la zona de recarga (parte alta de las cuencas), de tal manera que el ciclo hidrológico se cumpla naturalmente.

El pago por el servicio ambiental hídrico (PSAH), a cargo de los usuarios de la parte baja del valle, genera la externalidad positiva aguas arriba, al tratar de compensar dos valores que se incurren al momento de realizarse las obras de recarga hídrica. Primero, el valor de captación expresada como el costo de oportunidad más alto de las actividades económicas que se realiza en el espacio donde debe implementar el bosque de recarga hídrica. Segundo, el valor de protección para conservar y mantener las actividades de forestación y reforestación en el espacio de recarga hídrica. A la suma del valor captación y protección se le llama valor (costo) de producción del servicio ambiental hídrico.

Con la finalidad hacer sostenible los mecanismos del servicio ambiental hídrico, se propone que exista un equilibrio entre lo recaudado con la disposición a pagar de los usuarios de la parte baja del valle y los costos (de inversión y operación) que incurre una zona de recarga hídrica. En Costa Rica se maneja actualmente el principio “el que se beneficia paga y

¹ Facultad de Economía y Planificación, Universidad Nacional Agraria La Molina. E-mail: jdj@lamolina.edu.pe

el que beneficia cobra” en contraposición con el clásico principio “el que contamina paga”

1.2. Objetivos

Determinar la disposición a pagar de los usuarios de la parte baja del valle del río Mala, para compensar los costos de captación y protección de la oferta hídrica que se realiza en la parte alta de la cuenca; de tal manera que se asegure la rentabilidad financiera y sostenible del bosque propuesto. Los objetivos específicos son los siguientes:

Calcular la oferta y demanda hídrica de la cuenca del río Mala, identificando la zona de recarga y la dimensión del bosque, así como sus diferentes usos del agua en cada subcuenca; de tal manera que se conozca su balance hídrico.

Determinar el costo de captación y protección que se incurre en la formación de bosques de recarga hídrica, tanto para la subcuenca del río Quinchés (Ayavirí) y San Lorenzo; de tal manera que se conozca el valor de compensación mínima a las familias que se encargan de su cuidado.

Calcular la disposición a pagar y las modalidades que tienen los usuarios de la parte baja del río Mala, para realizar las obras de recarga hídrica en la parte alta de cuenca; de tal manera que se genere un equilibrio financiero entre ellos.

Evaluar financiera la conservación del bosque, considerando el costo de producción, el valor del tiempo de las familias en acarrear el agua, la disposición a pagar en efectivo, el valor de los trabajos comunales y la explotación sustentable del bosque; de tal manera que se muestre su reditividad.

2. Marco conceptual y antecedentes

Marco conceptual

Como lo sugieren Pagiola y Platais (2002), “un pago por parte de los beneficiarios agua abajo puede ayudar a hacer de la conservación la opción más atractiva para los usuarios” (de la parte alta de la cuenca). En palabra de Nasí et al (2002), “debemos dar a los dueños (del suelo que soporta los ecosistemas) incentivos para que los conserven (haciendo) la conservación más atractiva que los usos alternativos. En particular, la conservación de los bosques deben ser más atractiva que las alternativas agrícolas”.

Los bosques se contemplan como un recurso generador de servicios ambientales. Entre ellos se tienen: favorecer los procesos que aseguren almacenamiento y agua de calidad, captura de carbono y conservación de la biodiversidad (Bishop and Landell-Mills, 2003).

El papel de los bosques, como unidades de captación de carbono orgánico y agua ha ido en aumento durante los últimos años (Brown et.al, 1996; Scheierling, 1997). Las razones de una mayor atención a estos aspectos son por un lado, la necesidad mundial de abatir los altos niveles de CO₂ atmosférico y por otro lado la preocupación sobre la agudización en el abastecimiento de agua dulce en las próximas décadas (Carabias, 2004).

Los sistemas de PSAH surgen como una alternativa a las metodologías y acciones anteriormente usadas

para frenar la pérdida de recursos naturales, tales como regular legalmente el tipo de uso al que se pueden destinar las tierras, o llevar a cabo medidas correctoras (reparar los daños causados por las inundaciones, o construir obras públicas para proteger a la población de las tierras bajas frente a inundaciones). Estos métodos no han probado ser efectivos ya que las medidas correctoras suelen ser imperfectas y más costosas que las medidas preventivas, y las regulaciones legales a menudo es difícil conseguir que se cumplan. (Pagiola y Platais, 2002).

Según Romero (1997) “valorar económicamente los servicios ambientales significa obtener una medición monetaria de los cambios en el bienestar que una persona o grupo de personas experimenta a causa de una mejora o daño de esos servicios ambientales. Asociar una determinada cifra monetaria al valor económico de un servicio ambiental no pretende representar un precio, sino un indicador monetario del valor que tiene para un individuo o conjunto de individuos el servicio en cuestión”. , este valor económico puede ser medido por la disponibilidad a pagar (DAP) o por la disponibilidad a aceptar (DAA).

Antecedentes

a. Empresa de Servicios Públicos de Heredia Sociedad Anónima – Costa Rica

La Empresa de Servicios Públicos de Heredia Sociedad Anónima (ESPH S.A) en su afán de proteger el recurso hídrico y asegurar su abastecimiento futuro en calidad y cantidad, logró ajustar ambientalmente sus tarifas por servicio de agua potable. Trabajo realizado por Gerardo Barrantes y Edmundo Castro, 1999. De esta manera, se lleva a la práctica el uso creativo de un instrumento económico para obtener fondos que son reinvertidos en la protección y recuperación de las microcuencas que abastecen de agua potable a la provincia de Heredia, Costa Rica. Se realizó una valoración económico-ecológica del recurso hídrico en la zona alta –sobre los 1,500 metros– de las microcuencas de los ríos Ciruelas, Segundo y Tibás de la provincia de Heredia.

Valor de captación

La valoración del servicio ambiental hídrico se fundamentó en el enfoque del costo de oportunidad del uso de la tierra, identificando la ganadería como la actividad responsable del cambio de uso del suelo, de bosque a pasto. El costo de oportunidad de la actividad ganadera se estimó en 53,000 colones/ha/año.

Los resultados muestran una ponderación de 41.4% a la importancia del bosque en función del recurso hídrico. Este porcentaje representa la porción del costo de oportunidad que debe ser compensado por los usuarios del agua a los dueños de la tierra que se involucren en actividades de protección y recuperación. El otro 58.6% se atribuye a otros servicios del bosque, como la fijación de gases de efecto invernadero, biodiversidad, paisaje, etc.

