



EVALUACIÓN DEL SERVICIO AMBIENTAL HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO SAVEGRE CON FINES DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL

Informe Final

Gerardo Barrantes
Mauricio Vega

Proyecto
Desarrollo sostenible de la Cuenca hidrográfica del Río Savegre

Marzo, 2001
Costa Rica

● **Presentación**

El *Instituto de Políticas para la Sostenibilidad* (IPS) es una Fundación que busca apoyar la toma de decisiones, tomando como ejes principales los aspectos económicos, sociales y ambientales dentro del análisis. El Instituto promueve el desarrollo de actividades de investigación, capacitación y extensión como mecanismos para ampliar, mejorar y difundir el conocimiento en el campo de las políticas para la sostenibilidad.

● **Autores**

Gerardo Barrantes es Master en Política Económica con énfasis en Desarrollo Sostenible y Economía Ecológica. Mauricio Vega es ingeniero forestal especialista en Sistemas de Información Geográfica.

● **Direcciones**

Teléfono	(506) 261-0086
Telfax	(506) 261-0186
Apartado postal	900-3000 Heredia, Costa Rica
E-mail	ips@ips.co.cr gerardo@ips.co.cr mauricio@ips.co.cr
Sitio Web	http://www.ips.co.cr

Este documento ha sido elaborado por el Instituto de Políticas para la Sostenibilidad (IPS), para el Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio) en el tema: “Evaluación del servicio ambiental hídrico en la Cuenca del Río Savegre con fines de ordenamiento territorial”. Este estudio se percibe como una contribución al proceso de ordenamiento del territorio, el cual forma parte del componente de Biodiversidad del proyecto Desarrollo Sostenible de la Cuenca del Río Savegre, del Programa Araucaria CR.

● **Agradecimiento**

El Instituto de Políticas para la Sostenibilidad (IPS) agradece al Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio) por la confianza depositada, sin la cual no habría sido posible la realización del presente.

Los autores agradecen especialmente a los productores quienes ofrecieron información muy valiosa para el estudio. A los funcionarios del Área de Conservación Pacífico Central (ACOPAC), especialmente a los Señores Delio Salazar y Mauricio Salazar, por el apoyo y colaboración en la gira de campo y reconocimiento del área de estudio.

A Adriana Zamora de Acueductos y Alcantarillados, a las Municipalidades y Acueductos rurales de la Cuenca por facilitar la información sobre el servicio de agua. Al Señor Diógenes Cubero por el apoyo brindado y al Señor Sergio Romero por sus sugerencias y comentarios al documento.

Se hace explícito el agradecimiento al Instituto Meteorológico Nacional por la información meteorológica primaria ofrecida. Y al Proyecto Terra por la información cartográfica digital.

También se agradece a Carmen Monge y a Hazell Ruíz por la asistencia en la edición del documento.

Índice de contenidos

●	Presentación	i
●	Autores	i
●	Direcciones	i
●	Agradecimiento	iii
●	Índice de contenidos	iv
●	Resumen	v
1.	Introducción	1
1.1.	Nota especial sobre el servicio ambiental hídrico	2
1.2.	Objetivos	2
1.2.1.	Objetivo general	2
1.2.2.	Objetivos específicos	3
1.3.	Generalidades de la Cuenca del Río Savegre	3
1.3.1.	Formación geológica	6
1.3.2.	Formación geomorfológica	9
2.	Fortalecimiento teórico y metodológico	11
2.1.	El recurso hídrico y la planificación del territorio	13
2.1.1.	Situación del recurso hídrico	14
2.1.2.	Servicio ambiental hídrico	14
2.1.3.	Balance hídrico en la cuenca	16
2.2.	Presupuesto de aguas	19
2.2.1.	Oferta hídrica	20
2.2.2.	Demanda hídrica	21
2.3.	Valoración económico-ecológica del servicio ambiental hídrico (valor de captación)	23
2.3.2.	Valor de protección y recuperación de bosques	26
2.3.3.	Valor del agua como insumo de la producción	27
2.3.4.	Valor promedio para el agua	30
2.3.5.	El servicio ambiental hídrico y su aplicación en el ordenamiento y planificación del territorio	30
3.	Resultados y discusión	33
3.1.	Cobertura del suelo en la Cuenca del Río Savegre	33
3.2.	Balance hídrico	39
3.2.1.	Precipitación promedio en la Cuenca del Río Savegre	39
3.2.2.	Presupuesto de aguas en la Cuenca del Río Savegre	42
Excedente disponible		42
3.3.	Valoración económico ecológica	43
3.3.1.	Valor de captación	43
3.3.2.	El costo de oportunidad del uso alternativo del suelo	43
3.3.3.	El valor de protección y recuperación de bosques en cuencas	48
3.3.4.	Valor del agua como insumo de la producción	48
4.	Conclusiones	49
5.	Recomendaciones	50
	Referencias bibliográficas	52
	Anexos	54

