



## PARÁMETROS PARA LA VALORACIÓN DEL SERVICIO AMBIENTAL HÍDRICO BRINDADO POR LOS BOSQUES Y PLANTACIONES DE COSTA RICA

*Virginia Reyes  
Jorge Fallas, Miriam Miranda  
Olman Segura, Rafael Sánchez<sup>1</sup>*

**Serie Documentos de Trabajo 008-2002**

### ***Resumen***

Costa Rica en 1996 establece la ley Forestal 7575 con el propósito de impulsar nuevas estrategias que coadyuvaran al desarrollo del sector forestal. Esta ley envuelve un período de tres décadas de políticas forestales e introduce un pago a los propietarios privados de bosque o nuevas plantaciones forestales, con el objetivo de compensar los servicios ambientales que sus propiedades proveen a la sociedad en general. Este estudio desarrolla herramientas de valoración económica para la creación o renegociación de acuerdos voluntarios con organizaciones privadas o gubernamentales. Este documento presenta los principales resultados del análisis hidrológico y económico llevado a cabo durante el proceso de investigación, en las cuencas de los ríos Savegre, Reventazón-Parismina, Peñas Blancas y Pejibaye. Finalmente, se introduce una serie de argumentos en torno al cobro del servicio ambiental de protección del recurso hídrico.

Febrero, 2002  
Costa Rica

<sup>1</sup>Investigadores del Centro Internacional de Política Económica para el desarrollo sostenible de la Universidad Nacional de Costa Rica. Este documento resume los principales resultados obtenidos en el estudio elaborado para el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO), denominado “Definición de Parámetros hídricos para la valoración del servicios ambiental de protección del recurso hídrico brindado por los bosques y plantaciones forestales de Costa Rica.

Correo electrónico: mreyes@una.ac.cr.

# Tabla de Contenidos

<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>3</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>5</b>
<b>II. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....</b>	<b>8</b>
CUENCA DEL RÍO REVENTAZÓN .....	8
CUENCA DEL RÍO PEÑAS BLANCAS .....	8
CUENCA DEL RÍO PEJIBAYE .....	9
CUENCA DEL RÍO SAVEGRE .....	9
<b>III. PRINCIPALES RESULTADOS DE LA CUANTIFICACIÓN DE LOS SERVICIOS AMBIENTALES HIDROLÓGICOS ATRIBUIBLES AL BOSQUE Y PLANTACIONES FORESTALES .....</b>	<b>11</b>
<b>IV. PRINCIPALES RESULTADOS DE LA VALORACIÓN DEL SERVICIO AMBIENTAL DE PROTECCIÓN DEL RECURSO HÍDRICO.....</b>	<b>16</b>
ESTIMACIÓN DEL COSTOS DE OPORTUNIDAD.....	17
COSTOS DE ESTABLECIMIENTO Y MANTENIMIENTO PARA PLANTACIONES FORESTALES Y PROTECCIÓN DEL BOSQUE.....	18
COSTOS PROGRAMA DE EDUCACIÓN AMBIENTAL.....	19
RESULTADOS FINALES.....	19
<b>VI. BIBLIOGRAFÍA COMPLETA.....</b>	<b>26</b>

## **Agradecimientos**

Los autores agradecen el apoyo y la colaboración brindada por parte de los representantes de las diferentes instituciones consultadas durante el proceso de elaboración del estudio. Las mismas se mencionan seguidamente. Jorge Mario Rodríguez, Director Ejecutivo, Alexandra Sáenz y Edgar Ortiz del área de Servicios Ambientales, Fondo Nacional de Financiamiento Forestal. Carlos Rodríguez del Departamento de Hidrología del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE).

Representantes del Instituto Meteorológico Nacional (IMN), Luis Villegas, Gerente del Programa Nacional de Ganadería, Martha Villegas de la Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria (SEPSA) del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y funcionarios de las Sedes Regionales de San Carlos, Pacayas, Paraíso y Turrialba. El Departamento de Aguas del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (ICAA), y representantes de los Acueductos Rurales de las cuencas de los ríos Pejibaye, Savegre y Reventazón. Representantes del Departamento de Estadística del Ministerio de Educación Pública. Programa PLAMA-Virilla de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL). Sistema Nacional de Areas de Conservación (SINAC) del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) y Edwin Alpizar del Centro Científico Tropical (CCT).

Además se reconoce el apoyo brindado por el grupo de expertos consultados durante el proceso de consulta metodológica. José Joaquín Campos, Carlos Manuel Rodríguez y Robert Hearne, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Carlos Reiche, IICA-GTZ, Jaime Echeverría, World Resources Institute (WRI), David Barton, InterConsult Group, Gerardo Barrantes, IPS y Gerardo Jiménez, CINPE. Por último, se reconoce el valioso apoyo de los compañeros Carmen Valverde, Donald Miranda, Roberto Jiménez, Mary Luz Moreno y Randall Arce en la discusión y retroalimentación del informe final del estudio.

## Resumen

Costa Rica en 1996 establece la ley Forestal 7575 con el propósito de impulsar nuevas estrategias que coadyuvaran al desarrollo del sector forestal. Esta ley envuelve un período de tres décadas de políticas forestales e introduce un pago a los propietarios privados de bosque o nuevas plantaciones forestales, con el objetivo de compensar los beneficios que sus propiedades proveen a la sociedad en general. Asimismo, se plantea que el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO), como ente administrador y regulador del programa de servicios ambientales puede establecer mecanismos de cobro a los beneficiarios de estos servicios. La ley define los criterios para el cobro de los mismos, pero no define los tipos de instrumentos financieros que deben ser utilizados.

Este estudio desarrolla herramientas de valoración económica para la creación o renegociación de acuerdos con organizaciones privadas o gubernamentales. En este documento se presentan los resultados de la investigación desarrollada para FONAFIFO en el año 2001, con el objetivo de **valorar en términos económicos el recurso hídrico, como reconocimiento al servicio ambiental que ofrecen los bosques privados, plantaciones forestales, y sistemas agroforestales en Costa Rica**. Para ello se llevó a cabo un análisis hidrológico y económico. Se determinaron valores en dólares por metro cúbico, para así establecer nuevos mecanismos de cobro del servicio ambiental hídrico en Costa Rica. Estos valores se estimaron para los usos hidroeléctrico y consumo doméstico para las cuencas analizadas en el estudio. Los datos se calcularon a dos tasas de descuento: a una tasa del 9.8%<sup>1</sup> los valores se estimaron entre 0.003 US\$/m<sup>3</sup> y 0.014 US\$/m<sup>3</sup> y a una tasa del 6.2%<sup>2</sup> entre 0.004 US\$/m<sup>3</sup> y 0.019 US\$/m<sup>3</sup>.

El país se dividió en cinco regiones hidrológicas (Pacífico Norte, Pacífico Central, Pacífico Sur, Atlántico y Norte) y luego se seleccionaron cuatro cuencas para el análisis económico y social, las cuencas del río Savegre, Pejibaye, Reventazón-Parismina y Peñas Blancas. Además, para el análisis hidrológico se seleccionó las cuencas de los ríos Chirripó y Pacuare. Estas cuencas se seleccionaron con base en cuatro macro-criterios. Primero, las condiciones existentes para la provisión de agua para consumo doméstico. Segundo, las condiciones prevalecientes para la producción de energía hidroeléctrica. Tercero, la disponibilidad de información y cuarto, las amenazas existentes producto del sobre uso del suelo y el crecimiento de la población.

Los resultados del estudio indican la necesidad de mejorar en los siguientes aspectos:

- ?? mecanismos de coordinación interinstitucional,
- ?? implementación coordinada de proyectos de capacitación en las comunidades,
- ?? el desarrollo de mecanismos de pago diferenciados según las características económicas, sociales y biofísicas de las cuencas,
- ?? la urgente necesidad de intensificar esfuerzos para recuperar áreas altamente degradadas o en proceso de degradación,
- ?? además, asegurar los mecanismos para aquellos territorios privados sometidos al régimen forestal nacional y evitar su cambio de uso.

---

<sup>1</sup> Tasa recomendada por el Banco Mundial para el año 2001.

<sup>2</sup> Tasa Libor en dólares para el segundo semestre del año 2000.

## I. Introducción

En este estudio se parte de la “**premisa**”, que los servicios ambientales que ofrecen los ecosistemas forestales son una externalidad positiva para la sociedad. Esta externalidad positiva genera bienestar a la sociedad sin ser compensada. El servicio ambiental tiene la particularidad de que aunque posee un “**valor**”, este no se manifiesta en el mercado y su precio efectivo parece ser “cero”. Los ecosistemas forestales producen entre otros el servicio ambiental de protección del recurso hídrico. Este servicio o externalidad positiva la utilizan los usuarios intermedios del agua, ya sean empresas de producción hidroeléctrica -Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), Cooperativas, Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL) y Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH)- u organizaciones distribuidoras de agua potable para consumo humano -Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (ICAA), Acueductos Municipales y Rurales y entes de carácter privado-<sup>3</sup>.

La relación entre servicios ambientales y cobertura boscosa siempre ha existido, pero ahora la innovación lograda mediante la ley 7575 coadyuva al proceso de la internalización de la misma. Este proceso consiste en que los usuarios intermedios efectúen a través del Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO) el pago por el servicio ambiental a los propietarios de los ecosistemas forestales permitiendo así la internalización a través del flujo de recursos financieros. Este supuesto se basa en la “premisa” del efecto positivo de la permanencia del bosque y otros ecosistemas forestales sobre el servicio de protección del recurso hídrico.

El objetivo que guió la investigación fue **valorar en términos económicos el recurso hídrico, como reconocimiento al servicio ambiental que ofrecen los bosques privados, plantaciones forestales, y sistemas agroforestales en Costa Rica**. Adicionalmente se propuso responder a la siguiente pregunta: **¿Existe evidencia teórica y datos para afirmar que el bosque natural y las plantaciones forestales proveen un servicio ambiental de protección del recurso hídrico a los usuarios del recurso?** Con los datos obtenidos en el estudio, se pretende proveer a FONAFIFO de mayores elementos para el desarrollo de nuevos mecanismos de cobro del servicio ambiental hídrico.

Con el fin de cumplir con el objetivo planteado este estudio se dividió en tres etapas. En la primera se llevó a cabo una propuesta metodológica que incluía la selección de cuencas piloto. En la segunda etapa se recolectó y procesó la información económica, biofísica, hidrológica y social requerida para el análisis hidrológico y la posterior estimación del valor del servicio ambiental de protección del recurso hídrico que provee el bosque. En la tercera etapa se estimó un rango de montos en dólares norteamericanos por metro cúbico de agua (US\$/m<sup>3</sup>), para la producción de energía hidroeléctrica y consumo humano. El esquema general de análisis utilizado en el estudio se ilustra en la figura No.1.