El área de bosque que interesa hidrológicamente se localiza en las partes altas de las montañas de Heredia y es de aproximadamente 5561.56 hectáreas (21.34% del área de estudio). Esta área capta un volumen de agua de 81.39 millones m³/año. Con los datos anteriores y aplicando la Ecuación 1, se obtiene un valor de captación de ϕ 2.70/m³.

$$VC = \sum_{i=1}^n \frac{\alpha_i B_i A b_i}{O c_i} (1 + \beta_i)$$

Donde:

VC	Valor de captación hídrica del bosque (€/m ³) (cantidad + calidad)
α_i	Importancia del bosque en la cuenca i en función del recurso hídrico (%)
B_i	Costo de oportunidad de la ganadería que compite con el bosque en la cuenca i (€/ha/año)
$A b_i$	Área bajo bosque en la cuenca i (ha)
$O c_i$	Volumen de agua captada por bosques de la cuenca i (m ³ /ha/año)
β_i	Valoración de la calidad del agua de escorrentía captada por el bosque (%)

$$VC = \sum_{i=1}^n \frac{0.414 * 53000 * 5561.56}{81390000} (1 + 0.80) = 2.70 \frac{\text{Colones}}{\text{m}^3 \text{ de agua}}$$

VC es el valor de la productividad hídrica del bosque equivalente al valor de captación y retención de agua. Este valor comprende solamente la productividad del bosque desde el punto de vista del servicio hídrico.

Valor de recuperación

El valor de recuperación está asociado a los costos de desarrollar actividades de reforestación para la rehabilitación de cuencas. Asumiendo un período de cinco años para el establecimiento y manejo inicial de una plantación forestal, el costo total de esta inversión es de ϕ 297.316/ha. De estos costos totales, el 43.31% se invierte el primer año de operación del sistema. A partir del ahí la inversión se reduce, hasta llegar a un monto relativamente fijo, relacionado con costos de mantenimiento básicamente.

Para el cálculo del valor de recuperación se tomó en cuenta el volumen de agua captado anualmente por los bosques de las partes altas de las montañas de Heredia, estimado en aproximadamente 81.39 millones m³/año; la ponderación de 41.4% que la sociedad le asigna al bosque en función del agua y el número de hectáreas a recuperar, aproximadamente 7469.28 hectáreas (tomando como referencia el área descubierta de bosque en las partes altas de las montañas de Heredia); de modo que, aplicando la Ecuación siguiente, se obtiene un valor de recuperación de ϕ 4.89/m³.

$$VR = \sum_{i=1}^n \frac{\alpha_i C_{ij} A r_i}{O c_i}$$

Donde:

VR	Valor de recuperación de cuencas hidrográficas (€/m ³)
α_i	Importancia del bosque en la cuenca i en función del recurso hídrico (%)
C_{ij}	Costos para la actividad j destinada a la recuperación de la cuenca i (€/ha/año)
$A r_i$	Área a recuperar en la cuenca i (ha)
$O c_i$	Volumen de agua captada por bosques de la cuenca i (m ³ /ha/año)

$$VR = \sum_{i=1}^n \frac{0.414 * 128777 * 7469.28}{81390000} = 4.89 \frac{\text{Colones}}{\text{m}^3 \text{ de agua}}$$

VR corresponde al costo en que se debe incurrir el primer año para el establecimiento de plantaciones forestales en las partes altas de las montañas de Heredia. Dicho valor debe mostrar un comportamiento descendente en los años siguientes.

Estructura tarifaria ambientalmente ajustada: modelo económico-ecológico

Con los valores estimados para el servicio ambiental hídrico (valor de captación) y para la recuperación de cuencas (valor de recuperación) se desarrolló un modelo tarifario económico-ecológico. Este nuevo modelo incorpora el valor de la tarifa tradicional (costos de tratamiento pre-servicio, gastos operativos y administrativos para la distribución del recurso) y la internalización de las variables ambientales descritas. Los rubros “valor de captación” y “valor de recuperación” fueron fusionados con el nombre tarifa hídrica. La tarifa hídrica o ajuste ambiental comprende: a) el valor económico del servicio ambiental hídrico o servicio de producción de agua que brindan los bosques y b) el costo ambiental requerido para recuperar y conservar las áreas donde se ubican las fuentes de agua, mediante actividades de regeneración natural del bosque y reforestación.

b. Valoración económica de la oferta y demanda hídrica del bosque del río chiquito. Finca el cacao, achuapa

El objetivo del estudio es valorar económicamente la oferta hídrica como un servicio ambiental ofrecido por el bosque en que nace el Río Chiquito (finca El Cacao, Achuapa), el trabajo fue realizado por Radoslav Barzev, 2000; a fin de generar un flujo de ingresos que contribuya a la conservación del bosque y de la micro cuenca.

Valor de la productividad hídrica del bosque

En la valoración del agua –como servicio ambiental ofrecido por los bosques, que requiere sostenibilidad de la producción en términos de calidad, cantidad y perpetuidad–, se requiere considerar el valor de los bosques en función de la captación y producción de agua (Valor de Uso Directo), más que por los otros servicios ambientales (CO₂, belleza escénica, biodiversidad y otros).

La productividad del bosque, en este caso, está determinada por la cantidad de agua captada, y su valor corresponde a un porcentaje cercano al costo total de oportunidad. Si se ve la productividad del bosque en términos económicos, entonces el no usar el bosque para otras actividades se valora por la cantidad de agua captada, ese es su costo de oportunidad. El valor de uso directo del bosque y del agua no puede separarse, al depender el uno del otro.

Valor de protección y mantenimiento

La protección es un mecanismo que ayuda a la conservación de las aguas superficiales y subterráneas, y evita la sedimentación de los ríos

porque disminuye la erosión de los suelos. Estos beneficios, asociados a la protección y conservación del bosque, llevan implícito un costo que debe ser considerado dentro de la estructura de valoración económica-ecológica del uso del agua.

Los costos incurridos en la protección de áreas de bosque se determinan por los gastos en salarios, cargas sociales del personal destinado a la protección, más los montos correspondientes a combustible, transporte, infraestructura y otros gastos de operación e incentivos utilizados para la protección ambiental.

Se incluye, además, los costos de reforestación con fines de mitigación y mantenimiento de la calidad y cantidad de caudales, la regeneración de áreas, desembolsos necesarios para el sostenimiento de laderas y otros gastos preventivos para evitar el desgaste de la cuenca, impedir la erosión de suelos y reducir el impacto de los flujos de agua superficial en el arrastre de sedimentos o en la formación de cárcavas.

3. Metodología

3.1. Zona de estudio

Geográficamente, se ubica entre los paralelos 11°50' y 12°46' de Latitud Sur y los meridianos 75°55' y 76°40' de Longitud Oeste. Altitudinalmente, se extiende desde el nivel del mar hasta las cumbres de la Cordillera Occidental de los Andes, cuyo punto más alto es la Señal Cerro Chirimaya a 5,851 msnm. Políticamente, la cuenca del río Mala ocupa parcialmente las provincias de Cañete, Huarochiri y Yauyos en el departamento de Lima. El río principal de esta cuenca es el río Mala, Toma este nombre después de la confluencia de los ríos Quinches y San Lorenzo en la zona conocida con el nombre de Lurín (ruinas de Lurín) aproximadamente a 4 Km del pueblo de Viscas a una altura promedio de 1,510 msnm, pasando luego cerca de los centros poblados

de Calango, San Juan de Correvientos, Santa Cruz de Flores, Azpitia, San Antonio y Mala, para luego desembocar en el mar en las coordenadas 12°40' y 76°39'.

El río Mala se forma por los afluentes de los ríos Quinches y San Lorenzo, las tres (3) subcuencas forman la cuenca total. La zona de recarga, conformada por las áreas donde se ubican los dos ríos afluentes, tiene una dimensión de 302 Km². El área de cada una de las zonas de recarga y los espacios específico del valle de Mala se presentan seguidamente.

