

Metodología para la Valoración Económica del Recurso Hídrico como un Servicio Ambiental: caso de aplicación Cuenca del Río Tempisque¹

Gerardo Barrantes²

Resumen

La cuenca del Río Tempisque es una de las principales cuencas en la Región Chorotega de Costa Rica. La problemática del recurso hídrico tiene distintas manifestaciones, donde la más importante es la escasez del agua y la sobreexplotación a la que se han sometido sus fuentes: superficiales y subterráneas. A lo anterior hay que añadir la falta de control de las explotaciones y la ausencia de costos ambientales en las tarifas que actualmente se pagan por el agua.

El estudio al que hace referencia el presente resumen abordó el mecanismo de servicio ambiental hídrico para iniciar un proceso de ajuste ambiental en las tarifas, y eliminar así el subsidio ambiental que ha existido hasta ahora. Además, se pretende generar los recursos financieros para promover la conservación y restauración de bosques en la cuenca, con el fin de favorecer la conservación del recurso hídrico. Por otro lado, se espera generar ingresos para avanzar hacia una gestión óptima del agua en la región, y con ello, hacia un manejo integral del recurso.

¹ La aplicación al caso de la cuenca del Río Tempisque se basa en el estudio “Evaluación del servicio ambiental hídrico en la cuenca del río tempisque y su aplicación al ajuste de tarifas”. Preparado para ASOTEMPISQUE y financiado por Fondo Canje Deuda Costa Rica Canadá, PPD/PNUD y CRUSA. Elaborado por el Instituto de Políticas para la Sostenibilidad (IPS). Autores Gerardo Barrantes y Mauricio Vega (2002).

² Fundador y Director General de la Fundación Instituto de Políticas para la Sostenibilidad (IPS). E-mail: gerardo@ips.or.cr. Tel 506 261 0086 www.ips.or.cr

1. Introducción

Un desafío social fundamental es conciliar los objetivos de desarrollo con los de conservación, procurando mantener el equilibrio ecológico, actualmente debilitado y frágil. Esto es fundamental para el mantenimiento de las funciones de los ecosistemas, de modo que se mantenga o mejore el flujo de bienes y servicios ambientales³ a la población, particularmente el flujo del servicio ambiental hídrico. Este esfuerzo, además de mejorar en calidad y cantidad las oportunidades de desarrollo, minimiza el riesgo inminente al que se ha sometido todo el aparato productivo debido a la escasez creciente de recursos naturales y específicamente del agua. La sostenibilidad de la producción de servicios ambientales dependerá de la conservación de las existencias de activos naturales en cantidad y calidad.

Un caso particular de interés es la Cuenca del Río Tempisque en Guanacaste, Costa Rica, donde se han identificado serios problemas de deterioro del recurso hídrico, con evidencias importantes de contaminación de aguas y agotamiento de acuíferos, al punto de que ya se empiezan a limitar los permisos para la explotación de aguas. Esto último, y bajo el modelo de crecimiento económico actual, parece indicar que las posibilidades de desarrollo de la cuenca se han alcanzado o rebasado, lo que genera una alarmante preocupación dado los niveles creciente de población y de desarrollo de actividades productivas y, por lo tanto, de mayores necesidades de agua.

Uno de las principales causas de esta problemática es que las tarifas de agua consideran solo el costo financiero de brindar el servicio de abastecimiento, sin incluir los costos ambientales en que se debe incurrir para disponer de agua en calidad y cantidad socialmente aceptables. Esta debilidad tarifaria ha provocada el desperdicio de agua, el agotamiento de acuíferos y la degradación de grandes cuerpos de aguas superficiales, lo que ha puesto en alto riesgo tanto la inversión económica instalada como el bienestar de la población en general.

2. Datos generales de la cuenca del río Tempisque

La cuenca del Río Tempisque se encuentra en el pacífico norte de Costa Rica, a unos 150 kilómetros al norte este de San José. La cuenca posee dos grandes bloques, uno del Río Bebedero que drena al Tempisque hacia la desembocadura y el otro bloque de varios ríos como el Liberia, Ahogados y Tempisquito. En general, estos ríos se originan en las estribaciones de la Cordillera de Guanacaste que posee una elevación máxima de 1900 m. La cuenca posee un área de 5,437.5 Km² lo que corresponde al 10.6% del área de Costa Rica, y posee una forma redondeada con una anchura máxima de este a oeste de 105 Km y de norte a sur una distancia máxima de 93 Km.

En cuanto a uso de la tierra se destaca la notable disminución y fragmentación de los bosques, independientemente si son primarios o secundarios. La principal actividad

³ Los bienes y servicios ambientales se refieren a los flujos que los ecosistemas brindan para beneficio de la población en sus distintos usos.

económica que compite con el bosque por el uso del suelo en la cuenca es pasto. El área de bosque representa un 38.7%, mientras que en pasto está el 42.5% del área. La cuenca tiene conflicto de uso en un 23% del área (127,454 ha) lo que significa que hay actividades en suelos que por sus condiciones no pueden soportar sin degradarse, debido a limitaciones por pendiente, erosión y profundidad.