La contribución principal del presente estudio yace en que combina el análisis hidrológico mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), la utilización de información primaria biofísica y económica (notablemente diferente a otros estudios), la posición de los usuarios intermedios del servicio ambiental y el análisis económico en la estimación de un monto atribuible al servicio de protección del recurso hídrico. Con los resultados logrados, se pretende contribuir a la discusión y llamar la atención sobre la necesidad de fortalecer la generación de información

---

<sup>3</sup> Existen otros usuarios del agua que no son considerados dentro del estudio como riego, producción agropecuaria, industrial, turística y comercial.

biofísica y la elaboración de estudios de valoración integral de los ecosistemas forestales como proveedores de servicios ambientales.

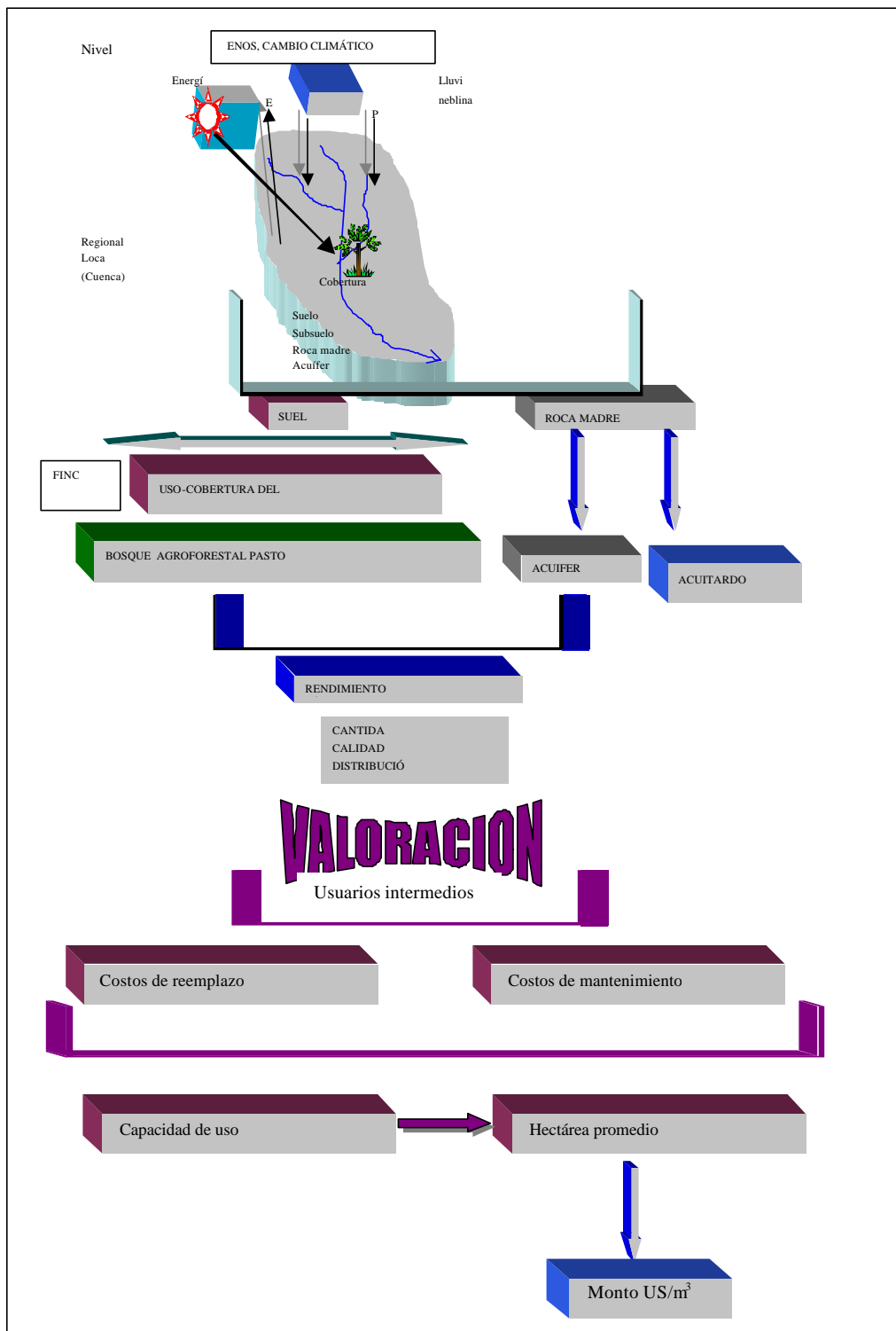
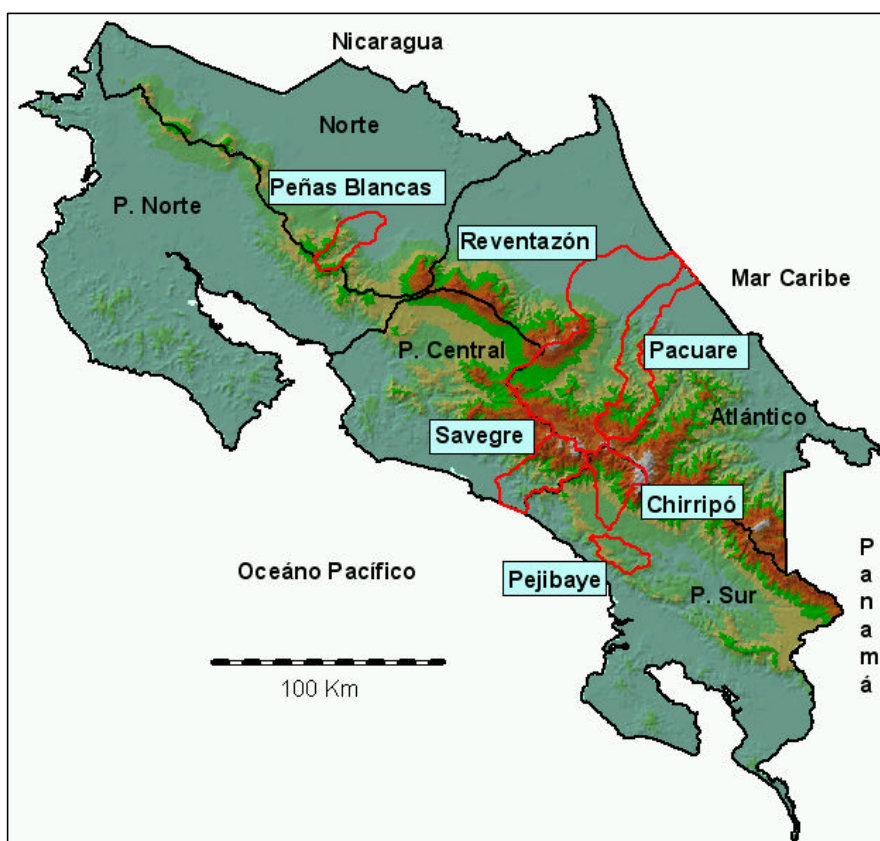


Figura No.1.: Esquema de análisis utilizado en el presente estudio

Para la elaboración del estudio el país se dividió en cinco regiones hidrológicas (Pacífico Norte, Pacífico Central, Pacífico Sur, Atlántico y Norte). Posteriormente se seleccionaron las cuencas de los ríos Savegre, Pejibaye, Reventazón-Parismina y Peñas Blancas (figura No.2) para el análisis económico y social, en tanto que para el análisis hidrológico se seleccionó además las cuencas de los ríos Chirripó y Pacuare. Las mismas se seleccionaron con base en cuatro macro-criterios:

- ?? Las condiciones existentes para la provisión de agua para consumo doméstico: se consideró el abastecimiento actual y potencial de agua, tipo de fuente, cantidad y calidad de agua utilizada<sup>4</sup>, cantidad de descarga y población.
- ?? Condiciones prevalecientes para la producción de energía hidroeléctrica: capacidad instalada actual y potencial (MW), tipo de planta e información hidrológica.
- ?? La disponibilidad de información.
- ?? Las amenazas existentes producto del sobre uso del suelo y el crecimiento de la población.



**Figura No.2: Mapa de Costa Rica, ubicación de cuencas seleccionadas por región hidrológica.**

Este documento de trabajo presenta en forma resumida los principales resultados y conclusiones obtenidos durante el desarrollo del estudio. En el documento se realiza una caracterización del área de estudio, se sintetizan los principales resultados del análisis hidrológico y económico y finalmente las principales conclusiones resultantes del proceso de investigación.

<sup>4</sup> Se refiere a los efectos en la calidad y cantidad del recurso hídrico producto de cambios en los ecosistemas forestales. Se excluye el análisis el efecto sobre el recurso producto de agentes externos al ecosistema, como contaminación producto de las actividades humanas.

## II. Caracterización del área de estudio

### Cuenca del Río Reventazón

La cuenca de Río Reventazón drena 279,565.8 has hacia el mar Caribe. Por su extensión y características topográficas<sup>5</sup>, la cuenca presenta una gran diversidad de paisajes y climas. Los suelos volcánicos y aluvionales, altamente productivos, son fácilmente erosionables por sus propiedades físicas<sup>6</sup> y el intenso uso que se ha hecho de ellos. En la parte norte de la cuenca se produce el 85% de la papa y cebolla del país, así como el 30% de la leche y carne en el ámbito nacional (ICE, 2001). La actividad agropecuaria se desarrolla sobre pendientes fuertes, sin hacer obras de conservación de suelos.

La artificialización del paisaje ha originado un proceso progresivo de degradación de los suelos y de las fuentes de agua que se encuentran contaminadas por agroquímicos y desechos domésticos (FUDEU, 1999). La erosión producto de las actividades humanas conjuntamente con los deslizamientos característicos de la parte norte hace que el embalse Cachí reciba aproximadamente un millón de toneladas de sedimentos al año y el de Angostura entre 1.5 y 2 millones de toneladas de sedimentos anuales.

El río Reventazón presenta condiciones biofísicas naturales para la producción de energía eléctrica y para el suministro de agua potable. La cuenca alta de este río genera el 32% del total de energía del país (397MW). Asimismo, aporta 18.26 m<sup>3</sup>/s de agua para fines industriales y agrícolas en el área. Adicionalmente, por medio del acueducto de Orosi, la cuenca colabora con 1.9 m<sup>3</sup>/s de agua para satisfacer las necesidades de agua potable de la ciudad de San José.