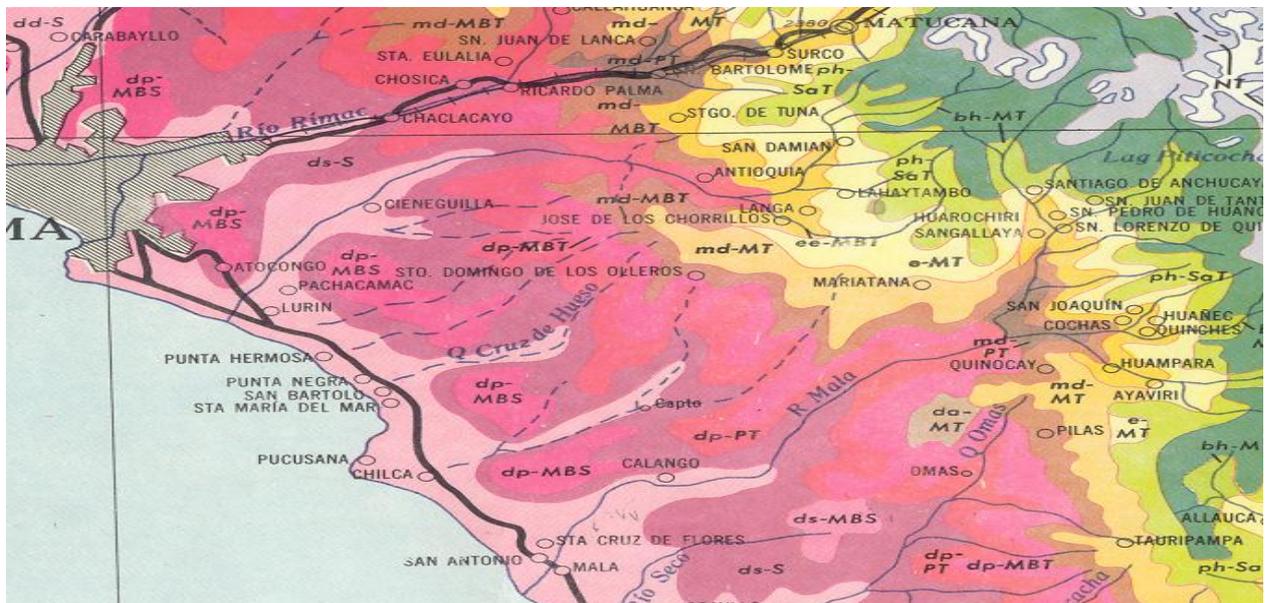
La zona de recarga está conformada por las 302 Km², de los cuales sólo 60 Km² son de recarga propiamente dicha, que se ubican fuera del valle de Mala (en la zona de cabecera). Estos se distribuyen 20 Km² en la subcuenca del río Quinches-Ayavirí y 40 Km² en la subcuenca del río San Lorenzo.

Los bosques, que se convertirán en zonas intangibles, tienen un área de 100 has (40 has en Quinches-Ayavirí y 60 has en San Lorenzo), donde se implementaron programas de forestación y reforestación con especies nativas del lugar.

Rubros	Dimensión	
		Unidades
Área Total, Cuenca (río Quinches, San Lorenzo y Mala)	2476.00	Km ² (a)
Área Zona de Recarga Total	302.00	Km ² (b)
Área Zona de Recarga río Quinches (Ayavirí)	100.67	Km ² (b)
Área Zona de Recarga río San Lorenzo	201.33	Km ² (b)
Área total de incidencia hídrica	60.00	Km ² (b)
Extensión Cuenca del río Mala	2174.00	Km ² (a)
Superficie Húmeda Cuenca del río Mala	1585.00	Km ² (c)
Área Agrícola, valle río Mala	56.61	Km ² (c)
Área Bajo Riego, valle río Mala	55.28	Km ² (c)

Fuente: (a) SENAMHI, (b) Cálculo del autor, (c) Subdirección Técnica de Riego Mala - Omas.

Gráfica 1. Ubicación del valle del río Mala, subcuenca Ayavirí – Yauyos y subcuenca de San Lorenzo – Huarochiri.



3.2. Encuesta y forma de tomar la información

Para determinar la disposición a pagar por las obras de recarga hídrica, se aplicó una encuesta a 98 usuarios, dentro de ellos 40 domésticos y 58 agrícolas de la parte baja del valle. En el caso del cálculo del costo de oportunidad de las actividades productivas que se realizan en las subcuencas se identificó estudio de caso para cada una de ellas. En base a entrevistas a dirigentes y pobladores de la zona de recarga se determino los costos de conservación y mantenimiento. Con datos de origen información secundaria se determino las extensiones, precipitación y generación de la oferta hídrica.

4. Resultados

OFERTA HÍDRICA DE LA SUB CUENCA: AYAVIRÍ - YAUYOS

Oferta Total Hídrica de la microcuenca	Precipitaciones	410 mm / año =	0.41 m / año
	Área micro cuenca	20 km ² =	20,000,000 m ²
	Oferta Hídrica Total / año	8,200,000 m ³	
Escorrentías	40% del Agua Precipitada	40%	3,280,000 m ³
Evapotranspiración	30% del Agua Precipitada	30%	2,460,000 m ³
Infiltración de Agua en el Suelo –Oferta Real Hídrica	30% del Agua Precipitada	30%	2,460,000 m ³

Fuente: Elaboración Propia

De manera similar, para el caso de la subcuenca San Lorenzo – Huarochirí, con una área de incidencia de 40 Km² se estimó una oferta hídrica de 4,920,000 m³

4.1. Oferta hídrica de la cuenca

La oferta hídrica total de la cuenca se determinó suponiendo un área total de incidencia 60 Km² (20 para Quinchés (Ayavirí) y 40 para San Lorenzo). Además, conociendo la precipitación anual de 410 mm, se completó los datos que se requirieron para estimar los porcentajes de escorrentía, evapotranspiración e infiltración agua en el suelo (considera como la oferta real hídrica). Este cálculo no toma en cuenta la distinta capacidad de retención por tipo de suelo y su ubicación en la cuenca (alta, media o baja).

Para el caso de la subcuenca de Ayavirí – Yauyos, con una área de incidencia de 20 Km² se generó una oferta hídrica de 2,460,000 m³ de agua, como se detalla a continuación.

de agua, siendo esta una cantidad mayor que la anterior, explicada por ser una subcuenca de mayor dimensión.