Dado que la Región se encuentra en la Vertiente Pacífica de Costa Rica, climáticamente se caracteriza por una estación seca prolongada de hasta seis meses (de diciembre a mayo). En la estación lluviosa se presentan importantes disminuciones de la precipitación a mediados del año. Cerca del 45% de la precipitación total se registra en los meses de setiembre y octubre. La temperatura media anual para toda la superficie de la cuenca del Tempisque de 26.78°C, y el rango de variación va de los 19.55 °C en el sector de Monte Verde a los 29.05 °C, en el sector de Cañas y una elevación media de 220 msnm.

La precipitación media es de 1,738.97 mm/año (9,455.62 mill.m³/año de agua), con una desviación estándar de 425.15 mm, un mínimo de 518.51 y un máximo de 5,280.3 mm anuales. La evapotranspiración real media es de 1,116.44 mm/año con un mínimo de 554.22 mm y un máximo de 1482.95 mm, lo que equivale al 64.2% de la precipitación media en la cuenca. El balance hídrico implica que la escorrentía total (superficial e infiltración) es de 622.58 mm/año, que resulta de la diferencia entre la precipitación media y la evapotranspiración real. El potencial de recarga acuífera es de 144.2 mm/año, lo que representa el 8.3% de la precipitación promedio total.

De acuerdo con la información del Departamento de Aguas del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), del Servicio Nacional de Riego y Avenamiento (SENARA) y de Acueductos y Alcantarillados (AyA), la demanda social total es de 4,782.96 millones de metros cúbicos, de los cuales 98.37% representa agua superficial. Los 77.66 millones de metros cúbicos anuales demandados en agua subterránea corresponde a 111 pozos (8.35%) de los 1330 que están registrados en SENARA. Bajo estas circunstancias la estimación del consumo de agua subterránea se considera una subestimación que debe ser atendida en un proceso de mejoramiento en los controles y monitoreo de concesiones por parte del Departamento de Aguas. A la anterior preocupación, hay que añadir que hay una cantidad importante de pozos que no están ni siquiera registrados en SENARA, por lo que la subestimación se hace más acentuada.

La situación actual de la cuenca del río Tempisque, sin considerar la preocupación anterior, presenta un excedente total estimado en 303.06 mill. m³/año, explicado fundamentalmente por la subestimación en la demanda de agua subterránea. Tal y como está en el cuadro, hay una demanda social de agua superficial que excede la oferta disponible en 377.51 mill. m³/año, lo que hace pensar que se está sobreutilizando este recurso; es decir, las reservas de agua se están consumiendo, dado que el consumo supera el flujo anual hídrico por precipitación natural.

Cuadro 1. Presupuesto hídrico para la cuenca del río tempisque

	Volumen mill.m ³ /año
Oferta	
Total*	10,994.4
Disponibile	5,086.02
Agua superficial total	4,327.79
Natural	2,771.22
Importada DRAT	1,556.56
Recarga esperada	758.24
Demanda	
Total	10,994.4
Evapotranspiración	5,908.40
Actividades humanas	4,782.96
Agua superficial	4,705.30
Agua subterránea	77.66
Excedente disponible	303.06
Agua superficial	- 377.51
Agua subterránea	680.57

* Comprende la precipitación y el aporte que se da desde la represa del Arenal

3. Valoración económica – ecológica del recurso hídrico como servicio ambiental

El servicio ambiental hídrico es uno de los principales mecanismos que se están proponiendo para el ajuste correcto de tarifas y cánones por el aprovechamiento de agua, con el fin de fomentar el uso racional y las posibilidades de conservación de este recurso. La evaluación económica-ecológica de este servicio proporciona los montos monetarios para iniciar el proceso de ajuste de las tarifas de agua, de modo que se utilice el mecanismo de precios en la búsqueda de la optimización del recurso hídrico en sus distintos usos sociales. La idea es que los demandantes reconozcan a los oferentes un pago por los beneficios que les genera disponer del servicio ambiental hídrico que ofrecen los ecosistemas de los cuales los segundos administran o son propietarios. Se parte del hecho que estos últimos asumen un costo financiero y de oportunidad al conservar ecosistemas naturales.

La valoración económica – ecológica del servicio ambiental hídrico responde a la necesidad de mantener ecosistemas de valor hídrico para la provisión del recurso en cantidad y calidad. En relación con el recurso hídrico, hay tres componentes por valorar desde el punto de vista económico: la productividad hídrica del bosque, la recuperación de áreas deforestadas y el agua como insumo de la producción. Una vez

valorados, estos aspectos pueden incorporarse a los sistemas tarifarios para ajustar ambientalmente las tarifas actuales. La evaluación económica del recurso hídrico supone estimar la oferta y la demanda de agua (presupuesto hídrico) como condición para la valoración económica. Esta información es clave para la fijación de los sistemas tarifarios relacionados con el aprovechamiento del agua. Además, los datos obtenidos sirven para evaluar las posibilidades de desarrollo y formular medidas orientadas a la conservación y uso sostenible del recurso.