### Cuenca del Río Peñas Blancas

La cuenca del río Peñas Blancas se extiende sobre 34,365 ha en la Región Huetar Norte. Los ríos Esperanza, San Lorenzo, Caño Negro y Burro, así como alrededor de un centenar de riachuelos y quebradas, conforman la cuenca del río Peñas Blancas. Por su historia geológica, extensión, topografía y diversidad climática, la cuenca del río Peñas Blancas presenta diversos tipos de suelos y de paisajes. El Bosque Eterno de los Niños, el Bosque Nuboso de Monteverde y Reserva Biológica de San Ramón protegen la mayor parte de los territorios de la cuenca alta y media del río Peñas Blancas.

La cuenca alta y media presenta suelos volcánicos con densa vegetación que ha permitido el desarrollo de horizonte orgánico bien drenado y con abundante humedad. Características que han favorecido las actividades pecuarias, café, caña de azúcar y plantaciones forestales. En la cuenca media baja (abanicos coluviales del río y sus principales tributarios) se desarrollaron suelos rojizos con un horizonte A poco profundo. Estos suelos son fáciles de erosionar por la inclinación y las altas precipitaciones. Actualmente las actividades agropecuarias (caña de azúcar, tubérculos, plantas ornamentales y ganadería) han colaborado en los procesos de pérdida de suelos (UCR- PROIGE, 1999). Finalmente en la cuenca baja, terrazas de inundación, se ubican los suelos fértiles aluviales con horizonte A muy bien desarrollado y aptos para actividades agropecuarias.

---

<sup>5</sup> Las pendientes son muy variadas. Los valles intermontanos presentan topografía ondulada con pendientes que varía entre los 30 y 60%. Alrededor de una tercera parte de la cuenca esta formada por el macizo volcánico Irazú-Turrialba con pendientes superiores a los 60%.

<sup>6</sup> Los deslizamientos son comunes en las inclinadas pendientes como consecuencia de la alta sismicidad y características geomorfológicas muy propias de estos territorios.



Las pendientes escarpadas y pronunciadas (la mayor parte del área tiene pendientes entre 30% y 65%), la abundante humedad, altas precipitaciones, suelos altamente erosionables<sup>7</sup>, inestabilidad de los terrenos (remoción en masa), son las características físicas relevantes. De acuerdo con el mapa de capacidad de uso del suelo de Acón y Asociados (1991) el 84,5% tiene capacidad de uso para conservación y el 15,5% para uso forestal.

La cuenca del río Peñas Blancas tiene gran potencial para la producción de hidroenergía. En el año 2002 entrará en operación el Proyecto Hidroeléctrico Peñas Blancas, el cual se encuentra en la etapa final de construcción y aportará al país 35 MW<sup>8</sup>. Adicionalmente, esta cuenca suministra de agua potable, mediante acueductos rurales a las comunidades de La Tigra, Los Ángeles, San Isidro, Criques, San Gerardo, La Lucha y San Pedro, entre otras.

### **Cuenca del Río Pejibaye**

La cuenca del río Pejibaye con una extensión de 21,975 ha, es parte de la unidad físico espacial de la cuenca del río Grande de Térraba. Los suelos son moderadamente profundos, poco permeables, partes de baja fertilidad y otros sectores de fertilidad media y alta (información generada para la investigación mediante los mapas de Acón y Asociados 1991). El valle de Pejibaye se caracteriza por la producción de granos básicos y mayoritariamente el cultivo del café en las laderas, en los últimos años se ha incursionado en la producción de chile picante (Entrevista a PROPICA, 2000). El 96.8 % del área se dedica a actividades agrícolas, solo el 3.16 % (CCT/ CIEDES, 1997) de la misma está cubierta por bosques que en su mayoría corresponde a áreas dedicadas a la protección de las fuentes de agua. Aunque no se encontraron datos sobre los niveles de deterioro de estos suelos, tampoco existe evidencia escrita de que los estragos que causó el huracán Mitch no se deban en parte al cambio de uso del suelo de bosque a otros usos agropecuarios. El huracán Mitch causó daños a la infraestructura vial al igual que destruyó viviendas y campos de cultivo. Los caudales de los ríos aumentaron con gran rapidez, causaron inundaciones que pusieron en peligro a los pobladores que habitan en las cercanías del cauce del río. Se asume que una mayor cubierta vegetal hubiera servido de elemento mitigador.

Los ríos que la conforman no presentan características naturales para la producción de energía eléctrica pero si es un afluente del río General sobre el cual el ICE tiene planeado construir el proyecto hidroeléctrico de Boruca. Esta unidad territorial drena y recoge las aguas de los terrenos que la conforman y además suministra agua para uso doméstico y agrícola a las comunidades de El Águila, Zapote, Concepción, Santa Fe, Veracruz de Pejibaye, La Sierra de Pejibaye, Las Mezas, Platanares, y el poblado de mayor tamaño Pejibaye. Las tomas de agua están en las partes altas, y de allí por gravedad el agua es llevada hasta los diversos hogares. De acuerdo con los administradores de acueductos rurales (entrevista realizada en agosto, 2001), las comunidades tienen suficiente agua y de excelente calidad durante todo el año.

### **Cuenca del Río Savegre**

La cuenca del río Savegre tiene una extensión de 64,864 ha. La red hidrográfica de esta cuenca la componen un conjunto de ríos y riachuelos que nacen en la Cordillera de Talamanca y que drenan hacia el Pacífico Central. La sub-cuenca Brujo recoge las aguas de los cerros de Dota; el río División recolecta aguas procedentes del Cerro de la Muerte. El río principal, Savegre nace en la cordillera de Talamanca. En esta cuenca se encuentran diversidad de paisajes desde el nivel del mar

---

<sup>7</sup> Suelos jóvenes, poco profundos, fácilmente saturables de agua, no óptimos en su gran mayoría para actividades agropecuarias.

<sup>8</sup> Pablo Cob, Director Ejecutivo del ICE. Coloquio, mes de agosto, CINPE, Universidad Nacional.

hasta los páramos a los 3,500 metros. El clima característico de la cuenca varía entre tropical templado lluvioso y tropical lluvioso. Los suelos son mayoritariamente sedimentarios en las partes altas y medias del río, aguas abajo se identifican terrazas aluvionales y depósitos del canal del río Savegre y sus tributarios.

El paisaje de la cuenca alta y media alta está mayoritariamente protegido o en proceso de regeneración natural. La cuenca del río Savegre está protegida por la Reserva Forestal Los Santos, la Reserva Biológica Copey y Zona Protectora Cerro Nara. A partir de la cuenca media y baja se identifican actividades económicas en las laderas de las montañas que la circundan, en las terrazas y en las planicies aluviales. La producción de café es la principal actividad económica de las terrazas de la cuenca media. La ganadería de leche, especialmente para la producción de quesos<sup>9</sup>, la producción de flores, moras y otras frutas, hortalizas, y el turismo ecológico (pesca de trucha) son actividades económicas propias de la cuenca media alta y alta. La parte baja se dedica mayoritariamente a la producción de granos básicos, papaya, y ganadería de carne. A partir de la década anterior se introducen las actividades forestales como una actividad económica adicional (Reconocimiento de campo agosto 2001).

La cuenca del río Savegre por un lado provee a los diversos pueblos del recurso hídrico para satisfacer sus necesidades básicas y por otro lado tiene potencial para la producción de energía eléctrica. Las comunidades han construido acueductos rurales para llevar el agua a las casas. Las tomas de agua están en las partes altas, y de allí por gravedad el agua es llevada hasta los diversos hogares. De acuerdo con los administradores de acueductos rurales, las comunidades tienen suficiente agua y de excelente calidad durante todo el año. Las tomas proceden de los territorios protegidos por el Estado.

La cuenca alta y media alta del río Savegre y sus mayores tributarios presentan características naturales para la producción de energía hidroeléctrica. El ICE ha hecho estudios hidrológicos y tiene planeado la construcción de varios proyectos hidroeléctricos sobre la cuenca, ellos son Proyecto Hidroeléctrico Brujo I, Proyecto Hidroeléctrico Brujo II, Proyecto Hidroeléctrico Santo Tomás y Proyecto Hidroeléctrico Savegre, en su conjunto aportarían 348.6 MW.

En resumen, en este apartado se presenta la descripción general de cada una de las cuencas estudiadas. Esta información es elemental para el análisis hidrológico y económico que se presenta en las siguientes secciones.

---

<sup>9</sup> El comercio desarrollado a orillas de la carretera interamericana sur a su paso por el Cerro de la Muerte, ha creado un mercado local especializado en quesos, flores, y frutas de la región.

### III. Principales resultados de la cuantificación de los servicios ambientales hidrológicos atribuibles al bosque y plantaciones forestales

Históricamente se ha asociado la cobertura boscosa con la producción de agua cristalina en la cuenca (ausencia de sedimentos). En la cultura popular se le asigna al bosque la función de **“producir agua”** de donde se desprende que si existe bosque también existe agua. Sin embargo, la literatura científica indica que aun cuando el bosque, y en general cualquier cobertura vegetal, juega un papel importante en el movimiento del agua en la **cuenca no se le puede atribuir la función de “producir agua”**. La investigación realizada hasta la fecha en zonas tropicales indica que el bosque pueden evapotranspirar hasta 1400mm de agua en un año (esto equivale a 14.000m<sup>3</sup>/ha/año). Si el bosque fuera reemplazado por una cobertura vegetal que evapotranspirara menos agua (Ej. Pasto, cultivos) la diferencia en evapotranspiración se convertiría en un ahorro, el cual se traduciría a su vez en una mayor producción de agua en la cuenca. Aun cuando no es posible establecer un valor único para la transpiración, las estimaciones realizadas en diferentes bosques tropicales indican que dicho valor puede oscilar entre un 70 y 81% de la evapotranspiración (Schellekens, 2000).

Por otro lado, la literatura reconoce que el bosque crea un mantillo forestal, el cual protege el suelo del impacto de las gotas de lluvia, adiciona materia orgánica al suelo mineral y mantiene altas tasas de infiltración y percolación en el suelo y subsuelo. Esto permite que el agua de lluvia penetre en el suelo mineral y se mueva tanto en forma lateral (flujo sub superficial) como vertical (percolación profunda). La percolación permite crear acuíferos y estos a su vez mantienen el flujo base durante la estación seca. El acuífero funciona como un espacio tridimensional que almacena agua en forma dinámica, o sea gana y pierde agua en el tiempo. El material rocoso sin capacidad de formar un acuífero se denomina acuífugo. La capacidad de almacenar y transmitir agua del acuífero está en función del material geológico que lo conforma (Ej. Arcillas, arenas, gravas, arenisca, aluvión, etc.), de la topografía (Ej, pendiente), de la densidad y de la viscosidad del agua. En general, los acuíferos formados por gravas y arenas son los más productivos en términos de rendimiento hídrico.