OFERTA HÍDRICA DE LA SUB CUENCA: SAN LORENZO - HUAROCHIRÍ

Oferta Total Hídrica de la microcuenca	Precipitaciones	410 mm / año =	0.41 m / año
	Área micro cuenca	40 km ² =	40,000,000 m ²
	Oferta Hídrica Total / año	16,400,000 m ³	
Escorrentías	40% del Agua Precipitada	40%	6,560,000 m ³
Evapotranspiración	30% del Agua Precipitada	30%	4,920,000 m ³
Infiltración de Agua en el Suelo –Oferta Real Hídrica	30% del Agua Precipitada	30%	4,920,000 m ³

Fuente: Elaboración Propia

El propósito del estudio es cuantificar la oferta hídrica que produce el área del bosque implementado, obras de forestación y reforestación con especie nativas. Para determinar el aporte que representa a la demanda hídrica de la cuenca y sus beneficios económicos, primero se determinó la oferta y costo para cada subcuenca de la zona de recarga, luego los beneficios se calcularon en forma conjunta y que los pobladores de la subcuenca del río Mala tuvieron que invertir y pagar (a los dueños) de la zona de recarga. El programa de forestación y reforestación de bosques consideró una extensión de 100 has, las mismas que se realizó con especies nativas del lugar como el "Chachacomo" (Escallonia sP.), "quinual" (Polylepis sP.), "ulcumano", "romerillo" o "intimpa"

(Podocarpus sP.), el "sauco" (Sambucus peruviana) o pequeños bosques heterogéneos constituidos por especies de los géneros Gynoxis, Polylepis, Berberis, Eugenia, Senecio, Podocarpus, Baccharis, Oreopanax, Solanum, etc. La vegetación natural está constituida predominantemente por manojos dispersos de gramíneas que llevan el nombre de "ichu", conformando parte de los pastos naturales altoandinos llamados "pajonales de puna".

En la subcuenca de Quinchés (Ayavirí) – Yauyos el área de bosque implementado tiene una extensión 40 has, el que ha producido 65,600 m³ de agua, representado el 2.67% de la oferta hídrica de la subcuenca.

OFERTA HÍDRICA DEL PROGRAMA DE FORESTACIÓN Y REFORESTACIÓN: Bosque AYAVIRÍ - YAUYOS

Oferta Total Hídrica de la microcuenca	Precipitaciones	410 mm / año =	0.41 m / año
	Área micro cuenca	40 ha =	400,000 m ²
	Oferta Hídrica Total / año	164,000 m ³	
Escorrentías	30% del Agua Precipitada	30%	49,200 m ³
Evapotranspiración	30% del Agua Precipitada	30%	49,200 m ³
Infiltración de Agua en el Suelo-Oferta Real Hídrica	40% del Agua Precipitada	40%	65,600 m ³

Elaboración Propia

De manera similar, para la subcuenca San Lorenzo – Huarochirí el área de bosque tiene una extensión de 60 has, el que ha producido 98,400 m³ de agua,

representado el 2% de la oferta hídrica de la subcuenca

OFERTA HÍDRICA DEL PROGRAMA DE FORESTACIÓN Y REFORESTACIÓN: Bosque SAN LORENZO - HUAROCHIRÍ

Oferta Total Hídrica de la microcuenca	Precipitaciones	410 mm / año =	0.41 m / año
	Área micro cuenca	60 ha =	600,000 m ²
	Oferta Hídrica Total / año	246,000 m ³	
Escorrentías	30% del Agua Precipitada	30%	73,800 m ³
Evapotranspiración	30% del Agua Precipitada	30%	73,800 m ³
Infiltración de Agua en el Suelo	40% del Agua Precipitada	40%	98,400 m ³

Elaboración Propia

Se observó que el bosque San Lorenzo tuvo menor porcentaje de participación en su oferta hídrica. Esto se explicó porque esta área forestada y reforestada, en término relativo al área total es menor. Si sumamos los aportes de los dos bosques, la oferta hídrica del río Mala se vio reforzada en 164,000 m³ de agua anual.

4.2. Demanda hídrica de las comunidades de la cuenca

Para el cálculo de la demanda hídrica se considera los siguientes supuestos: consumo doméstico promedio de 15 m³/mes/familia, consumo ganadero promedio es de 10 galones/día, el consumo agrícola depende tipo de cultivo y del número de has. La valorización se realizó a su más alto costo de oportunidad, en este caso el doméstico, cuyo precio de mercado es de 0.29 US\$/m³.

a. Demanda hídrica de la sub-cuenca río Quinches – Yauyos.

La demanda hídrica de la sub-cuenca Quinches (Ayavirí) – Yauyos depende de sus usos del agua, explicada por sus actividades económicas. Se identificaron tres usos principales: doméstico (850 familias), ganadería (25,000 cabezas) y agrícola (600 has). Así, tenemos que Ayavirí es una zona ganadera, destacando por su producción de excelentes quesos. Analizando sus resultados se observó que el consumo doméstico representa el 19% de la demanda total, el consumo en ganadería representa el 44% y el consumo de agua agrícola representa el 37%; obviamente, el sector ganadero, es el que ejerce mayor presión sobre el recurso hídrico. Realizando los cálculos respectivo se tiene la demanda hídrica total de 793,613 m³/año y el total de agua utilizada en la subcuenca valorizada en US\$ 226,747.

DEMANDA HÍDRICA DE LA SUB CUENCA AYAVIRÍ - YAUYOS, SEGÚN USOS DEL AGUA

Uso Doméstico				Porcentaje
Consumo promedio por familia	15	m ³ /mes		
Número de familias	850	familias		
Precio de mercado	0.29	\$/m ³		
Consumo por mes total	12,750	m ³	3,643 US\$	
Consumo año	153,000	m ³ /año		19%
Valor año	43,714	US \$		
Ganadería				
Número cabezas ganado	25,000			
Consumo por cabeza	10	gl /día		
Total consumo	250,000	gls/día		
Equivale a	946	m ³ /día	345413 m ³ /año	44%
Valor año	98,689	US\$		
Agricultura–Área cultivada	600	ha	6,000,000 m ²	
Agua por precipitación	2,460,000	m ³		
Agua que se infiltra en el suelo	738,000	m ³		
Agua captada por los cultivos 40%	295,200	m ³ /año		37%
Valor año	84,343	US\$		
Total demanda hídrica física	793,613	m³/año		100%
Total valor agua utilizada en la subcuenca:	226,747	US\$		

Fuente: Elaboración Propia

b. Demanda hídrica de la sub-cuenca río San Lorenzo – Huarochirí.

La demanda hídrica de la sub-cuenca San Lorenzo – Huarochirí se explicaron por sus actividades económicas: doméstico (1,200 familias), ganadería (15,000 cabezas) y agrícola (2,000 has). Así, tenemos

que San Lorenzo es una zona agrícola, destacando por su producción de manzana. Analizando sus resultados, se observa que el consumo doméstico representa el 15% de la demanda total, el consumo en ganadería representa el 15% y el consumo de agua agrícola representa el 70%; obviamente, el sector

agrícola, con o sin riego, es el que ejerce mayor presión sobre el recurso hídrico. La demanda hídrica

total es de 1,407,248 m³/año las que se valorizaron en US\$ 402,071.

DEMANDA HÍDRICA DE LA SUB-CUENCA SAN LORENZO - HUAROCHIRÍ, SEGÚN USOS DEL AGUA

Uso Doméstico					Porcentaje
Consumo promedio por familia	15	m ³ /mes			
Número de familias	1200	familias			
Precio de mercado	0.29	\$/m ³			
Consumo por mes total	18,000	m ³	5142.8571	US\$	
Consumo año	216,000	m ³ /año			15%
Valor año	61,714	US \$			
Ganadería					
Número cabezas ganado	15,000				
Consumo por cabeza	10	gl /día			
Total consumo	150,000	gls/día			
Equivale a	568	m ³ /día	207,248	m ³ /año	15%
Valor año	59,214	US\$			
Agricultura-Área cultivada					
Agua por precipitación	2,000	ha	20,000,000	m ²	
Agua que se infiltra en el suelo	8,200,000	m ³			
Agua captada por los cultivos 40%	2,460,000	m ³			
Valor año	984,000	m ³ /año			70%
	281,143	US\$			
Total demanda hídrica física	1,407,248	m³/año			100%
Total valor agua utilizada en la subcuenca:	402,071	US\$			

Fuente: Elaboración Propia

c. Demanda hídrica de la sub-cuenca río Mala – Cañete.