3.1. Valor de la productividad hídrica del bosque (valor de captación)

Para la valoración del agua como servicio ambiental ofrecido por los bosques debe tenerse en cuenta el valor de la productividad de los bosques en función de la captación (valor de uso directo) de agua, además de otros servicios ambientales (captación de CO₂, belleza escénica, biodiversidad y otros). El aumento de la cobertura boscosa implica un costo de oportunidad por la renuncia a los ingresos potenciales que generaría una actividad económica en esas tierras. Esto implica la compensación a los dueños de las tierras con un monto igual o superior a su costo de oportunidad para que dedique sus tierras a la protección y conservación de cuencas. Esta compensación debe darse como transferencia de recursos financieros provenientes de los bienes y servicios que se derivan de él; por ejemplo, de los sistemas de abastecimiento de agua y de los usuarios del agua, así como de los otros servicios del bosque que podrían explotarse (además de los recursos hídricos), tal como la captura de carbono, la belleza escénica, etc.

Dicha transferencia se justifica porque la conservación, protección y recuperación de bosques es una actividad que genera externalidades positivas para las actividades económicas y humanas, un flujo continuo y permanente de servicios ambientales. Así mismo, los costos de operación de los sistemas productivos podrían disminuir con el tiempo, al tener que gastar menos en mantenimiento de los sistemas, y al no tener que desplazarse hacia otras áreas más alejadas para proveerse del servicio ambiental que ha sido deteriorado en las cercanías.

La productividad del bosque en el caso del servicio ambiental hídrico, está determinada por la cantidad de agua captada anualmente, y su valor económico estará asociado con la actividad económica que compite con el bosque. Si se ve la productividad del bosque en términos económicos, entonces el no usar el suelo para otras actividades, se valora por la cantidad de agua captada por los bosques, es decir, el costo de oportunidad de la ganadería y otros usos.

Sólo se justifica la transformación del uso del suelo, bajo la concepción de la economía de los recursos naturales, de bosque natural a otros usos, si los ingresos anuales por los otros usos superan los ingresos anuales por servicios ambientales generados por el bosque. En este sentido, una hectárea de bosque se protegerá, cuando el valor de sus servicios ambientales se equipare con el costo de oportunidad de los demás usos del suelo. Así, la recuperación de suelos con bosques y la conservación de los bosques

existentes, se fundamentará, en parte, en su importancia económica por los servicios ambientales que ofrecen.

Por lo anterior, el costo de oportunidad es útil para valorar económicamente el componente de captación hídrica del bosque y de otros servicios ambientales de importancia económica reconocida. Esta valoración obedece a la necesidad de tener un indicador económico de la productividad del bosque que debe ser compensada por la sociedad, para que el dueño de la tierra considere al bosque como una actividad económica tan rentable como la que se deja de realizar, y se convierta así en un productor de servicios ambientales reconocidos y pagados por la sociedad (Castro y Barrantes, 1998).

Para estimar el valor de captación como un componente que determina la productividad hídrica del bosque, se necesita:

- ❖ El volumen anual de agua captada y fijada por los bosques en las zonas de recarga de la cuenca.
- ❖ Cálculo del costo de oportunidad del uso de la tierra en esas zonas.
- ❖ Ponderación de la importancia del bosque en términos de su productividad hídrica, al compararla con los otros servicios de la biodiversidad.

Además, es necesario considerar el efecto positivo que tiene el bosque sobre la calidad del agua de escorrentía superficial. La Ecuación 1 permite estimar el valor de captación del bosque:

$$VC = \sum_{i=1}^n \frac{\alpha_i B_i A b_i}{O c_i} \quad (\text{ec. 1})$$

Donde,

VC	Valor de captación hídrica del bosque ($\$/m^3$) (cantidad + calidad)
B_i	Costo de oportunidad de cualquier actividad económica que compite con el bosque por el uso del suelo en la cuenca i ($\$/ha/año$)
$A b_i$	Área bajo bosque en la cuenca i (ha)
$O c_i$	Volumen de agua captada en la cuenca i ($m^3/año$)
α_i	Importancia del bosque en la cuenca i en función de la cantidad y calidad del recurso hídrico $0 \leq \alpha \leq 1$.

En la cuenca del río tempisque, para el año 2000, se estimaron 210.226,8 ha. de bosque. La siguiente cobertura en importancia es la de pasto para la actividad ganadera, lo que indica que esta es la actividad que está compitiendo con la disponibilidad de bosque. La superficie boscosa deberá ser compensada por el costo de oportunidad que significa el no usarla en ganadería, y por lo tanto, esta compensación es la que garantizaría la posibilidad de que se mantenga el uso del suelo bajo bosque. Esta es la superficie que será considerada en la estimación del valor de captación hídrica, dado que los esfuerzos de conservación estarán orientados a mantener esta disponibilidad de bosque.