La descarga media anual y estacional de una cuenca dependerá en primera instancia del patrón espacial y temporal de la precipitación (insumo) y en segundo lugar de la interacción con otros factores tales como el uso-cobertura del suelo (Ej. forestal, pasto, urbano, etc.), topografía, suelo, elevación y tamaño de la cuenca. Costa Rica recibe 159.9 Km<sup>3</sup> de lluvia, de los cuales 35% corresponden a la región Atlántica; 21.4% al Pacífico Sur; 18.0% a la región Norte; 14.5% al Pacífico Norte y 11.1% al Pacífico Central. Aun cuando se han utilizado todas las estaciones disponibles en el país para realizar los cálculos, el lector debe estar conciente de que se trata de una estimación debido a la ausencia de estaciones en la Cordillera de Talamanca y en la Zona Norte y a la alta intensidad de muestreo para la zona montañosa de la región Atlántica y Norte del país.

El bosque constituye la cobertura natural de la mayoría de las cuencas hidrográficas en Costa Rica (excepto en áreas con vegetación paramuna) y por tanto provee las condiciones naturales bajo las cuales operan los procesos hidrológicos en la cuenca. La respuesta hidrológica de la cuenca bajo cobertura forestal debe utilizarse como referencia para evaluar el impacto hidrológico de cualquier cambio en el uso-cobertura de la tierra de la cuenca.

La metodología propuesta por Holdridge (1978) para estimar la evapotranspiración actual en comunidades vegetales maduras (CVM) indicó que al reducirse la evapotranspiración aumenta la descarga esperada para la cuenca. La ganancia osciló entre un 10.7% para la cuenca del río Rivas y un 39.6% para la cuenca del río Pejibaye; ambas cuencas forman parte de la cuenca del río Grande de Térraba, Zona Pacífico Sur; sin embargo la primera tiene una precipitación media anual de 4209mm en tanto que la segunda 2320mm. Aun cuando el número de cuencas evaluadas fue pequeño (N=5), la tendencia observada indica que se esperaría una mayor ganancia porcentual en el rendimiento hídrico para aquellas cuencas con menor precipitación. Esto parece razonable ya que la vegetación puede utilizar un máximo de agua en el proceso de transpiración y el excedente pasaría a formar parte de la descarga de la cuenca (agua subterránea más descarga directa o flujo rápido). El cuadro No.1 resume el efecto esperado en el rendimiento hídrico de las cinco cuencas estudiadas como consecuencia de reemplazar el bosque maduro por un bosque secundario de 10m de altura.

**Cuadro No.1: Descarga esperada para cinco cuencas al convertir un bosque natural (CVM) en un bosque secundario (CVS) con una altura de 10m.**

Cuenca/ estación	Región	Registro (años)	Q medido (mm)*	Q estimado CVM (mm)	Q ** estimado CVS (mm)	Diferencia (%)***	Ppt (mm) Media anual*
Savegre, Providencia (No.94-29-02)	P. Central	1980- 1999	1,729±444	1,885	2,234	18.5	2596
Chirripó, Rivas(No. 98-31-08)	P. Sur	1992- 1999	3,484±716	3,465	3,835	10.7	4209
Pejibaye, Pejibaye (No. 98-31-10)	P. Sur	1971- 1995	1,402±555	1,288	1,798	39.6	2320
Peñas Blancas, Pocosol (No. 69- 14-20)	Norte	1980- 2000	4,855±665	3,635	4,106	12.9	4683
Pacuare, Pacuare (No.75-08-01)	Atlántico	1959- 2000	2,839±487	2,858	3,346	17.1	3857

\*Datos suministrados por el ICE

\*\*\*:  $((Q \text{ estimado CVM} - Q \text{ estimado CVS})/Q \text{ estimado CVM}) * 100$

+: Estimado en el presente estudio.

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados del estudio, CINPE, 2002.

Por otra parte, existen fenómenos climáticos globales tales como el ENOS (El Niño Oscilación Sur), el cual afecta los patrones de lluvia a nivel nacional; modificando a su vez la respuesta hidrológica de la cuenca y enmascarando la función reguladora del bosque y de los sistemas agroforestales en el ciclo hidrológico. En Costa Rica se ha observado que durante los años de El Niño la lluvia tiende a disminuir en la vertiente Pacífica y en áreas ubicadas por encima de los 1000 msnm en la vertiente norte y Atlántica. Por otra lado, durante los años de La Niña la lluvia tiende a aumentar en la vertiente Pacífica y a disminuir en la Zona Norte y Atlántica. Dado que la descarga de la cuenca es la diferencia entre la lluvia y la evapotranspiración y que la última bajo condiciones normales de radiación puede alcanzar un máximo de aproximadamente 1400 mm, se podría esperar un fuerte cambio en la descarga de la cuenca aun bajo cobertura forestal. Este aumento en la variabilidad natural del sistema es lo que a su vez no permite detectar cambios en descarga atribuibles a cambios en el uso-cobertura de la tierra. En el presente estudio no fue posible detectar un cambio (ganancia-pérdida) en la descarga atribuible al cambio de uso-cobertura de la tierra a pesar que se utilizaron datos de hasta más de 20 años. Se atribuye al efecto del ENOS y a los errores

en la medición de descarga la imposibilidad de detectar dicho cambio. A continuación en el cuadro No.2 se resume la relación entre la cobertura boscosa; la descarga media anual (mm) y los episodios del ENOS para las cinco cuencas estudiadas.

**Cuadro No.2: Relación entre la descarga media anual y los episodios del ENOS para diferentes grados de cobertura forestal en cinco cuencas de Costa Rica.**

Cuenca	Área (ha)	Región	Descarga (mm)				Bosque+ (%)
			Niño	Niña	Neutro	Registro	
Pejibaye Estación No. 980058.	13115	P. Central	2072**	2800**	2286**	1592	1971-80: 81-100%
Pejibaye Estación No. 980058.	13115	P. Central	1935	2432	2276	1411	1981-85: 6-10%
Chirripó Estación 983108	18970	P. Sur	2916**	4080**	3974	3484	1992-99: 67-75%
Savegre Estación 942902	12446	P. Sur	1350**	2095**	1902**	1729	1980-99: 68-84%
Peñas Blancas Estación 691420	11980	Norte	4647	5090	4884	4855	1982-2000 88 <sup>+</sup> -100%
Pacuare Estación 750801	36862	Atlántica	2707*	3042*	2803*	2839	1959-2000 96-98%

+ No se detectó una diferencia estadísticamente significativa ( $P > 0.1$ ) entre la descarga media anual de la cuenca del río Pejibaye para el periodo con y sin bosque. \*\*  $P < 0.05$  \*  $P < 0.1$  +: Cobertura mínima estimada.

Registro: Período de análisis para cada cuenca.

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados del estudio, CINPE, 2002.

La literatura hidrológica indica que el bosque mantiene tanto la capacidad de infiltración natural del suelo mineral como la tasa de percolación y favorece el flujo sub superficial en la cuenca. Sin embargo el bosque no puede modificar la porosidad efectiva de la roca madre ni su conductividad hidráulica y por ende tampoco su capacidad para formar acuíferos. En general, a mayor porosidad, mayor conductividad hidráulica y mayor producción de agua subterránea. Por tanto, áreas con escasa o nula capacidad para formar acuíferos (Ej. Rocas intrusivas) se verán muy poco beneficiadas por la presencia de bosques. Por otro lado, cuencas con material parental con una alta capacidad de almacenamiento (Ej. Material volcánico) se beneficiarán de un mayor aporte de agua infiltrada y percolada en ambientes forestales. A continuación, en el cuadro No.3 se resume la relación entre la cobertura boscosa; la descarga media anual (mm) en el periodo de estiaje<sup>10</sup> y los episodios del ENOS para las cinco cuencas estudiadas.

Los datos del presente estudio indican que el porcentaje de descarga en el periodo de estiaje tiende a disminuir conforme la cobertura de bosque aumenta desde 70% hasta 100%; en promedio se espera una reducción de 0.0679% por cada por ciento de aumento en la cobertura forestal de la cuenca. Aun cuando el resultado es consistente con la ecuación de balance hídrico y con el hecho de que el

<sup>10</sup> El periodo de estiaje corresponde al mes o meses en que la cuenca presentó la menor descarga; por esta razón varió para las diferentes cuencas.

bosque maduro evapora y transpira más agua que otro tipo de cobertura vegetal, los resultados deben considerarse como preliminares y utilizarse con precaución ya que no se utilizó el mismo periodo de análisis para todas las cuencas.

**Cuadro No.3: Relación entre la descarga media anual para el periodo de estiaje y los episodios del ENOS para diferentes grados de cobertura forestal en cinco cuencas de Costa Rica.**

Cuenca	Periodo estiaje	Área (ha)	Región	Descarga (%)				Bosque (%)
				Niño	Niña	Neutro	N	
Pejibaye Estación No. 980058	Feb_abril	13,115	P. Central	4.5	2.1	5.8	3.8	1971-80: 81 a 100%
Pejibaye Estación No. 980058	Feb_abril	13,115	P. Central	3.8	2.4	5.4	4.0	1981-85: 6 a 10%
Chirripó Estación No. 983108	Feb_mar	18,970	P. Sur	4.5	6.5	4.0	5.4	1992-99: 67 a 75%
Savegre Estación No. 942902	Mar_abr	12,446	P. Sur	6.1	5.2	4.4	5.3	1980-99: 68 a 84%
Peñas Blancas Estación No. 691420	Abril	11,980	Norte	3.6	4.0	4.5	4.0	1982- 2000 88 <sup>+</sup> a 100%
Pacuare Estación No. 750801	Marzo	36,862	Atlántica	3.4	3.8	3.8	3.7	1959- 2000 96 a 98%

+ : Cobertura mínima estimada, área parcialmente cubierta de nubes

N: indica el promedio para todo el registro

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados del estudio, CINPE, 2002.