● Resumen

El estudio "*Evaluación del servicio ambiental hídrico en la cuenca del Río Savegre, con fines de ordenamiento territorial*", se desarrolla para la toma de decisiones en la administración del recurso, que provee elementos para integrarlo desde el punto de vista de un ordenamiento integral donde se concibe la cuenca como unidad de análisis. Estos elementos permitirán en un futuro operacionalizar el cobro por el servicio ambiental hídrico a través del mecanismo tarifario dentro del esquema de pago por servicios ambientales. La finalidad es inclinar el desarrollo promovido en la cuenca por diferentes instituciones de la región, hacia una economía ambientalmente sana y socialmente justa, implementando un modelo de desarrollo que hace compatible el crecimiento económico, el desarrollo social y la conservación ambiental.

A pesar de que se ha reconocido que las cuencas hidrográficas son unidades geográficas de manejo se necesita el reconocimiento del servicio ambiental hídrico como aporte al desarrollo de una región o país. En Costa Rica, aunque se han realizado estudios serios donde se ha hecho operativo este reconocimiento, es necesario tomarlo como elemento en el desarrollo de políticas de planificación y ordenamiento territorial.

Para el estudio se utilizó tanto información primaria como insumo para el procesamiento en sistemas de información geográfica que permiten analizar la cuenca en un continuo espacial del cual se puede derivar valiosa información, como por ejemplo la precipitación media anual, la evapotranspiración real a partir de la bio-temperatura. Se realizó un análisis de conflicto de uso del suelo que permitió utilizar esta información en la valoración del servicio ambiental mediante el enfoque del costo de oportunidad del uso de la tierra, mientras que el valor de recuperación y mantenimiento de cuencas se basó en el enfoque de costos de reemplazo, utilizando los valores de mercado de la recuperación de bosques en áreas de sobreutilización. Por su parte, el valor del agua como insumo de la producción fue estimado utilizando el enfoque de excedente del consumidor, para lo cual se calculó una curva de demanda específica para el agua en el sector reproductivo y el ordinario.

En primera instancia se calcula el presupuesto de aguas (cuantificación física de oferta y demanda), el cual incluye la oferta de agua dada por el ciclo hidrológico y la demanda de cada uno de los sectores de la economía, así como la demanda de agua que para el equilibrio de la naturaleza. La demanda que contempla la utilización del agua por los ecosistemas boscosos de la cuenca (evapotranspiración), no puede ser regulada por el hombre sin ejercer distorsiones en el ecosistema, mientras que la demanda humana si puede ser artificialmente controlada por el ser humano.

La oferta total está dada por la precipitación en el área de estudio, de la cual un porcentaje importante (21.5%) se regresa a la atmósfera, vía evapotranspiración, y el restante (78.5%) queda disponible. Por las condiciones naturales de la cuenca, las actividades que se realicen deberán maximizar el uso del agua y minimizar el deterioro, en especial promoviendo actividades eco turísticas y de generación de energía hidráulica.

El valor de captación se justifica, dado que se ha identificado a la ganadería como la actividad responsable del cambio de bosques a pastos en zonas que por su capacidad se encuentran sobre utilizadas. Actualmente, la actividad ganadera en la cuenca (principalmente para carne) está conformada principalmente por potreros donde el pasto no se desarrolla de la mejor forma lo que hace que esta actividad se conserve más que todo por rasgos culturales.

En general, los resultados señalan que la cuenca tiene un 8.33% de actitud de uso agropecuario y 63.80% es de protección absoluta y 18.12% son posibles de utilizar en manejo de bosque natural. Es una cuenca relativamente bien conservada ya que un 73% se encuentra a capacidad, mientras que 24% está sobre-utilizado y sólo 3% está subutilizado.