La estimación del costo de oportunidad se basó en los beneficios netos de la actividad ganadera. Con base en el estudio la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (2002) el costo de la ganadería se estimó en ¢181.810/ha/año, donde se considera el período de engorde de 12 meses para un animal de 450 kg. Por otro lado, el precio estimado varía de ¢370/kg a ¢500/kg. Considerando el precio de ¢500/kg se determina que el ingreso esperado es de ¢225.000/ha/año, lo que genera un beneficio de ¢43190/ha/año. Se usará este valor como costo de oportunidad en el cálculo del valor de captación hídrica del bosque. A este costo habría que añadir el costo respectivo a la administración y atención del bosque, cuyo monto considerado es de ¢13,617/ha/año con base en los gastos para el quinto año en programas de reforestación según el estudio de CATIE (1996).

Dado que el costo de oportunidad debe ser cubierto por los distintos usuarios de los servicios que brindan los ecosistemas boscosos, es necesario conocer la importancia que tiene este recurso para la conservación del agua. De acuerdo al estudio de Barrantes y Vega (2002) la importancia hídrica del bosque es de un 44.02%. El restante 55.98% se distribuye en los demás servicios ambientales por los cuales resulta importante conservar bosque. Si se ajusta la estimación de la importancia a los servicios ambientales que se establecen en la legislación (fijación de gases, protección hídrica, protección de la biodiversidad y belleza escénica), la proporción anterior se distribuye en un 49.22% para la conservación hídrica y un 50.78% para los otros tres servicios ambientales en conjunto.

Considerando la importancia hídrica del bosque en un 49.22%, la proporción del costo de oportunidad que debe ser compensado por los usuarios del agua a los propietarios de tierra involucrados en protección de bosques, equivale a ¢27,960.4/ha/año. De esta manera, tomando la cobertura boscosa y la oferta hídrica disponible en la cuenca, se determina un valor de captación de ¢1.67/m³.

3.2. Valor de restauración de bosques

La restauración de bosques en cuencas degradadas es un mecanismo que ayuda a la conservación de las aguas superficiales y subterráneas y evita la erosión de los suelos (Ramakrisna, 1997). Estos beneficios llevan implícito un costo que ha de considerarse dentro de la estructura de valoración económico-ecológica para el uso del agua, con el fin de proporcionar recursos financieros para el desarrollo de actividades orientadas a la protección, recuperación y conservación de las partes altas de las cuencas (Castro y Barrantes, 1998b).

Los costos incurridos en la restauración de bosques se determinan por los gastos en salarios, cargas sociales de personal destinados a la protección, gastos en combustibles, transportes, infraestructura y otros gastos de operación e incentivos utilizados para la protección ambiental, otros desembolsos necesarios para el sostenimiento del capital natural existente en laderas. De acuerdo con las características del bosque natural, el costo de restablecimiento debería ser equivalente

al de recuperar el ecosistema para dejarlo en condiciones similares a las que éste mantenía antes de ser intervenido (United Nations, 1993). Esos costos no están estrictamente en función del recurso hídrico, por lo que habrá que asignar una ponderación del total de esos costos que se asocian con la protección del recurso hídrico, lo cual requiere:

- ❖ Cálculo del número de hectáreas que deben ser recuperadas.
- ❖ Cálculo de los costos de restauración considerando una situación similar a la del bosque natural antes de ser degradado.
- ❖ Ponderación de la importancia del bosque en términos de su productividad hídrica.
- ❖ Volumen hídrico captado en la cuenca

Por lo tanto, en términos operacionales se puede plantear que los recursos necesarios para el establecimiento de las medidas de recuperación, protección, conservación y mantenimiento de cuencas, están dados por la ecuación 2.

$$VP = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \frac{\delta_{ij} C_{ij} A_{r_i}}{Oc_i} \quad (\text{ec. 2})$$

Donde,

- VP Costo de restauración de bosques en cuencas hidrográficas (ϕ/m^3)
 C_{ij} Costos para la actividad j destinada a la restauración del bosque en la cuenca i ($\phi/ha/año$)
 A_{ri} Área a restaurar en la cuenca i (ha)
 δ_{ij} Fracción del costo j destinado a la restauración del bosque en función del recurso hídrico en la cuenca i (%)

En la cuenca del río Tempisque hay 127,457 ha. en conflicto de uso del suelo, de acuerdo con su capacidad de uso. Bajo este criterio, esta es la superficie a recuperar de manera prioritaria con el fin de mejorar el régimen hídrico en la cuenca y, con ello, la disponibilidad de agua. El valor de restauración de la cuenca del río Tempisque, está asociado con los costos de desarrollar las distintas actividades requeridas para lograrlo. Estos costos comprenden todos los gastos anuales que deben realizarse en salarios, reforestación, gastos administrativos, gastos de mantenimiento en infraestructura y equipo, y otros gastos asociados.

Asumiendo un período de cinco años para llegar a tener un sistema de restauración relativamente consolidado, el costo total es de $\phi 262,191.82/ha./año$ para el pacífico seco (CATIE, 1996). De estos costos totales, el 48.28% se invierte el primer año de operación del sistema, a partir del cual se reduce hasta llegar a un monto relativamente fijo para los años del cuarto en adelante, ya que se asocian con costos de mantenimiento solamente.