La demanda hídrica de la sub-cuenca Mala – Cañete se explicaron por sus actividades económicas: doméstica (4,800 familias) y agrícola (5,600 has). Así tenemos que Mala es una zona agrícola, destacando por su producción de manzana. En sus resultados, se observa que el consumo doméstico representa el 24% de la demanda total y el consumo agrícola el 76%; obviamente, el sector agrícola, con riego, es el que ejerce mayor presión sobre el recurso hídrico. La demanda hídrica total es de 3,626,108 m³/año, las que se valorizaron en US\$ 1,036,031.

d. Demanda hídrica de la cuenca total.

Considerando para el total de la cuenca, se tiene: 6,850 familias, 40,500 cabezas de ganado y 8,200 has de cultivos, se determina una demanda hídrica de: 1'233000, 559,569 y 4'034,400 m³/año para los usos doméstico, ganadero y agrícola respectivamente; cuyos porcentajes de participación son 21%, 10% y 69%. El total de demanda hídrica física es de 5'826,969 m³/año. Valorizado en US\$ 1,664,848.

4.3. Valoración económica de la oferta hídrica del bosque. El costo de producción

La valoración económica de la Oferta Hídrica del bosque se basa principalmente en el costo marginal

de producir el agua. El Costo de Producción de la Oferta Hídrica de los bosques tienen dos componentes: 1) el valor de captación y 2) el valor de Protección (conservación y mantenimiento). Los bosques pueden tener varias alternativas de uso y, por tanto, cada alternativa representa un diferente costo de oportunidad.

a. El valor de captación

Los usos del suelo donde se ubican los bosques para cada una de las subcuencas tienen costo de oportunidad diferenciada. Esto depende de las actividades económicas a las que se dedican y de sus rentabilidades. Las 40 has donde se ubica el bosque de la subcuenca del río Ayavirí – Yauyos tienen las siguientes rentabilidades: 50, 30 y 20 US\$/ha/año para los usos ganadero, agrícola (cultivos de maíz y papa) y arriendo del suelo respectivamente. Obteniéndose los costos de oportunidad siguiente: 2,000, 1,200 y 800 US\$/año.

El Valor de Captación del Agua se asigna según el Costo de Oportunidad de la actividad alternativa más rentable, en este caso es la ganadería, que generó a los dueños del bosque (sea comunidad o privado) 2,000 dólares por año; su detalle se presenta seguidamente.

COSTO DE OPORTUNIDAD DEL BOSQUE AYAVIRÍ, SEGÚN USO POTENCIAL

Valor Comercial del Bosque en el Mercado Local			
Ha bosque	40		
m ³ /ha	254.39		
m ³ madera explotable	10,175.52		
Aprovechable inmediatamente	50%		
Precio Promedio por m ³	30	\$/m ³	
Valor Comercial del Bosque	152,633	US\$	
Valor por ha	3,816	US\$	
Costo de oportunidad del Crecimiento anual del Bosque			
Crecimiento anual de bosque	6	m ³ /ha/año	
Valor adicional por año	7200	US\$	
Valor adicional por año por ha	180	US\$	
Costo de oportunidad de la Ganadería			
Utilidad promedio a nivel nacional (promedio producción de leche y vacuno)	50	US\$/ha/año	
Valor total anual	2000	US\$/año	
Costo de oportunidad de la Agricultura			
Utilidad promedio a nivel nacional (promedio producción de maíz y papa)	30	US\$/ha/año	
Valor total anual	1200	US\$/año	
Costo de oportunidad de Alquilar la tierra			
Precio de alquiler por ha / ciclo productivo	20	US\$/ha/año	
Valor anual por alquilar (40 ha * US\$ 20)	800	US\$/año	

Las 60 has donde se ubica el bosque de la subcuenca del río San Lorenzo – Huarochirí tienen las siguientes rentabilidades: 50, 60 y 20 US\$/ha/año para los usos ganadero, agrícola (cultivos de manzana) y arriendo del suelo respectivamente. Obteniéndose los costos de oportunidad siguiente: 3,000, 3,600 y 1,200 US\$/año.

El Valor de Captación del Agua se asigna al mayor Costo de Oportunidad de la actividad agrícola, que generó a los dueños del bosque 3,600 dólares por año.

COSTO DE OPORTUNIDAD DEL BOSQUE SAN LORENZO SEGÚN USO POTENCIAL

Valor Comercial del Bosque en el Mercado Local		
Ha bosque	60	
m ³ madera explotable	254.39	
m ³ /ha	15,263.28	
Aprovechable inmediatamente	50%	
Precio Promedio por m ³	30	\$/m ³
Valor Comercial del Bosque	228,949	US\$
Valor por ha	3,816	US\$
Costo de oportunidad del Crecimiento anual del Bosque		
Crecimiento anual del bosque	6	m ³ /ha/año
Valor adicional por año	10800	US\$
Valor adicional por año por ha	180	US\$
Costo de oportunidad de la Ganadería		
Utilidad promedio a nivel nacional (promedio producción de leche y vacuno)	50	US\$/ha/año
Valor total anual	3000	US\$/año
Costo de oportunidad de la Agricultura		
Utilidad promedio a nivel nacional (promedio producción de manzana)	60	US\$/ha/año
Valor total anual	3600	US\$/año
Costo de oportunidad de Alquilar la tierra		
Precio de alquiler por ha / ciclo productivo	20	US\$/ha/año
Valor anual por alquilar (60 ha * US\$ 20)	1200	US\$/año

La tala de los bosques no se consideró como alternativa, porque serían actividades puntuales que generarían beneficios económicos una sola vez por 152,633 y 228,949 dólares para Ayavirí y San Lorenzo. Posteriormente, esta acción más bien generaría pérdidas no sólo para las comunidades río abajo, sino para los mismos dueños, porque la fuente de agua se vería afectada; y, en consecuencia, también las actividades productivas asociadas al uso de agua, como la agricultura y la ganadería.

Sin embargo, se recomienda la extracción de madera sostenible, como actividad complementaria,

manejando únicamente el crecimiento anual del bosque, lo que generaría beneficios económicos de 7,200 y 10,800 dólares para los dueños de los bosques de Ayavirí y San Lorenzo respectivamente.

b. Valor de protección

Con la finalidad de conservar y mantener las actividades de forestación y reforestación en las 100 has de bosque que se implementaron, el costo para ambas subcuencas es la misma, se acude costos de US\$ 22,700 en el primer año y de US\$ 8,700 en los años siguientes; los rubros que comprende y los costos unitarios se presentan seguidamente.