Con relación recurso hídrico, se hizo una valoración de tres grandes aspectos: la función de captación hídrica que tiene el bosque cuyo valor fue de $\text{¢}0.48/\text{m}^3$, el costo de recuperación del bosque ($\text{¢}1.62/\text{m}^3$) y el valor del agua como insumo de la producción ($\text{¢}11.01/\text{m}^3$).

Los precios obtenidos representan el punto de partida para la asignación de tarifas de agua, con la finalidad de invertir en la conservación del recurso (valor de captación y valor de recuperación) y en el desarrollo socioeconómico de comunidades (valor del agua como insumo de la producción), para que así se pueda implementar el pago por servicios ambientales y tomar estos elementos dentro de la planificación y ordenamiento de la cuenca.

1. Introducción

La necesidad de mejorar la gestión y manejo de los recursos hídricos ha provocado una serie de estudios y análisis, que faciliten la toma de decisiones al respecto. Estas decisiones apoyadas sobre una base científica e interdisciplinaria se revertiría en la construcción de políticas alternativas. El fin último es la optimización en el aprovechamiento de los recursos hídricos y su conservación en el manejo integral de Cuenca, para lo cual se requiere de información suficiente y necesaria que permita su integración dentro del marco de políticas y estrategias de desarrollo.

Dos aspectos importantes a considerar en la formulación de estrategias son, por un lado la información biofísica y, por otro, la información socio económica. El contar con datos de oferta y demanda hídrica (presupuesto hídrico), permite aproximar la capacidad de desarrollo disponible en la cuenca. Es decir, que el presupuesto hídrico se convierte en un indicador relevante para la toma de decisiones, y su cuantificación es un requisito indispensable en la definición de un manejo integral de cuenca.

El otro aspecto, y no menos importante, es la valoración económica del recurso hídrico. Recientemente se ha dado un reconocimiento de este valor como un costo directo de contar con agua para el desarrollo de actividades domésticas y productivas. Por eso se puede señalar que ha existido, y existe, un subsidio ambiental que soportan unos actores en favor de otros, lo que crea una falta de equidad en la distribución de los costos y beneficios asociados a la disponibilidad del recurso hídrico. Si se cuenta con una valoración económica del recurso hídrico, se facilita la definición de instrumentos para una gestión eficiente y eficaz de los mismos.

Más allá de los aspectos señalados anteriormente, el recurso hídrico puede ser un elemento importante en la definición de un Plan de Ordenamiento Territorial de Cuencas. De hecho, es un mecanismo natural para tal fin, como puede constatarse con la ubicación de ciudades importantes en zonas geográficas ricas en disponibilidad de agua. También puede indicarse que aquellas regiones donde el recurso hídrico es escaso, la promoción del desarrollo es más difícil y costoso, dada las limitadas oportunidades productivas por falta de agua, además del riesgo al que se someten las inversiones dadas esas condiciones.

La importancia que tiene el recurso hídrico en el desarrollo de la sociedad, es una justificación para que se considere en la formulación de políticas y como elemento decisorio en la administración de cuencas. La posibilidad de evaluar con anterioridad la eventual barrera al desarrollo, hace del presupuesto hídrico una poderosa herramienta orientadora de las inversiones, disminuyendo el riesgo y potenciando las oportunidades económicas más rentables. Por su parte, la información económica sobre el servicio ambiental hídrico aumenta la posibilidad de generar ingresos, dado el impulso por establecer el mecanismo de pago por servicios ambientales que promueve el país. Además, tal y como lo sustenta la teoría económica, los precios son mecanismos racionadores en el uso de recursos, por lo que tener precios para el recurso hídrico potencia el uso de este instrumento en el aprovechamiento racional de este recurso.

1.1. Nota especial sobre el servicio ambiental hídrico

Actualmente se presenta una coyuntura especial en Costa Rica para el Pago por Servicios Ambientales, tanto desde el punto de vista legal como institucional. En particular, se está impulsando fuertemente la valoración el pago por el servicio ambiental hídrico, en el que ya se implementó la primera experiencia sistemática, discutida y consensual en el país, con la aprobación de la estructura tarifaria hídrica ambientalmente ajustada, para la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (E.S.P.H. S.A). Esta experiencia no ha sido el resultado de negociaciones entre dos partes, sino la aprobación del mecanismo amparado al marco legal existente que regula y establece el pago por servicios ambientales, particularmente en lo que se refiere a la Ley de Biodiversidad de 1998.