Tomando en cuenta la capacidad hídrica en la cuenca, la importancia hídrica del bosque en 49.22% y la superficie en conflicto de uso del suelo, así como los costos de

restauración promedio para el primer año equivalentes a $\$126,580/\text{ha}$ y la rentabilidad de la actividad ganadera estimada en $\$43,190/\text{ha/año}$, se obtiene un valor de restauración de $\$3.02/\text{m}^3$. Dicho valor debe mostrar un comportamiento de disminución en los siguientes años, debido a una disminución en los costos de reforestación. Después de los cinco años, el costo tiende a mantenerse constante, relacionándose, fundamentalmente, con los costos de mantenimiento de las áreas reforestadas. Por lo tanto, a partir del quinto año, se debe mantener un valor de restauración constante en el modelo tarifario por un período previamente definido, a partir del cual se inicie el pago del valor de captación en sustitución del de restauración.

3.3. Valor del agua como insumo de la producción

Para algunas actividades económicas, el agua es un insumo importante en los procesos de producción; por ejemplo, para la industria de bebidas el recurso hídrico es el insumo más importante en la producción. En el sector de la hidroenergía, el agua es el principal insumo que se utiliza para generar electricidad. Otros sectores importantes en la utilización del agua como insumo son el agropecuario cuando usa riego, el piscícola, el sector industrial cuando utiliza agua en los procesos y el turismo, con las piscinas y los juegos acuáticos. Esa importancia económica del recurso agua es un indicador que refleja la necesidad de asignar un precio que responda al valor de escasez del recurso.

La valoración económica del agua como insumo de la producción implica la utilización de diferentes técnicas, debido a la variada utilización que se hace de este recurso. Ante esa diversidad de usos para el agua, la valoración económica puede hacerse bajo el enfoque de ahorros en costos (producción hidroeléctrica), cambio en productividad (sistemas de riego agrícola) y excedente del consumidor (sector doméstico e industrial). Esa mezcla de enfoques de valoración proporciona un valor económico diferenciado para el agua, cuando ésta es usada como insumo de la producción.

3.3.1. Valor del agua en la generación de energía hidroeléctrica

Con respecto al enfoque del ahorro en costos, su aplicación permite cuantificar el monto que el país se ahorra con hidroelectricidad en comparación con cualquier otra alternativa de generación eléctrica, incluyendo la importación de energía, en el abastecimiento de la demanda nacional de electricidad. Este ahorro corresponde al valor económico que se le puede asignar al agua en el sector hidroeléctrico, cuando esta es considerada como insumo de la producción. Para aplicar el ahorro en costo debido a la utilización del agua en la generación de electricidad, es necesario contar con los precios de todas las demás opciones que puede usar el país para suplir la demanda nacional de electricidad, incluyendo la hidroeléctrica. De esta manera, se compara la mejor opción alternativa con la de hidroelectricidad y la diferencia proporciona el valor de la mejor opción económica (Castro y Barrantes, 1998).

Con los distintos precios para el abastecimiento de la demanda nacional de electricidad se puede estimar el ahorro que le significa al país, la utilización del agua en la producción de electricidad. El cálculo se basa en la siguiente fórmula:

$$P_{\text{ahó}}^{\text{kw}} = P^* - P^{\text{h}}$$

Donde,

$P_{\text{ahó}}^{\text{kw}}$	Ahorro por kilowatt generado (¢/Kw)
P^{h}	Precios del kilowatt generado con hidroelectricidad (¢/Kw)
P^*	Precio de la siguiente mejor alternativa seleccionada (¢/Kw)

La diferencia entre estos dos costos representaría el ahorro que significa para el país el abastecimiento de la demanda de electricidad con una planta hidroeléctrica. Conociendo la cantidad de kilowatts por metro cúbico que se genera y el monto ahorrado por cada kilowatt, el valor de un metro cúbico de agua sería:

$$PE_{\text{ag}} = P_{\text{ahó}}^{\text{kw}} * q^{\text{kw}}$$

Donde,

PE_{ag}	Precio del agua en el Sector de Electricidad (¢/Kw)
q^{kw}	Cantidad de Kilowatts por metro cúbico (Kw/m^3)

El valor del agua en hidroenergía está basado en los costos que se ahorra el país por no producir con otras fuentes, como la térmica o la geotérmica. Para el cálculo correspondiente se consideró el costo de producción (¢/Kwh) bajo distintas fuentes de producción de energía del ICE para el año 2000 (hidroenergía, térmica, geotérmica, eólica, importada). Según los datos, la producción de hidroenergía es la más barata con un costo de $\text{¢}15/\text{kwh}$, seguido por la geotérmica con $\text{¢}20/\text{kwh}$. La energía térmica que es la siguiente alternativa de mayor uso, no la siguiente más barata, tiene un costo de $\text{¢}40.36/\text{kwh}$. La producción media de hidroenergía es de $0.53\text{kwh}/\text{m}^3$. Con base en lo anterior, y considerando la geotérmica como la siguiente mejor alternativa, se estimó que el valor del agua es de $\text{¢}2.67/\text{m}^3$. Mientras que si se considera la producción de energía térmica, la estimación del valor del agua sería de $\text{¢}13.56/\text{m}^3$. Para efectos de posibles ajustes en tarifas y cánones, el valor considerado es el de $\text{¢}2.67/\text{m}^3$.