El Costo de Producción del Recurso Hídrico: Conservación y Mantenimiento del bosque

Medidas de Conservación	Costo Unitario	Costo 1er Año	Costo Años Siguientes
	US\$/ha		
Cercado perimetral del bosque	120.00	12,000	
Guardabosque	70.00	7,000	7,000
Mantenimiento de rondas	2.00	200	200
Bebederos de ganado	20.00	2,000	
Control de incendios	15.00	1,500	1,500
Total por año	227.00	22,700	8,700

Fuente: Elaboración propia según propuesta de actores locales.

El Valor de Producción es la suma del Valor de Captación y el Valor de Protección. Para el caso del bosque de Ayavirí, en el primer año, el Valor de Captación (costo de oportunidad de la ganadería) es de 2,000 dólares; el Valor de Protección es de 9,080 dólares, y el Valor de Producción es de 11,080 dólares por año; esto equivale a 277 dólares/ha. Para los siguientes años el Valor de Captación es 2,000 dólares y el Valor de Protección es de 3,480 dólares y el total es de 5,480 dólares; esto equivale a 137 dólares/ha, aproximadamente la mitad de lo

registrado en el primer año. Por tanto, en términos de servicios ambientales, al bosque se le debe compensar por un mínimo de 277 dólares/ha el primer año y 137 dólares/ha los siguientes años, para no cortarlo desmedidamente, no introducir ganado cerca de la fuente y adoptar medidas de conservación para garantizar la oferta hídrica que genera el recurso forestal.

Bosque Ayavirí: Valor de producción para garantizar la oferta hídrica

	Costo 1er Año	Años siguientes
Valor Captación (US\$)	2,000	2,000
Valor Protección (US\$)	9,080	3,480
Valor de Producción (US\$)	11,080	5,480
Compensación mínima (US\$/ha)	277	137

Para el caso del bosque San Lorenzo, en el primer año, el Valor de Captación (costo de oportunidad de agricultura) es de 3,600 dólares y el Valor de Protección es de 13,620 dólares y un total de 17,220 dólares por año. Esto equivale a 287 dólares/ha. Para los siguientes años el Valor de Captación es 3,600 dólares y el Valor de Protección es de 5,220 dólares, con un total de 8,820 dólares; esto equivale a 147 dólares/ha. Por tanto, en términos de servicios ambientales, al bosque se le debe compensar por un mínimo de 287 dólares/ha el primer año y 147 dólares/ha los siguientes años, para no cortarlo desmedidamente, no introducir ganado cerca de la fuente y adoptar medidas de conservación para garantizar la oferta hídrica que genera el recurso forestal.

Bosque San Lorenzo: Valor de la conservación para garantizar la oferta hídrica

	Costo 1er Año	Años siguientes
Valor Captación (US\$)	3,600	3,600
Valor Protección (US\$)	13,620	5,220
Valor de Producción (US\$)	17,220	8,820
Compensación mínima (US\$/ha)	287	147

Realizando comparaciones el bosque San Lorenzo es más caro que el bosque Ayavirí, requiere una compensación mayor de 10 dólares, tanto al primer año y en los años siguientes, explicado por su mayor costo de oportunidad.

4.4. Balance hídrico de la cuenca total y del bosque
Primero, se determinó, de manera general, el Balance Hídrico Físico de la cuenca con una oferta de 7,380,000 m³ por los 60 Km² de zona de recarga. La demanda hídrica es 5,826,969 m³ creando un superávit de 1,553,031 m³. Los beneficios económicos que goza la sociedad por consumir agua gratis de la naturaleza, se valoriza en US\$ 1,664,848.

En segundo lugar, se determinó el Balance Hídrico del Bosque en términos económicos. Se asume que la cantidad producida es consumida y genera beneficios económicos concretos para las comunidades afectadas. Sin embargo, al mismo tiempo, implica costos de mantenimiento indispensables para la sostenibilidad del ecosistema.

En el caso del bosque de Ayavirí genera aproximadamente 65,600 m³ que representan el 2.67 % de la Oferta Hídrica de la cuenca. Los beneficios económicos por uso de agua del bosque ascienden a 20,463 dólares. Los costos de producir agua son de 5,480 dólares/año y representan el 21.12% de los beneficios económicos por uso de agua.

Con estos datos, se puede concluir que el beneficio económico de consumir agua correspondiente únicamente al bosque, distribuido entre las 850

familias en la subcuenca, es de 24.07 (20,463/850) dólares por familia/año. El costo de producción de agua del bosque, distribuido igualmente entre las 850 familias de la subcuenca, es de 13.04 (11,080/850) dólares el primer año y 6.45 (5,480/850) los siguientes años, por familia.

Balance Hídrico para la Cuenca

Oferta - Demanda Hídrica		
Física de la Cuenca	Cantidad	Unidad
Oferta Hídrica en el Suelo:	7,380,000	m ³
Demanda Hídrica según uso:	5,826,969	m ³
Balance Hídrico:	1,553,031	m ³
Beneficios Económicos por Consumo de Agua en la cuenca		
Demanda Hídrica según uso:	5,826,969	m ³
Precio de agua por m ³	0.29	\$/m ³
Beneficios Económicos	1,664,848	US\$

Balance hídrico en términos económicos para el bosque Ayavirí-Yauyos

Beneficios Económicos por Uso del Agua	Cantidades	
Demanda de Agua del Bosque	65,600	m ³
Precio de Mercado del Agua	0.29	\$/m ³
Beneficio por uso de Agua	18,743	US\$
Beneficio por explotar Bosque Adicional	7,200	US\$
Beneficios Económicos Total	25,943	US\$/año
Costos de Producción de Agua en el Bosque	1er Año	Otros Años
Costo de Oportunidad de la Ganadería	2,000	2,000
Costo de Conservación del Bosque	9,080	3,480
Total Costos por no explotar el Bosque/año	11,080	5,480
Porcentaje del Beneficio Económico	42.71%	21.12%
Balance Económico Anual	14,863	20,463

En el caso del bosque de San Lorenzo genera aproximadamente 98,400 m³ que representan el 2 % de la Oferta Hídrica de la cuenca. Los beneficios económicos por uso de agua del bosque ascienden, a excepción del primer año, a 30,094 dólares.

Los costos de producir agua son de 8,820 dólares/año y representan el 22.67% de los beneficios económicos por uso de agua. Con estos datos se puede concluir que el beneficio económico de consumir agua correspondiente únicamente al bosque, distribuido entre las 1,200 familias en la subcuenca, es de 25.08 dólares por familia/año. El costo de producción de agua del bosque, distribuido igualmente entre las 1200 familias de la subcuenca, es de 14.35 dólares el primer año y 7.35 los siguientes años, por familia.