La producción de sedimentos es un proceso complejo en el comportamiento hidrológico de la cuenca. Su tasa anual está asociada a la descarga de la cuenca y por tanto variará de año en año aún cuando la cuenca se encuentre bajo cobertura forestal (Ej. Río Pacuare). La literatura indica que la producción de sedimentos en una cuenca bajo cobertura boscosa sería la mínima esperada y por tanto podría considerarse como la tasa de erosión-sedimentación natural. Por esta razón cualquier cambio de uso-cobertura que reduzca la capacidad de infiltración y aumente la erodabilidad del sustrato tendría como consecuencia un incremento en la tasa de producción de sedimentos. Desde el punto de vista de la valoración del servicio hidrológico ambiental del bosque lo deseable es determinar el cambio en la producción de sedimentos como consecuencia del cambio en el uso-cobertura de la cuenca. Esto sería posible bajo un diseño experimental controlado y bajo el supuesto de que las otras variables que intervienen en el proceso de erosión/transporte de sedimentos se mantengan constantes ó que puedan cuantificarse. En el presente estudio se intentó aplicar dicho modelo de análisis a la cuenca del río Pejibaye; sin embargo, dado el error en las mediciones de sedimentos durante el periodo de análisis, no fue posible comprobar el supuesto de que **“a mayor cobertura de bosque”** menor descarga de sedimentos en suspensión. Los resultados indican que es necesario ampliar el estudio a otras cuencas así como evaluar en mayor detalle las variables biofísicas que intervienen en el proceso de erosión/transporte de sedimentos. En el caso de la

cuenca del río Pejibaye los bosques remanentes se encuentran a las orillas de los ríos y formando sistemas agroforestales. Es posible que esta configuración del paisaje atenúe el movimiento de los sedimentos y estos no alcancen el cauce del río. A continuación en el cuadro No.4 se resume la relación entre la cobertura boscosa; la descarga media anual (mm) y carga de sedimentos en suspensión para las cinco cuencas estudiadas. Incluyendo dos períodos para la cuenca Pejibaye, uno con bosque (1971-80) y otro sin el (1981-95).

**Cuadro No.4: Carga de sedimentos en suspensión (SS) para cuatro cuencas en Costa Rica y su relación con la cobertura forestal (%) y la descarga de la cuenca (mm).**

Cuenca	Área (Has)	Periodo	Q(mm)	S. S. (t/mm/km <sup>2</sup> )	Cobertura bosque(%)
Pejibaye. Estación Pejibaye No. 983110	13,110	1971-80	1,592	102	80-100
Pejibaye. Estación Pejibaye No. 983110	13,110	1981-95	1,275	70	6-10
Savegre. Estación Providencia No. 942902	12,450	1980-92	1,606	41	68-84
Peñas Blancas. Estación Poco Sol No. 691420	11,980	1986-2000	4,837	129	88-100
Pacuare. Estación Pacuare No. 750801	36,862	1968-91	2,793	149	96-98

*Fuente: Elaboración propia con base en los resultados del estudio, CINPE, 2002.*

El análisis de la carga de sedimentos en suspensión por episodios del ENOS indicó que existe una tendencia a generar una mayor carga de sedimentos durante los años de la Niña que durante los años de El Niño ( $P < 0.05$ ) para las cuencas ubicadas en las Regiones Pacífico Central y Sur pero no para las cuencas ubicadas en las Regiones Atlántica y Norte. Esta relación se explica en parte por la mayor descarga observada durante los años de la Niña en las cuencas ubicadas en la vertiente del Pacífico. Dado el impacto del ENOS en los patrones de precipitación parece que la cobertura forestal ejerce una influencia limitada en la producción de sedimentos de las cuencas ubicadas en el Pacífico, Central y Sur Pacífica de Costa Rica.

En resumen, con la información biofísica disponible se logra comprobar sólo parcialmente el servicio ambiental que brindan los ecosistemas forestales, aunque existe cierta incertidumbre, es posible continuar con el ejercicio de calcular el costo de mantener el servicio ambiental, cuyos resultados se presentan a continuación.

## IV. Principales resultados de la valoración del servicio ambiental de protección del recurso hídrico

La valoración del servicio ambiental de protección del recurso hídrico, se hace mediante la combinación de **costos de reemplazo y costos de mantenimiento**, ambos métodos de valoración económica. La metodología de costos de reemplazo se basa en el supuesto que los costos incurridos en reemplazar la principal actividad productiva en cada una de las cuatro cuencas seleccionadas por actividades forestales, es medible y por lo tanto dicho costo puede ser determinado en forma indirecta mediante el uso de precios de mercado. Además, se aproxima el costo de restablecer el activo dañado a las condiciones naturales. A través del método de costos de mantenimiento se pretende valorar el conjunto de condiciones fundamentales de protección ambiental, que permita cumplir con un estándar mínimo de calidad ambiental de la cuenca.

Los costos de reemplazo y mantenimiento del bosque y las plantaciones forestales para cada una de las cuatro cuencas se determina a través de la construcción de un escenario basado en el **cambio de la situación actual a la situación deseada**<sup>11</sup> para un período de veinte años. Este escenario se plantea con el propósito de estimar los costos que implicaría ese cambio. Para ello, se estima el valor para una “hectárea promedio”. Este supuesto se basa en el criterio que las áreas sobre utilizadas serán reemplazadas por bosque, según la capacidad de uso del suelo y no se cambiará el uso de las áreas con bosque, sino que éstas se mantendrán en el tiempo.

El valor de la hectárea promedio se determina mediante la ponderación de las variables incluidas en la estimación de los costos de reemplazo y mantenimiento a través de factores basados en la modalidad de uso del suelo ( $W_i$ ). El valor de la hectárea “promedio” corresponde al valor aproximado del servicio ambiental de protección del recurso hídrico por hectárea ( $VRH_i$ ) (ecuación 1 y 2). Los costos de reemplazo ( $CR_{X_i/B_i}$ ) se componen, primero, por el costo de oportunidad ( $CO_{X_i/B_i}$ ) de la sustitución de la actividad agropecuaria predominante por bosque. Segundo, los costos de establecimiento de plantaciones forestales ( $CE_{PF_i}$ ) en las áreas sobre utilizadas por actividades agropecuarias. Los costos de mantenimiento del bosque por hectárea ( $CM_{B_i}$ ) se estiman a través del cálculo de los costos de mantenimiento de las plantaciones forestales ( $CM_{PF_i}$ ), el costo de protección del bosque ( $CP_{B_i}$ ) y finalmente los costos en educación ambiental ( $CEA_i$ ).

Los factores de ponderación  $W_1, W_2, W_3, W_4$ , varían en cada cuenca en función de la capacidad de uso del suelo,  $i = 1...4$ , en donde 1 = cuenca del río Reventazón, 2 = cuenca del río Pejibaye, 3 = cuenca del río Savegre y 4 = cuenca del río Peñas Blancas.

El valor del servicio ambiental de protección del recurso hídrico ( $VRH_i$ ) se estima mediante la aplicación de la siguiente ecuación:

$$VRH_i = CR_{X_i/B_i} + CM_{B_i} \quad (1)$$

$$VRH_i = CO_{X_i/B_i} W_1 + CE_{PF_i} W_2 + CM_{PF_i} W_2 + CP_{B_i} W_3 + CEA_i \quad (2)$$

<sup>11</sup> Situación deseada consiste en que los suelos son utilizados de acuerdo a su capacidad de uso, con base en el mapa de modalidad de uso. Elaborado en el presente estudio a partir de los mapas de Acón y Asociados (1991) y uso de cobertura del suelo para 1997/98 (IMN-SINAC, 2000).



El monto ( $M_{SAPRH}$ ) por cuenca, para el cobro del servicio ambiental de protección del recurso hídrico es producto de la aplicación de la ecuación 3.

$$M_{SAPRH_i} = \frac{VRH_i}{Q_i} \quad (3)$$

En donde,

$M_{SAPRH_i}$  = Monto del servicio ambiental de protección del recurso hídrico para la cuenca  $i$  en US\$/m<sup>3</sup>.

$VRH_i$  = Valor del servicio ambiental de protección del recurso hídrico por cuenca  $i$  en US\$/ha/año

$Q_i$  = Descarga media anual por cuenca en m<sup>3</sup>/ha/año

Se estiman los valores actuales netos (VAN), para cada una de las variables. Este valor se actualiza para un período de veinte años, con el índice de precios al consumidor, en dólares, año base 1983. Posteriormente, se efectúa un análisis de sensibilidad con la tasa de descuento recomendada por el Banco Mundial de 9.8% y la tasa Libor<sup>12</sup> a 6 meses correspondiente a diciembre del 2000 de 6.2%.

### **Estimación del Costos de oportunidad**

El costo de oportunidad se estima para cada una de las cuatro cuencas. Este corresponde al mejor uso alternativo del suelo de la actividad agropecuaria predominante. Es decir, a la principal actividad productiva desde el punto de vista económico que renunciarían los habitantes de la cuenca, por sustituir su principal actividad productiva por bosque. En las cuencas de los ríos Pejibaye y Savegre la actividad agropecuaria identificada como predominante es café. En la cuenca del río Reventazón por ser una cuenca compleja con diversidad de actividades agropecuarias, se estima el costo de oportunidad para dos de las principales actividades que son ganadería de leche y café. En el caso de la cuenca del río Peñas Blancas la actividad principal es ganadería de doble propósito.

En el cuadro No.5, se presenta el resumen de resultados correspondientes a la estimación del costo de oportunidad en las cuatro cuencas seleccionadas. El costo de oportunidad estimado con la tasa de descuento de 9.8%<sup>13</sup>, en la cuenca del río Reventazón en Ganadería por bosque es de 320 US\$/ha/año y en café/bosque es de 74 US\$/ha/año. En la cuenca del río Pejibaye es de 214 US\$/ha/año, en la cuenca del río Savegre es de 776 US\$/ha/año y en la cuenca del río Peñas Blancas en ganadería de doble propósito por bosque es de 142 US\$/ha/año.

---

<sup>12</sup> Datos tomados de la Bolsa Nacional de Valores de Costa Rica (2001). Página Web: [www.capitales.com](http://www.capitales.com)

<sup>13</sup> Tasa recomendada por el Banco Mundial para proyectos de desarrollo.