3.3.2. Valor del agua en la producción agrícola

En relación con la aplicación del enfoque de cambio en productividad, su aplicación está asociada a que hay un reconocimiento de que el riego incrementa la productividad agrícola y este cambio en la producción puede ser usado para calcular el valor del agua. Este cambio en la producción multiplicado por el precio del producto agrícola (mercado) aproxima el valor del agua usada en agricultura. En ese sentido, aunque la productividad agrícola está en función de una serie de condiciones climáticas y agroecológicas; el agua es necesaria para que se realice el balance hídrico dentro de la planta y, el intercambio de nutrientes como parte del proceso de fotosíntesis (Nuñez, 1981; Lovenstein et al., 1993).

La agricultura usa el agua en el riego de los cultivos, y es de las actividades que mayor consumo tiene del recurso. En condiciones normales, más del 80% del agua disponible se dedica a la agricultura (Middleton 1995). El riego incrementa la productividad agrícola y este cambio en la producción puede ser usado para calcular el valor del agua. Este cambio en la producción multiplicado por el precio del producto agrícola (mercado) aproxima el valor del agua usada en agricultura.

Al existir información sobre el efecto del riego en la productividad de los cultivos que lo utilizan, se puede estimar el valor del cambio en la productividad por el uso del agua. Por ejemplo, si el cultivo k experimenta un cambio en la producción cuando está bajo riego, entonces el valor del agua sería:

$$P_k^{ag} = (p_k - c_k) * q_k$$

Además,

$$q_k = (Q_k^{\text{riego}} - Q_k^{\text{secano}})/V_i$$

Donde,

P_k^{ag}	Costo del agua en agricultura para el cultivo k ($\$/m^3$).
p_k	Precio del producto k ($\$/Kg$).
c_k	Costo de producción bajo riego ($\$/kg$).
q_k	Cambio en producción del cultivo k bajo riego (Kg/m^3).
Q_k^{riego}	Cantidad de producción del cultivo k bajo riego ($Kg/Ha.$).
Q_k^{secano}	Cantidad de producción del cultivo k sin riego ($Kg/Ha.$).
V_i	Volumen de agua usado en riego del cultivo i ($m^3/Ha.$).

Si la información es para n cultivos, se puede calcular el valor del agua como un promedio ponderado (P^{ag}) de los n cultivos analizados. Es decir,

$$P^{ag} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i^{ag} Q_i}{\sum_{i=1}^n Q_i}$$

En la cuenca del río Tempisque la gran parte de la actividad agropecuaria se da bajo riego debido a la escasez de agua y de una regularidad en las precipitaciones. Para estimar el valor del agua se consideró la información disponible en el Distrito de Riego Arenal-Tempisque, para un conjunto de actividades agrícolas, y a los resultados en el estudio desarrollado por Castro y Barrantes (1998). El valor correspondiente asociado al uso del agua en el sector agropecuario es de $\$2.89/m^3$.

3.3.3. Valor del agua en los sectores residencial, turístico e industrial

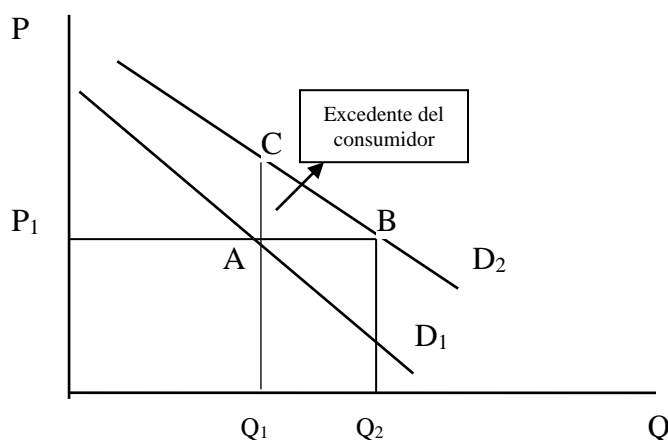
Para el caso del agua utilizada en la industria de bebidas en la venta directa de agua embotellada, su valor de mercado es un componente importante dado por el valor del agua como insumo. En ese sentido, se justifica que aquellos sectores (agroindustrial,

turístico, hidroeléctrico y comercial) que utilizan el agua como insumo de la producción, paguen el componente del valor del agua como insumo.

De cualquier manera, la aproximación del valor económico del agua, se basa en los beneficios sociales que se derivan cuando hay un cambio en la oferta total del recurso, debido fundamentalmente a un incremento en la demanda, ya sea por el crecimiento poblacional o por el desarrollo económico. La aplicación del enfoque de excedente del consumidor, considerando el análisis de demanda de agua, reporta un valor económico asociado con incrementos en la oferta de agua y cómo dichos incrementos corresponden a variaciones netas de utilidad para la población (Ferreiro, 1994). Para la aplicación de este enfoque, es necesario conocer la elasticidad precio de la demanda, con el fin de obtener la disponibilidad de pago del consumidor del recurso hídrico en los sectores doméstico e industrial.