Balance hídrico en términos económicos para el bosque San Lorenzo

Beneficios Económicos por Uso del Agua	Cantidades	
Demanda de Agua del Bosque	98,400	m ³
Precio de Mercado del Agua	0.29	\$/m ³
Beneficio por uso de Agua	28,114	US\$
Beneficio por explotar Bosque Adicional	10,800	US\$
Beneficios Económicos Total	38,914	US\$/año
Costos de Producción de Agua en el Bosque	1er Año	Otros Años
Costo de Oportunidad de la Agricultura	3,600	3,600
Costo de Conservación del Bosque	13,620	5,220
Total Costos por no explotar el Bosque/año	17,220	8,820
Porcentaje del Beneficio Económico	44.25%	22.67%
Balance Económico Anual	21,694	30,094

4.5. Análisis de la disposición a pagar (DAP) para contribuir al mantenimiento de los bosques

Para el estudio, la DAP será cubierta por las familias de la parte baja del Valle de Mala. Las familias de las subcuencas Ayavirí y San Lorenzo no tienen motivaciones para realizar la DAP, ya que ellos actualmente no tienen escasez de agua. Mientras que las familias dueñas de la zona de recarga serán los que reciben las compensaciones para conservar los bosques. El primer costo a ser cubierto es el costo de acarrear el agua para las familias de las subcuencas, considerando la información del uso doméstico, se determina que el costo de acarrear de las subcuencas en US\$ 288,000 anual.

Costo de traer el agua

Número familias	4,800
Costo acarreo (S./familia/mes)	17.50
Costo acarreo (US\$/familia/mes)	5.00
Costo acarreo anual	60.00
Costo acarreo Subcuencas (US\$)	288,000

Respecto a la forma de realizar la DAP, se obtuvieron que sólo el 35% deseara pagar en efectivo, el 54% deseara pagar sólo con trabajo y el 11% en ambas formas; lo que permite expresar que el 55% de familias pagaba en efectivo y el 65% de familias paga con trabajo.



La media estadística de la DAP en efectivo es de S/. 3 mensual (0.86 dólares por mes), por familia, ó 10.29

dólares por año, por familia. Sin embargo, solo el 46% de las familias colaborarían de esta manera. Costo de traer el agua

Número familias	4,800
Costo acarreo (S./familia/mes)	17.50
Costo acarreo (US\$/familia/mes)	5.00
Costo acarreo anual	60.00
Costo acarreo Subcuencas (US\$)	288,000

Fuente: Basado en Encuestas

La media de la DAP en trabajo comunitario es de 1.7 días/mes/familia, o el equivalente de 20 días/año/familia, el caso de los agricultores del valle de Mala lo toman como actividad recreativa la visita a la zona de recarga. Traducido en términos económicos, 1.7 días equivalen a 7.13 dólares. Esto significa 86 dólares/año/familia. La DAP en trabajo es más alta que la DAP en efectivo y con una mayor aceptación por parte de los pobladores (65%). Eso es entendible pues la gente en el área tiene más tiempo disponible que dinero en efectivo, especialmente los pobladores pertenecientes al estrato social más pobre.

Disposición a pagar con trabajo comunitario por familia

Descripción	DAP Mensual	DAP Anual
DAP en trabajo (días)	1.7	20.0
Valor Económico del la DAP en trabajo US\$	7.13	86
Porcentaje Respuestas positiva a la muestra	65%	65%

Fuente: Basado en Encuestas

Para resumir el análisis de la Disposición a Pagar (DAP), en efectivo y en trabajo, tenemos que la mayoría de los pobladores está dispuesta a contribuir en las obras de recarga de agua del río. El total de contribución anual es de 293,995 dólares. Sin embargo, 92% de la DAP total corresponde a pago con trabajo comunitario y tan solo 8% corresponde a pago en efectivo.

Disposición a pagar total

Descripción	DAP Mensual con US\$	Familia con Respuesta SI	Valor Económico Mensual US\$	Valor Económico Anual US\$	Porcentaje
DAP Efectivo	0.86	2,208	1,893	22,711	8%
DAP Trabajo	7.13	3,120	22,237	266,840	92%
Total	7.99		24,129	289,551	100%

Fuente: Basado en Encuestas

4.6. Evaluación financiera de la conservación del bosque

Con base en los ingresos, costos y beneficios sociales calculados e identificados, se realiza una evaluación financiera de la conservación del bosque, con la finalidad del ofrecer el servicio ambiental hídrico. Los costos considerados son:

Producción de agua (costo de oportunidad del bosque). En este caso, está desagregado para el

bosque de Ayavirí, representado por la actividad ganadera; mientras que para el bosque de San Lorenzo está representado por su actividad agrícola.

Conservación del bosque, considerando las actividades del mantenimiento, ésta se realiza en forma conjunta para los dos bosques.

Costo del tiempo invertido, en los que incurren las familias para traer agua.

Los beneficios sociales considerados son:

Ingresos por DAP en efectivo, en forma anual.

Ingresos por DAP en trabajo comunitario, en forma anual

Explotación sostenible del bosque, en forma anual.

El análisis costo beneficio se efectúa considerando la tasa de descuento del 18% y un horizonte temporal de diez años (como proyecto social). Por los resultados obtenidos, un Valor Actual Neto (VAN) positivo de S/. 15,268, valor que queda después de recuperar la inversión y su costo de oportunidad, este valor es mayor que la mitad del monto de la inversión (S/. 28,300). En el caso de la Tasa Interna de Retorno (TIR) del 32%, superior a la tasa de descuento; indica que la conservación de los bosques es rentable y que se debe realizar las obras para incrementar el flujo del caudal del río Mala.

Tabla 18. Evaluación de la implementación del servicio ambiental hídrico.

Horizonte	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Costos											
Producción A	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
Producción SL	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600
Conservación T	22,700	8,700	8,700	8,700	8,700	8,700	8,700	8,700	8,700	8,700	8,700
Costo de traer agua T		288,000	288,000	288,000	288,000	288,000	288,000	288,000	288,000	288,000	288,000
Costo Total	28,300	302,300	302,300	302,300	302,300	302,300	302,300	302,300	302,300	302,300	302,300
Ingresos											
DAP Efectivo T		27,154	27,154	27,154	27,154	27,154	27,154	27,154	27,154	27,154	27,154
DAP Trabajo T		266,840	266,840	266,840	266,840	266,840	266,840	266,840	266,840	266,840	266,840
Explotar Bosque T		18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000
Ingreso Total		311,995	311,995	311,995	311,995	311,995	311,995	311,995	311,995	311,995	311,995
Beneficios Netos	-28,300	9,695	9,695	9,695	9,695	9,695	9,695	9,695	9,695	9,695	9,695
Tasa descuento	18%	Simbología: A= Ayavirí, SL= San Lorenzo y T= Ambos.									
VAN	15,268										
TIR	32%										

2. Conclusiones

La oferta hídrica en la subcuenca de Quinches, con una área de incidencia de 20 Km² generó 2,460,000 m³ de agua, mientras que el área de bosque implementado de 40 has produce 65,600 m³ de agua, representado el 2.67% de la oferta hídrica. En la subcuenca San Lorenzo, con una área de incidencia de 40 Km² generó 4,920,000 m³ de agua, el área de bosque de 60 has produce 98,400 m³ de agua, representado el 2% de la oferta hídrica de esta subcuenca. El programa de forestación y reforestación de bosque en 100 has se realizó con especies nativas del lugar.