**Cuadro No.5. Costo de oportunidad estimado del bosque y plantaciones forestales para las cuencas de los ríos Pacuare, Pejibaye, Savegre y Peñas Blancas**

Cuenca	Actividad Predominante	VAN (9.8%) (US\$/ha/año)	VAN (6.2%) (US\$/ha/año)
Río Reventazón	Ganadería leche	320	440
	Café	74	102
Río Pejibaye	Café	214	295
Río Savegre	Café	776	1,068
Río Peñas Blancas	Ganadería de doble propósito	142	196

*Fuente: Elaboración propia con base en los resultados del estudio, CINPE, 2002.*

En relación con los resultados obtenidos con la tasa Libor a 6 meses de 6.2% (dic. 2000), se puede observar como el valor actual neto para cuenca es altamente sensible a cambios en la tasa de interés. Estos se incrementaron en aproximadamente un 38% en comparación con los valores obtenidos con la tasa de descuento de 9.8%. Estos valores muestran los valores máximos y mínimos que los productores deberían recibir con el objetivo de renunciar a su principal actividad económica en cada una de las cuencas.

### **Costos de establecimiento y mantenimiento para plantaciones forestales y protección del bosque**

Se consideran los costos de establecimiento y mantenimiento de proyectos bajo la modalidad de plantaciones y protección del bosque (Programa de Servicios Ambientales). Con base en el mapa de modalidad de uso del suelo de cada cuenca se determinan las áreas que deberían ser reforestadas y las que se encuentran bajo bosque y que deben ser protegidas. En este sentido, se estiman los costos para el establecimiento y mantenimiento de plantaciones forestales y los costos de proteger las áreas con bosque. Estos costos se estimarán con base en el estudio elaborado por Gómez y Reiche (1996) y Alfaro y Villamizar (1998) y los costos de protección del bosque se determinan con base en los costos establecidos en el Manual de Procedimientos del Programa de Servicios Ambientales (1999), para fincas de 100 ha.

Los costos para el establecimiento y mantenimiento de plantaciones, corresponden a las áreas en las cuatro cuencas que deben ser reemplazadas en función de su capacidad de uso a actividades forestales, que en este caso son áreas a reforestar. En el caso de protección, se estimó el costo de conservar las áreas con bosque en cada una de las cuencas por un periodo de 20 años. En ambos casos se estiman los valores actuales netos en dólares a las mismas tasas de descuento indicadas. En el cuadro No. 6 se indican los resultados obtenidos.

**Cuadro No.6: Valores actuales netos de los costos de establecimiento y mantenimiento de plantaciones forestales. En US\$/ha/año**

Cuencas	Plantaciones		Protección		Total	
	(9.8%)	(6.2%)	(9.8%)	(6.2%)	(9.8%)	(6.2%)
Reventazón	78	90	9	10	87	100
Pejibaye	76	88	9	10	85	98
Peñas Blancas	78	89	9	10	87	99
Savegre	79	89	9	10	88	99

*Fuente: Elaboración propia con base en los resultados del estudio, CINPE, 2002.*

## Costos programa de educación ambiental

La estimación de los costos para el desarrollo de un programa de educación ambiental se realizó con base en la experiencia de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL) en la cuenca del río Virilla, a través del Plan de Mejoramiento de la Parte Alta de la Cuenca del Río Virilla (PLAMA-Virilla). En el cálculo se consideró como elemento clave para mantener a lo largo del tiempo el uso correcto del suelo, aumentando la capacitación y cambiando la cultura actual. Con base en esta experiencia se estimó un costo promedio para una escuela típica, en la cual se conforman “clubes ecológicos”.

**Cuadro No.7: Valores actuales de los costos de educación ambiental para río Pacuare, Savegre, Pejibaye y Peñas Blancas.**

Cuenca	VAN de los costos de educación ambiental (US\$/ha/año)	
	(9.8 %)	(6.2%)
Río Reventazón	1	2
Río Savegre	2	3
Río Pejibaye	5	7
Río Peñas Blancas	2	3

*Fuente: Elaboración propia con base en los resultados del estudio, CINPE, 2002.*

En el cuadro No.7, se presentan los resultados correspondientes a los valores actuales netos promedios en dólares, por hectárea y por año, que deberían invertirse en la implementación de un programa de educación ambiental en las cuatro cuencas. Los detalles del cálculo se presentan en el documento.

## Resultados finales

En el cuadro No.8 se presenta un resumen de los resultados, producto del análisis hidrológico y económico. Se estima un valor para el servicio ambiental de protección del recurso hídrico (US\$/ha/año) y a partir de la descarga media anual para cada cuenca (m<sup>3</sup>/ha), se determina un monto por el servicio ambiental de protección del recurso hídrico<sup>14</sup>.

**Cuadro No.8: Resumen de resultados de la estimación del valor del servicio ambiental de protección del recurso hídrico (VRH) y montos por cuenca US\$/ha/año y US\$/m<sup>3</sup>**

VRH	Reventazón	Pejibaye	Peñas Blancas	Savegre
VAN (9.8%) US\$/ha/año	133	176	100	138
VAN (6.2%) US\$/ha/año	183	237	136	185
VRH promedio US\$/ha/año	158	207	118	162
Monto (r=9.8%) (US\$/m <sup>3</sup> )	0.006	0.014	0.003	0.005
Monto (r=6.2%) (US\$/m <sup>3</sup> )	0.008	0.019	0.004	0.007
Monto promedio (US\$/m <sup>3</sup> )	0.007	0.016	0.003	0.006

*Fuente: Elaboración propia con base en los resultados del estudio, (CINPE, 2002)*

<sup>14</sup> De esta forma se reconoce la importancia del bosque como proveedor de servicios ambientales.

En el caso de la cuenca del río Reventazón, el VRH estimado es de 133 US\$/ha/año a una tasa del 9.8% y 183 US\$/ha/año al 6.2 %, para un promedio de 158 US\$/ha/año. Esta cuenca cuenta con características particulares (aspectos geográficos, económicos y sociales)<sup>15</sup>, que la hacen compleja para su análisis. Además, es una de las cuencas de mayor importancia para la producción de energía hidroeléctrica y abastecimiento de agua potable para el Gran Área Metropolitana. Pero este valor refleja el rango de inversión anual necesaria por hectárea para el mantenimiento del servicio ambiental de protección del recurso hídrico para los dos usos considerados.

Los valores estimados para la microcuenca del río Pejibaye, de 176 ( $r^{16}=9.8\%$ ) y 237 US\$/ha/año ( $r=6.2\%$ ) y un valor promedio de 207 US\$/ha/año, indica el alto nivel de inversión requerido para recuperar la microcuenca con el objetivo de mantener el servicio ambiental de protección del recurso hídrico, debido a los niveles de transformación del paisaje que presenta el área. En el caso de Peñas Blancas los valores obtenidos son de 100 ( $r=9.8\%$ ) y 136 ( $r=6.2\%$ ) US\$/ha/año y reflejan el hecho que es un área donde prácticamente toda la parte alta se encuentra bajo cobertura boscosa y parte de la cuenca media y baja esta siendo utilizada de acuerdo a la capacidad de uso del suelo en ganadería de doble propósito. Esta actividad es bastante rentable para los habitantes de la cuenca, por lo tanto el nivel de sacrificio es medianamente alto.

Por último, en el caso de la cuenca del río Savegre, se estimó valores entre 138 ( $r=9.8\%$ ) y 185 ( $r=6.2$ ) US\$/ha/año y un promedio de 162 US\$/ha/año. A pesar que gran parte del área se encuentra bajo condiciones naturales (66.6% área protegida), es un área muy productiva (altos rendimientos) para la producción de actividades agrícolas como café, lo que hace que el costo de reemplazar y mantener el bosque sea alto, esto con el propósito de compensar a los productores que contribuyen al mantenimiento del servicio ambiental.

El estudio provee un rango de montos los cuales son congruentes con las características presentes en cada cuenca como se indica en el cuadro No.8. El valor mínimo promedio estimado correspondiente a la cuenca del río Peñas Blancas es de 0.003 US\$/m<sup>3</sup> (0.9 ? /m<sup>3</sup>) y un valor máximo promedio de 0.016 US\$/m<sup>3</sup> (4.9 ? /m<sup>3</sup>) para la cuenca del río Pejibaye. En el caso de Reventazón el monto determinado como máximo es de 0.008 US\$/m<sup>3</sup> y el mínimo es de 0.006 US\$/m<sup>3</sup> para un valor promedio de 0.007 US\$/m<sup>3</sup> (2.2 ? /m<sup>3</sup>). Por último, los datos estimados para la cuenca del río Savegre son como máximo 0.007 y como mínimo 0.005 US\$/m<sup>3</sup> para un promedio de 0.006 US\$/m<sup>3</sup> (0.9 ? /m<sup>3</sup>)<sup>17</sup>.

En el informe metodológico se planteó la posibilidad de establecer montos diferenciados para consumo doméstico y para producción de energía. No obstante, durante el desarrollo del estudio se determinó que la cantidad de descarga anual promedio estimada, es la cantidad de recurso hídrico disponible en cada cuenca para ambos usos y además no son excluyentes. Este estudio ofrece resultados producto de una valoración por el lado de la oferta del servicio ambiental. En este sentido, es recomendable la elaboración de un estudio de valoración integral de la demanda del servicio, con el fin de determinar los montos de equilibrio y una política congruente con esta información.

Los resultados del estudio indican que los montos determinados por el servicio ambiental, definido para los usuarios intermedios, debería estar en función de las características propias de cada cuenca. Sin embargo, el rango de valores estimados ofrecen la posibilidad de establecer montos

---

<sup>15</sup> Se describen las características sociales y biofísicas en las secciones I y II del Informe final de resultados. CINPE,2002.

<sup>16</sup>  $r$  = tasa de descuento.

<sup>17</sup> Se utilizó el tipo de cambio promedio del 2000 en 308.18 colones por dólar.

diferenciados por vertiente (Pacífico/Atlántico/Norte) y cuenca, ya que estos valores pueden ser la base para negociaciones con usuarios del servicio ambiental de protección del recurso hídrico en otras cuencas del país con características similares. Si se desea operacionalizar este cobro es necesario ahondar en un mayor nivel de detalle en cada caso particular y diseñar la política por cuenca, por vertiente o nacional correspondiente.