El valor del agua en los tres últimos sectores, puede estimarse usando el análisis de demanda (excedente del consumidor), donde se incluyen variables como precio (tarifa), volumen consumido y elasticidad⁴. Cuando algún factor determinante de la demanda (p.e. el crecimiento poblacional) hace que ésta se desplace de D_1 a D_2 y, considerando constante el precio p_1 inicial, el valor neto o excedente de la población por el incremento en la oferta de agua será el área $ABC = BCQ_1Q_2 - ABQ_1Q_2$ (Gráfico 3.1). Ese excedente ABC representa la valoración social neto del incremento de la oferta de Q_1 a Q_2 . Esta cantidad neta corresponde al valor del agua en el origen, antes de ser captada, transportada, potabilizada y distribuida.

Gráfico 1. Curvas de demanda para el análisis del valor económico del agua



Fuente: Adaptado de Azqueta y Ferreiro, 1994.

Para estimar el valor del agua usando la disponibilidad de pago del consumidor es necesario estimar curvas de demanda, pero la limitada información sobre precios y cantidades no permite una aplicación econométrica para la estimación de tales curvas. Esto se debe a que en el abastecimiento de agua no existe una gran variedad de pares

⁴ Elasticidad se refiere a la respuesta del consumidor ante cambios en los precios. La elasticidad puede obtenerse usando datos sobre precio y consumo, o bien adoptar un parámetro estimado para otra población con características similares.

precio-cantidad observable, ya que el precio es fijado por la Empresa y aceptado por los consumidores, y no cambia a menos que lo hagan los otros factores determinantes de la oferta y la demanda. Sin embargo, se puede aproximar una curva de demanda tomando un par inicial precio-cantidad y suponiendo una elasticidad precio constante para la demanda. La curva de demanda puede suponerse una función Cobb-Douglas que puede expresarse mediante la ecuación:

$$Q = kP^\varepsilon$$

Donde,

Q	Volumen de agua (m ³ /mes)
P	Tarifa financiera actual por el servicio de abastecimiento del agua (¢/m ³)
k	Factor de proporcionalidad
ε	Elasticidad precio de la demanda

En el caso de tener información sobre un par de puntos (Q₁,P₁) y sobre la elasticidad ε, se calcula k₁ para la curva de demanda del período 1 (D₁):

$$k_1 = Q_1 P_1^{-\varepsilon}$$

Así como se obtiene D₁ se obtienen las curvas de demanda de otros períodos, postulando un desplazamiento de dichas curvas conforme a una tasa de crecimiento r (en función del crecimiento poblacional y/o de la renta), tal que k_t = k₁(1+r)^{t-1} donde t representa los períodos futuros.

Habiendo estimado D₁ y D₂ para dos períodos cualesquiera y suponiendo que el aumento en la oferta esté acompañado de un incremento en el precio (porque el coste medio del abastecimiento adicional sea superior al abastecimiento inicial), el valor neto del agua, VA, del excedente social atribuible al incremento en el consumo de agua aplicable a cada sector (doméstico, industrial y turístico), vendría dado por:

$$VA = \frac{P_1(Q_2^{\frac{1}{\varepsilon}+1} - Q_1^{\frac{1}{\varepsilon}+1})}{Q_1^{\frac{1}{\varepsilon}}(\frac{1}{\varepsilon} + 1)} - P_2(Q_2 - Q_1)$$

Donde, P₂(Q₂ - Q₁) representa el costo social del abastecimiento adicional de agua.

- **Valor del agua en el sector doméstico**

En el sector doméstico, por lo general, el agua es para consumo humano y para los quehaceres básicos de la familia. Sin embargo, a cierto nivel de demanda el agua es usada por las familias para otros fines como piscinas, riego de jardines, lavado de carro, etc. Es por eso, que resulta justificable la asignación de un precio para el agua

como insumo de la producción en el sector doméstico después de cierto nivel de consumo.

Para la estimación del valor del agua en el sector doméstico, se consideró la demanda, la tarifa y un nivel de elasticidad⁵ precio de la demanda de -0.25. Además, se consideró una tasa de crecimiento 2.9% para el sector doméstico en la Región Chorotega. La estimación se realizó como un promedio ponderado que considera zona rural y la urbana y equivale a $\text{¢}3.57/\text{m}^3$.

- **Valor del agua en el sector industria**

En cuanto a la industria el agua es usada para la producción de otros bienes y servicios que tienen un precio en el mercado. Para la estimación del valor del agua en estos sectores se consideró la demanda existente y la tarifa existentes en AyA, la elasticidad precio-demanda -0.30% y una tasa de crecimiento de estos sectores de 3.5%. La estimación se realizó como promedio ponderado que incluye la zona rural y la urbana, obteniéndose $\text{¢}13.67/\text{m}^3$. Este valor sirve de referencia para el ajuste de tarifas y cánones tanto en industrias como comercios, hoteles, sodas, etc.