La demanda hídrica de la sub-cuenca Quinches se conforma por los usos doméstico 19%, ganadería 44% y agrícola 37%; siendo el sector ganadero, el que ejerce mayor presión sobre el recurso hídrico; la demanda hídrica total de 793,613 m³/año y se valorizada en US\$ 226,747. En la sub-cuenca San Lorenzo el consumo doméstico representa el 15%, ganadería 15%, agrícola 70%; siendo el sector agrícola (con o sin riego) el ejerce mayor presión sobre el recurso hídrico; la demanda hídrica total es de 1,407,248 m³/año las que se valorizaron en US\$ 402,071. En el valle de Mala el consumo doméstico es el 24% y el consumo agrícola el 76%; la demanda hídrica total es de 3,626,108 m³/año, las que se valorizaron en US\$ 1,036,031. Para la cuenca total, con 6,850 familias, 40,500 cabezas de ganado y 8,200 has de cultivos, el consumo doméstico, ganadero y agrícola representan 21%, 10% y 69%

respectivamente; la demanda hídrica es de 5'826,969 m³/año, valorizado en US\$ 1,664,848.

Las 40 has de bosque en Quinches para usos ganadero, agrícola (cultivos de maíz y papa) y arriendo del suelo tienen costo de oportunidad de 2,000, 1,200 y 800 US\$/año respectivamente, siendo el ganadero el mayor de ellos. Las 60 has de San Lorenzo para usos ganadero, agrícola (cultivos de manzana) y arriendo del suelo tienen costo de oportunidad de 3,000, 3,600 y 1,200 US\$/año respectivamente, siendo el agrícola el mayor de ellos. La tala de los bosques no se consideró como alternativa de evaluación. Se recomienda la extracción de madera sostenible, que generaría beneficios económicos de US\$ 7,200 y 10,800 para los dueños de los bosques de Ayavirí y San Lorenzo respectivamente.

Para conservar y mantener las actividades de forestación y reforestación en las 100 has de bosque, el costo para ambas subcuencas es la misma, se acude a costos de US\$ 22,700 en el primer año y de US\$ 8,700 en los años siguientes. El Valor de Producción (captación más protección) para ofrecer servicios ambientales hídrico en el bosque de Quinches requiere una compensación mínima de 277 dólares/ha el primer año y 137 dólares/ha los siguientes años. En el bosque San Lorenzo su compensación mínima es de 287 dólares/ha el primer año y 147 dólares/ha los siguientes años; de tal forma que no se corte el bosque, no introducir ganado cerca de la fuente y adoptar medidas de conservación para garantizar la oferta hídrica que genera el recurso forestal. El

bosque San Lorenzo es más caro que el bosque Quinches, en 10 dólares, tanto al primer año y en los años siguientes, explicado por su mayor costo de oportunidad.

El Balance Hídrico Físico de la cuenca con una oferta de 7,380,000 m³ por los 60 Km² de zona de recarga. La demanda hídrica es 5,826,969 m³ creando un superávit de 1,553,031 m³. Los beneficios económicos que goza la sociedad por consumir agua gratis de la naturaleza, se valoriza en US\$ 1,664,848.

En la forma de realizar la Disposición a Pagar (DAP), se obtuvo que sólo el 35% deseaba pagar en efectivo, el 54% deseaba pagar sólo con trabajo y el 11% en ambas formas; lo que permite expresar que en forma agregada el 46% de familias pagaba en efectivo y el 65% de familias paga con trabajo.

La media estadística de la DAP en efectivo es de US\$ 10.29/año/familia, sin embargo, solo el 46% de las familias colaborarían de esta manera. La media de la DAP en trabajo comunitario es de 86 dólares/año/familia con una aceptación del 65%. El total de contribución anual es de 293,995 dólares, donde el 92% de la DAP total corresponde a pago con trabajo comunitario y tan solo 8% corresponde a pago en efectivo.

La evaluación financiera de conservar el bosque, considerando la tasa de descuento del 18% y un horizonte temporal de diez años, obtiene resultados de un Valor Actual Neto (VAN) Positivo de S/. 15,268, mayor que la mitad del monto de la inversión, y una tasa de reutilidad del 32%; lo indica que la conservación de los bosques es rentable y que se debe realizar las obras para incrementar el flujo del caudal del río Mala.

3. Referencias bibliográficas

Barzev, R. Editor (2002): Guía metodológica de valoración económica de servicios e impactos ambientales. Un aporte para la gestión de ecosistemas y recursos naturales en el CBM. Corredor Biológico Mesoamericano y CCAD. Serie técnica 04. Costa Rica

Bishop, R., and Herberlein, T. (1979): *Measuring values of extra market goods: Are indirect measures biased?*. American Journal of agricultural Economics, 64:926-930.

Brown T.C: et al. (1996): Which response format reveals the truth about donations to a public good?. *Land Economic* 72: 152-166.

Castro, E. y G. Barrantes (1998): Valoración económico y ecológico del recurso hídrico en la Cuenca Arenal: El agua un flujo permanente de ingreso. Informe final proyecto de Conservación y Desarrollo Arenal, II Etapa. San José, Costa Rica. 62p.

Chávez, J. (2002): Institucionalidad del riego en el valle de Mala: las reglas de operación de los usuarios regantes de Calango. *Anales Científicos*. Vol.LII, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima.

Escobar, L. y D. Palomeque (1996): "Disponibilidad de pagar por un servicio de agua potable. Un caso aplicado de valoración contingente" en *Planeación & Desarrollo*, vol. XXVII, Nro. 2, Colombia, abril-junio.

Goicochea, J. 2003. Balance hídrico del valle Mala: Un instrumento para la gestión del manejo del agua, en *Participación Universitaria en el valle de Mala*. Cuadernos de trabajos Nro. 2, UNIR –UNALM. La Molina. pp 77-113.

Loyola, R. (2007). Valoración del servicio ambiental de provisión de agua con base en la Reserva Nacional Salinas y Aguada Blanca – cuenca del río Chili. *Gestión Participativa de Áreas Naturales protegidas (GPAN)*. PROFONANPE. Lima. 228 pp.

Herrador y Dimas (2001), "Valoración Económica del Agua para el área Metropolitana de San Salvador", PRISMA, El Salvador.

Nasi, R., Wunder, S., y Campos, J. (2002). *Forest Ecosystem Services: Can they pay our way out of Deforestation?. A discussion paper prepared for the GEF Forestry Roundtable held in Conjunction with the UNFF II*. Costa Rica, March 11, 2002.

Pagiola, S. y Platais, G. (2002). Market- Based Mechanisms for Conservation and Devt. En: *Environment Matters. Annual Review 2002*. Washington, DC. World Banks Environment Department. p.26-27.

Solanes, M. y A. Dourojeanni (1995): Mercados de derechos de agua, *Debate agrario*, N° 21, Lima, Centro Peruano de Estudios Sociales (CEPES), mayo.

Scheierling, S. Et al. (1997): A Discrete-Input production function for modeling the effect of amount and timing of irrigation water applications on crop yield and evapotranspiration. *Irrigation Science* 18 (1): 23-32.

Umetsu, Ch. (2002): "The optimal dynamic model of conjunctive water use". *The Japanese Journal of Rural Economics*, Volume 4, 2002. The Agricultural Economics Society of Japan.

Vizcarra, A. (2002): La hidrosfera y su contaminación, en *Ecosfera. La ciencia ambiental y los desastres ecológicos*. Siglo XXI. Lima- Perú., pp.25-133

Young, R. (2004): *Determining the Economic Value of Water, Concepts and Methods*. Resources for the future, Washington, DC, USA.