## V. Conclusiones generales

1. La descarga media anual y estacional de una cuenca dependerá en primera instancia del patrón espacial y temporal de la precipitación (insumo) y en segundo lugar de la interacción con otros factores tales como el uso-cobertura del suelo (Ej. forestal, pasto, urbano, etc.), topografía, suelo, elevación y tamaño de la cuenca.
2. A partir de los resultados obtenidos del análisis hidrológico efectuado en el presente estudio, se puede afirmar lo siguiente:
  - ∞ ∞ El fenómeno del ENOS tiene una profunda influencia en el comportamiento hidrológico de la cuenca. De las cinco cuencas estudiadas, el rendimiento hídrico para cuatro de ellas fue superior durante los años de La Niña e inferior para los años de El Niño.
  - ∞ ∞ Los datos indican que las cuencas ubicadas en las regiones Pacífico Central y Sur del país tendrán una mayor escorrentía durante los años de la Niña que durante los años de El Niño; independientemente del porcentaje de cobertura forestal de la cuenca.
  - ∞ ∞ La cuenca, con o sin bosque, tiende a generar una mayor descarga anual en aquellos años en que recibe mayor precipitación. Durante los años de La Niña se observó mayor descarga en 4 de las 5 cuencas estudiadas.
  - ∞ ∞ La descarga de estiaje (estación seca) proviene del agua almacenada en la cuenca durante el periodo de lluvia. Aun cuando en Costa Rica dicho periodo varía para las diferentes regiones hidrológicas del país, en el presente estudio se utilizó la descarga del mes de marzo, Abril ó los meses de febrero-marzo ó marzo-abril como sinónimo de periodo de estiaje. Un mejor indicador de la descarga en dicho periodo podría ser la descarga mínima en 7 días; este aspecto, consideramos debería ser investigado en un futuro trabajo.
  - ∞ ∞ Desde el punto de vista del movimiento del agua en la cuenca, la descarga base responde a variables tales como la precipitación (distribución y cantidad), elevación de la cuenca, geología y patrones de uso-cobertura del suelo. La cobertura forestal mantiene las condiciones naturales de infiltración y percolación del suelo; sin embargo no puede alterar la capacidad de almacenamiento de agua la roca madre. Por ejemplo, cuencas con material parental poco poroso (Ej. rocas intrusivas) no se verán beneficiadas con un mayor aporte de agua percolada en ambientes forestales.
3. Los datos del presente estudio indican que el porcentaje de descarga en el periodo de estiaje tiende a disminuir conforme la cobertura de bosque aumenta desde 70% hasta 100%; sin embargo solo la regresión para la totalidad del registro fue significativa ( $P < 0.05$ ); no se detectó una tendencia significativa ( $P > 0.1$ ) ni para los años de La Niña ni para los años de El Niño. La ecuación indica que en promedio se espera una reducción de 0.0679% por cada por ciento de aumento en la cobertura forestal de la cuenca. En el presente trabajo no se han detectado cambios significativos en la producción de sedimentos en suspensión de las cuencas Pejibaye, Providencia, Peñas Blancas y Pacuare. La interacción entre la cobertura vegetal de las cuencas, los patrones de precipitación, el sustrato, la pendiente y la presencia de eventos naturales extremos tales como sismos y eventos meteorológicos extremos (Ej. huracanes y tormentas tropicales) no permitieron detectar el efecto benéfico que ejerce el bosque al mantener la tasa natural de producción de sedimentos de la cuenca.

4. El análisis de la carga de sedimentos por episodios del ENOS indicó que existe una tendencia a generar una mayor carga de sedimentos durante los años de la Niña que durante los años de El Niño ( $P < 0.05$ ) para las cuencas ubicadas en las Regiones Pacífico Central y Sur pero no para las cuencas ubicadas en las Regiones Atlántica y Norte. Esta relación se explica en parte por la mayor descarga observada durante los años de la Niña en las cuencas ubicadas en la vertiente del Pacífico. Dado el impacto del ENOS en los patrones de precipitación parece que la cobertura forestal ejerce una influencia limitada en la producción de sedimentos de las cuencas ubicadas en la vertiente Pacífica de Costa Rica. Se recomienda ampliar el estudio a otras cuencas de Costa Rica para determinar si el patrón observado en las cuatro cuencas analizadas se mantiene.
5. La distribución espacial del recurso hídrico en el país se encuentra bien definida. Existen estudios que definen el potencial hidrológico de cada una de las cuencas tanto para producción de energía como para el abastecimiento de agua para consumo humano y otros usos:
  - ≠ Los principales usos del agua en las cuencas de los ríos Reventazón, Peñas Blancas, Pejibaye y Savegre son, la producción de energía hidroeléctrica y suministro de agua potable a pequeñas comunidades circundantes, con excepción de la cuenca del río Reventazón que aporta 1.9 m<sup>3</sup>/segundo de agua para la ciudad de San José. Asimismo, la cuenca Reventazón aporta 220 MW a la red energética nacional, Peñas Blancas aportará a partir del año 2002, 35 MW y la cuenca Savegre tiene potencial para aportar 348.6 MW en el mediano plazo. Igualmente, estas cuencas y la del río Pejibaye actúan como recolectoras y retenedoras de agua procedente de las precipitaciones, colaborando así con los procesos físicos naturales de infiltración y luego con afloramiento de fuentes hídricas. Un conglomerado de pueblos y pequeñas comunidades rurales dependen de estas cuencas para satisfacer sus necesidades de agua para consumo humano.
  - ≠ Las comunidades de las diversas cuencas, con excepción de Pejibaye que su acueducto es administrado por ICAA, han construido su propio acueducto. En las cuencas bajo estudio las comunidades se organizaron para colaborar en la construcción primero y luego administración del acueducto. Los acueductos rurales son administrados por una junta administrativa de acueducto rural, nombrada por los vecinos, e integrada por lugareños, quienes hacen su trabajo de manera voluntaria, sin remuneración alguna. Las juntas administradoras de acueductos rurales tienen la responsabilidad del suministro de agua a la comunidad, a la vez que dar mantenimiento al acueducto, así como a la protección de las fuentes de agua.
  - ≠ El estudio demuestra la urgente necesidad de intensificar esfuerzos para recuperar aquellas áreas altamente degradadas, o en proceso de degradación, evitar el sobre-uso del suelo en laderas y suelos poco desarrollados, así como asegurar los mecanismos para que aquellos territorios privados sometidos al régimen forestal nacional continúen en este estado y evitar su cambio de uso.
  - ≠ Las condiciones topográficas favorecen y facilitan el suministro de agua a los hogares. Los acueductos de las diversas cuencas trabajan por gravedad con la excepción del acueducto de Savegre que lo hace por bombeo. Aunque el 91% de las comunidades no tienen problemas con el suministro de agua en la actualidad, los administradores de acueductos reconocen que en época seca se disminuye el recurso. También reconocen que por problemas de calidad las tomas se hacen en nacientes muy pequeñas no contaminadas. El mantenimiento se dificulta porque por lo general el número de abonados es muy pequeño, entre unos pocos

vecinos deben mantener el acueducto en buen estado para asegurarse el suministro de agua potable hasta sus hogares.

☒ ☒ De acuerdo con el trabajo de campo (agosto 2001), las juntas administradoras de acueductos rurales en las cuencas del Reventazón y Pejibaye tienen claro la urgente necesidad de iniciar el trabajo en protección de las fuentes de agua y recuperación de terrenos degradados. Asimismo, continuar con la protección de aquellos terrenos protegidos por el régimen forestal nacional. Sin embargo, de acuerdo con ellos, solo se protege “una ronda” porque las juntas administradoras no tienen recursos para comprar terrenos de los alrededores del “ojo de agua”.

6. Es importante la implementación coordinada de proyectos de concientización sobre PSA en áreas de importancia hidrológica tanto para producción de energía como para consumo humano.

☒ ☒ Los miembros de las juntas tienen muy buenas intenciones y saben que el agua es un recurso muy valioso, el conocimiento sobre protección fuentes y tomas de agua es un conocimiento empírico transmitido de generación en generación. Ellos relacionan de manera directa la disponibilidad y cantidad de agua con los bosques existentes. De los entrevistados solo el 37.5% dicen saber conocer el significado de servicios ambientales. El 91% dice no haber escuchado sobre el término PSA.

☒ ☒ Los usuarios en las comunidades visitadas pagan entre 2.3 US\$ y 4.3 US\$ mensuales por el servicio de agua. Algunos han hecho importantes inversiones en medidores, sin embargo la gran mayoría no cuentan con los instrumentos (medidores y educación ambiental) para regular el uso del recurso. De acuerdo con los entrevistados el medidor es un instrumento de regulación, el medidor enseña a los usuarios que el agua no es un recurso totalmente libre.

7. En el proceso de desarrollo del estudio se identificó la necesidad de mejorar los mecanismos de coordinación interinstitucional entre FONAFIFO y otras instituciones gubernamentales centralizadas y descentralizadas.

☒ ☒ Una de las principales limitaciones consideradas dentro del estudio consecuencia de la falta de coordinación, es la dificultad en el acceso a la información disponible debido a tres factores los cuales son información dispersa o no existente, información con bajos niveles de confianza e información asimétrica.

☒ ☒ Mejores mecanismos de coordinación permitirán un mejor aprovechamiento y distribución de los recursos disponibles para el desarrollo de proyectos de pago de servicios ambientales a nivel local y nacional, evitando así la duplicidad de funciones.

8. Los resultados del estudio permitieron la determinación de un rango de montos por metro cúbico de agua por hectárea para cuatro cuencas de Costa Rica. En promedio los montos estimados son de 0.003 US\$/m<sup>3</sup> para la cuenca del río Peñas Blancas, 0.006 US\$/m<sup>3</sup> para la cuenca del río Savegre, 0.007 US\$/m<sup>3</sup> para la cuenca del río Reventazón y 0.016 US\$/m<sup>3</sup> para la cuenca del río Pejibaye. En la determinación de estos montos se efectuó un análisis hidrológico y económico de la oferta del servicio ambiental, de acuerdo a la importancia hidrológica de cada una de las cuencas para la producción de energía hidroeléctrica y para el consumo humano.

☒ ☒ Estos montos estimados corresponden a una aproximación del valor de servicio ambiental de protección del recurso hídrico. El mismo puede usarse como mecanismo de negociación



para el cobro de este servicio ambiental a los entes públicos o privados de distribución del recurso hídrico para consumo humano y para producción de energía hidroeléctrica. Los resultados indican que los montos en definitiva están en función de las características biofísicas, económicas y sociales imperantes en cada cuenca, por ello es importante definir políticas sobre el establecimiento de un cobro diferenciado en el país por cuenca o por región (vertiente) o bien una política nacional.

≈ ≈ Este estudio en primera instancia ofrece los elementos para continuar con los procesos de negociación de acuerdos voluntarios con organizaciones privadas y gubernamentales, bajo el principio **“el que se beneficia paga”** con el fin de proveer los recursos financieros suficientes para la consolidación del sistema de pago de servicios ambientales en Costa Rica. El estudio se basa en la “oferta” del servicio ambiental de protección del recurso hídrico, pero es importante el desarrollo de un estudio complementario de la demanda del servicio ambiental, con el fin de estimar valores consensuados.