3.3.4. Valor del agua como un promedio ponderado de los valores obtenidos parcialmente como insumo de la producción

Una vez estimado el valor del agua para los diferentes usos, se puede obtener un promedio ponderado, con el fin de generar un único valor para el agua, donde se requieren los volúmenes de agua utilizados en cada uno de los sectores involucrados. De ese modo, el valor promedio para el agua está dado por la ecuación:

$$VPa = \frac{\sum_{i=1}^n P_i Q_i^d}{\sum_{i=1}^n Q_i^d}$$

Donde,

VPa Valor promedio del agua como insumo de la producción ($\text{¢}/\text{m}^3$)

P_i Valor del agua como insumo en el sector i ($\text{¢}/\text{m}^3$)

Q_i^d Volumen de agua demandado en el sector i ($\text{m}^3/\text{año}$)

Los valores estimados por sector se presentan en el cuadro 2 y que son la base para un ajuste en el valor del agua en las tarifas y cánones por aprovechamiento de agua. Considerando el volumen diferenciado por sector, se estimó un costo promedio ponderado, cuyo resultado es de $\text{¢}3.31/\text{m}^3$. A pesar del valor promedio ponderado, se propone, como ajuste en tarifas y cánones, un valor diferenciado cuya base sean las estimaciones hechas en cada sector.

⁵ La elasticidad fue tomada de informes de AyA sobre estudios de demanda en varias partes del país. La demanda de agua es inelástica con respecto al precio; es decir, por cada 1% de cambio en el precio, la demanda se reduce 0.30%.

Cuadro 2. Valor de uso del agua como insumo de la producción para la cuenca del río tempisque

Sector	Demanda mill m ³ /año	Precio ¢/m ³
Doméstico	17,10	3.57
Industria	185,17	13.67
Agropecuario	4,370,94	2.89
Hidroenergía	191,74	2.67
Total	4,764,94	3.31

4. Importancia económica total para el servicio ambiental hídrico en la cuenca del Río Tempisque

Con los valores estimados para el servicio ambiental hídrico y la demanda social de agua en la cuenca del Río Tempisque para el año 2002, se estima un valor económico total de equivalentes a ¢39,990.53 millones por año para sustentar las actividades relacionadas con la administración del recurso hídrico (Cuadro 4). De este valor económico se puede destinar una proporción para el desarrollo social y para la conservación de los recursos hídricos desarrollando actividades en el corto, mediano y largo plazo en el plano económico, social y ambiental.

Cuadro 3. Importancia económica del servicio ambiental hídrico en la cuenca del Río Tempisque (millones de colones/año), 2002.

Sector	Demanda	Valor de captación	Valor de restauración	Valor del agua	Ahorro -inversión	Total
Doméstico	17.10	28.47	51.59		4.00	84.07
Industrial	185.17	308.38	558.75	2,530.38	169.88	3,567.38
Agropecuario	4,370.94	7,279.44	13,189.64	12,644.73	1,655.69	34,769.50
Hidroenergía	191.74	319.33	578.59	512.54	70.52	1,480.98
Otros	18.02	30.01	54.38		4.22	88.61
Total	4,782.96	7,965.63	14,432.94	15,687.65	1,904.31	39,990.53

Nota: En el sector industrial está incluido el turismo, que hasta ahora no contempla una categoría específica para separarlo.

Lo más interesante de estos componentes es que se pueden convertir en una fuente permanente, continua y creciente, lo que posibilita adquirir compromisos de largo plazo, respondiendo apropiadamente a un condicionante que establece la conservación de bosque: la disponibilidad financiera para apoyar actividades de largo plazo. Es por eso que la conveniencia y relevancia de la tarifa hídrica ambientalmente ajustada es un compromiso inevitable para garantizar la conservación de los recursos hídricos y de los ecosistemas, así como también, garantizar una mayor seguridad de que el desarrollo económico y social no se vea estrujado por la disminución del recurso hídrico en cantidad y calidad.

Referencias

- Agencia de Cooperación Internacional del Japón. 2002. Estudio del Proyecto de desarrollo rural de la cuenca media del río Tempisque. Informe de Progreso. Pacific Consultants Internacional Naigai Engineering Co. Ltd.
- Barrantes, Gerardo y Vega Mauricio. 2002. Evaluación del servicio ambiental hídrico en la cuenca del río Tempisque y su aplicación al ajuste de tarifas. Preparado para ASOTEMPISQUE. Financiado por el Fondo Canje Deuda Costa Rica Canadá, el Programa de Pequeñas Donaciones (PPD) de PNUD y la Fundación CR-USA.
- Bowers, 1997. Sustainability and Environmental Economics: An alternative text. Addison Wesley Longman Limited.
- Castro, E. y G. Barrantes (b). 1998. Valoración económico ecológico del recurso hídrico en la cuenca Arenal: El agua un flujo permanente de ingreso. Heredia, Costa Rica.
- CATIE 1996. Costos de establecimiento y manejo de plantaciones forestales y sistemas agroforestales en Costa Rica. Turrialba, Costa Rica.
- Schosinsky, G. y M. Losilla. 2000. Modelo analítico para determinar la infiltración con base en la lluvia mensual. En la Revista Geológica de América Central. Escuela Centroamericana de Geología. Número 23, diciembre, 2000. Universidad de Costa Rica. Editorial de la Universidad de Costa Rica.