9. Es necesario el fortalecimiento de la legislación existente, en torno a la creación de un mecanismo de cobro del servicio ambiental de protección del recurso hídrico.

≈ ≈ La legislación existente (Ley Forestal 7575) faculta a FONAFIFO para el cobro de los servicios ambientales. Pero a pesar de que se ha avanzado en el establecimiento de convenios voluntarios con empresas hidroeléctricas privadas, no se cuenta con una legislación que permita la implementación de nuevos mecanismos de cobro que coadyuven a la consolidación del sistema de pago de servicios ambientales.

10. Los resultados del estudio indican la importancia de establecer criterios para la priorización de las áreas para el pago de servicios ambientales, de acuerdo a las características biofísicas, hidrológicas, económicas y sociales existentes en cada una de las cuencas.

## VI. Bibliografía consultada

Abad, Carlos (1997). Métodos e instrumentos de valoración económica de bienes y servicios ambientales: el caso de España.

Acón y Asociados (1991). Manual descriptivo de la leyenda del mapa de asociaciones de subgrupos de suelos de Costa Rica Escala 1:200.000. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria. San José, Costa Rica.

Alfaro M. y Villamizar M. (1998). Análisis financiero para una hectárea de *Tectona grandis*. RNT S.A. Costa Rica.

Aylward, Bruce Allan (1998). Economic valuation of the downstream hydrological effects of land use change: large hydroelectric reservoirs. Degree at doctor of philosophy, The Fletcher School of Law and Diplomacy. London.

Azqueta Oyarzun, Diego (1995). Valoración Económica de la Calidad Ambiental. McGraw-Hill/Interamericana de España S.A. España.

Barrantes Gerardo y Edmundo Castro (1999). Estructura tarifaria hídrica ambientalmente ajustada: internalización del valor de variables ambientales. SEED. Estudio elaborado para Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH).

Berru, W. A. (1980). Evaluación de la escorrentía superficial y la erosión en un pastizal con árboles aislados en la Suiza, Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. CATIE. Costa Rica.

Bruijnzeel, L. A. (1990). Hydrology of tropical moist forest and effects of conversion: A state of knowledge review. UNESCO, Paris, and Vrije Universiteit, Amsterdam.

Bruijnzeel, L. A. y Hamilton, L. S. (2000). Decisión time for cloud forests. Water-related issues and problems of the Humid Tropics and other warm humid regions. IHP Humid Tropics Programme Series No. 13. pp. 27-30.

Castro Edmundo y Gerardo Barrantes (1998). Valoración económico ecológico del recurso hídrico en la cuenca Arenal: el agua un flujo permanente de ingreso. Estudio elaborado para el Area de Conservación Arenal (ACA). San José.

Cortés, V. M.; Oconitrillo, G y Brenes, L. G. (1987). Cálculo de la tasa de erosión hídrica en Cot y Tierra Blanca de Cartago. Informe Final proyecto de investigación 214-85-083. Departamento de Geografía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

CT Energía SA. (2000). Análisis del impacto de la conservación de bosque en la generación hidroeléctrica. Agosto 2000. 81p.

Cubero Gilberto,(2000). Modelo de costos de producción de café. Centro de Investigaciones en Café (CICAFE), Marzo.

DataMost. (1994). StatMost for windows. Statistical Análisis and graphics. User-s manual. DataMost Corporation. Salt Lake City, UT, USA.290p.

Dixon John, Richard Carpenter, Louise Fallon, Paul Sherman y Supachit Manipomoke (1992). Economic analysis of the environmental impacts of development projects. Earthscan Publications Limited-London in association with The Asian Development Bank-Manila.

Echeverría Jaime, Bruce Aylward y Ina Porras (1997). Externalidades de la ganadería en la cuenca del río Chiquito, Arenal, Costa Rica. CREED. CCT-CINPE-IIED. Nota Técnica No.10. Edited by Speidel and others through Oxford University Press, New York

Ekins Paul (1999). Key issues in environmental economics. Draft paper. International Symposium valuation of nature and environment. Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences The Trippnhuis. Amsterdam.

ESRI. (1996). ArcView Spatial Analyst. Advanced Spatial Analysis Using Raster and Vector Data. Using ArcView Spatial Analyst. Environmental Systems Research Institute. USA. 118p.

Fallas, J. (1996). Cuantificación de la intercepción en un bosque nuboso Mte. De los Olivos, Costa Rica. Cuenca del Río Chiquito. CREED Costa Rica; Nota Técnica No. 6. CCT-CINPE-IIED. 37p.

Fallas, J. (2000). Comparación de dos métodos de interpolación para elaborar un modelo digital de elevación a partir de curvas de nivel a escala 1:200.000 para Costa Rica. Trabajo presentado en la XVIII Semana Cartográfica de América Central. 4-7 septiembre 2000. San José, Costa Rica. 28p.

Fundación para el Desarrollo Urbano (1999). Diagnóstico de la Gestión Ambiental del Subsector Aguas. Gobierno de Suecia, Fundación MacArthur y Fundación Ford; San José, Costa Rica.

George, R. K. ; Waylen; P. Y Laporte, S. (1998). Interannual variability of annual streamflow and Southern Oscillation in Costa Rica. Hydrological Sciences Journal, vol. 43(3):409-424.

Gómez Manuel y Carlos Reiche (1996). Costos de establecimiento y manejo de plantaciones forestales y sistemas agroforestales en Costa Rica. Turrialba, CR: CATIE. Área de manejo y silvicultura de Bosques Tropicales.

Herrador Doribel y Dimas Leopoldo (2001). Valoración económica del agua para el Area Metropolitana de San Salvador, El Salvador. PRISMA. San Salvador.

Holdridge, L. (1978). Ecología basado en Zonas de Vida. IICA. San José, Costa Ric. 216p.

Hydroconsult.1995. Sedimentation and erosion processes related to the hydropower projects Angustura, Guayabo and Siquirres. Part I. Prediction of Reservoir Sedimentation. A. B. Hydroconsult. Uppsala, Sweden. 135p.

ICAFE (2000). Precios de Liquidaciones para la cosecha 99-2000.

ICE (1998). Plan Maestro Cuenca del Río Savegre. ICE, Centro Nacional de Planificación Eléctrica, Departamento de Proyectos de Generación, San José, Costa Rica.

Instituto Costarricense de Electricidad (1998). Plan Maestro Cuenca Hidrografica del Río Savegre. Elaborado por la Oficina de Proyectos Hidroelectricos. San Jose, Costa Rica.

Instituto Costarricense de Electricidad (2000). Plan de manejo integral de la cuenca del río Reventazon. Informe Final. Elaborado por SOGREAH INGENIERIE SNS, San José, Costa Rica.

Jansson, Margareta. (199b?). Suspended sediment inflow to the Cachi reservoir. In. Cachi Reservoir, rio Reventazón, Costa Rica. pp.41-77.

Jansson. Margareta. (199?). Sediment production within the drainage basin. In. Cachi Reservoir, rio Reventazón, Costa Rica. pp.33-39.

Jiménez, Gómez Roberto (1999). La valoración de los servicios ambientales al sector eléctrico. ICE. San José. La Gaceta N° 70, Cuota por Regencia Forestal, 2000. N°29414-MAG

- Leon Perez, Carlos (1994). Evaluación de tierras en la cuenca superior del río Reventazón.
- Marozzi Marino (1998). La disposición a pagar en agua potable: El caso de Huacas, Guanacaste, Costa Rica. Tesis de maestría. Maestría en Política Económica-Universidad Nacional, Heredia.
- Mejías Ronald, Edwin Alpizar y Vicente Watson (2000). Análisis beneficio-costo del programa de servicios ambientales en Costa Rica: tres estudios de caso. Proyecto Ecomercados. Centro Científico Tropical (CCT).
- Méndez, M.B. (1980). Erosión hídrica y escorrentía superficial en el sistema de café poró y laurel en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. CATIE. Costa Rica.
- Merayo, O (1999). Valoración económica del agua potable en la cuenca del río Enmedio, Santa Cruz, Guanacaste, Costa Rica. Tesis de maestría. CATIE. Turrialba.
- Munda Giuseppe (1994). La evaluación de criterios múltiples en el marco de la economía ecológica. III Conferencia de Economía Ecológica realizada en San José, Costa Rica.
- Pearce David (1985). Economía Ambiental. Fondo de Cultura Económica. México.
- Pearce David y Kerry Turner (1990). Economics of natural resources and the environment. The Johns Hopkins University Press. Baltimore.
- Reyes Virginia y Cynthia Córdoba (2000). Valoración económica del bosque y su relación con el recurso hídrico, para uso hidroeléctrico en la microcuenca del río Volcán, Costa Rica. Tesis de Maestría. Maestría en Política Económica- Universidad Nacional. Heredia.
- Rodríguez Oscar (2001). Estructura de costos para fincas ganaderas de la región Huetar Norte. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Sede Regional del MAG.
- Salgado Artica L.J. (1996). Valoración económica del agua para uso urbano, proveniente del Parque Nacional La Tigra, Tegucigalpa, Honduras. Tesis de Maestría. CATIE. Turrialba.
- Salguero Zeceña ERT (1996). Valoración económica de las fuentes de agua por los desechos de la industria del beneficiado húmedo del café: el uso del concepto de costo defensivo. Tesis de maestría. CATIE, Turrialba.
- Sandoval Vásquez José Fulvio (2001). Estudio de la importancia de la calidad del agua, sobre la salud y el desarrollo económico: el caso de Costa Rica. Tesis de maestría. Maestría en política económica, Universidad Nacional, Heredia.
- Segura Olman y Solórzano Raúl (1995). Instrumentos económicos para la protección de cuencas hidrográficas: El caso de Costa Rica. Creed Costa Rica, Notas Técnicas, No.3 CCT-CINPE-IIED.
- SEPSA (2000). Información preliminar sobre las diferentes actividades productivas regionales. Estudios Económicos de la Secretaria de Planificación para el Sector Agropecuario.
- UCR-PROIGE (1999). Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Hidroeléctrico Peñas Blancas y la Línea de Transmisión Peñas Blancas-Daniel Gutiérrez. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Valera Mejías, Vladimir J. (1998). Valoración económica de los recursos hídricos de la cuenca del río Grande de Tárcoles, Costa Rica. Tesis de maestría. CATIE, Turrialba.
- Van Ierland, Hans de Kruijf y Martijin Van der Heide (1998). Attitudes and the value of biodiversity. A paper on biodiversity valuation. Biodiversity valuation in cultural context workshop. March 2-7. San José.