La aprobación del pago por el servicio ambiental hídrico permite la existencia de un flujo continuo y permanente de ingresos que le da sostenibilidad financiera al mejoramiento y conservación de las cuencas. Por eso, es necesario considerar a los distintos actores sociales que están involucrados en el manejo y conservación de los recursos hídricos, incluyendo a los dueños de las tierras ubicadas en las fuentes de captación de agua de las cuencas hidrográficas. Estos últimos son de gran relevancia en la conservación, protección y recuperación de la cobertura boscosa, por lo que se deben tomar en cuenta cuando se planifican actividades asociadas con el mantenimiento de la oferta hídrica.

Para los dueños de la tierra en las cuencas hidrográficas, tomar la alternativa de destinar el área para apoyar actividades de protección y conservación; resulta en un costo de oportunidad que debe ser compensado mediante la internalización de dicho costo en las tarifas que pagan los distintos usuarios por el abastecimiento de agua. Esta forma innovadora de cobro y compensación social por beneficios económicos ganados por transacciones de servicios ambientales, se apoya en la ley de biodiversidad recientemente publicada y, a la vez, permite a los dueños de la tierra involucrados en la conservación de bosques, tener una actividad tan rentable como una cualquier actividad económica tradicional.

El pago del servicio hídrico generado por los bosques, permitirá convertirlo en un flujo permanente de ingresos, al dar la posibilidad de obtener fondos financieros a través de la implementación de una tarifa económico ecológica, e invertir dichos fondos en el mejoramiento de las cuencas para aumentar las existencias de capital boscoso y sus otros servicios ambientales. Esto hace necesario que se diseñen mecanismos apropiados para la captación, administración y distribución de fondos para la conservación del capital natural.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

- ❖ Hacer una evaluación del servicio ambiental hídrico, que facilite la toma de decisiones en la administración del recurso y el ordenamiento territorial de la Cuenca del Río Savegre, Costa Rica.

1.2.2. Objetivos específicos

- ❖ Establecer el presupuesto hídrico (oferta hídrica y demanda por sector económico) para la Cuenca Savegre.
- ❖ Determinar el valor económico asociado al servicio ambiental hídrico en la Cuenca Savegre.
- ❖ Diseñar una estrategia para la aplicación del presupuesto hídrico y la valoración del servicio ambiental, en el ordenamiento territorial de la Cuenca Savegre.

La metodología de investigación contemplará el desarrollo, sistematización y análisis de información de los siguientes aspectos: *i*) análisis de la situación biofísica de la cuenca Savegre, el cálculo de la oferta y la demanda de agua para la construcción del presupuesto de aguas, base para *ii*) la valoración económica ecológica del valor de captación (servicio ambiental del bosque) y de los costos ambientales asociados (protección y recuperación de cuencas) y valor del agua como insumo de la producción y *iii*) aplicación del presupuesto de agua y la valoración económica en la definición de la estrategia para el ordenamiento territorial de la Cuenca.

El análisis ambiental y de la actividad económica en la cuenca, permite conocer la situación actual del uso del suelo y del agua, el proceso de cambio en el suelo para asociar la degradación de las cuencas con la degradación de las aguas. El estudio de la situación de cambio en el uso del suelo, permite identificar las actividades económicas que han y están compitiendo con el bosque, lo cual es requisito para realizar posteriormente la valoración basada en el costo de oportunidad de protección boscosa en la cuenca.

La estimación de valores económicos comprende el desarrollo metodológico para calcular el valor de captación de agua por los bosques (basado en el costo de oportunidad), los costos de protección y recuperación de cuencas y laderas degradadas, el valor del agua como insumo para la producción (basado en el costo de oportunidad y en el excedente del consumidor).

Finalmente, se introducirán elementos donde se tome en cuenta el recurso hídrico en el ordenamiento territorial considerando para analizar lo como un elemento que podría potenciar el desarrollo restringirlo. Lo anterior ayudará en la definición de una estrategia

para el desarrollo socioeconómico y para la conservación de la Cuenca basada en la administración del recurso hídrico.

1.3. Generalidades de la Cuenca del Río Savegre

La cuenca del Río Savegre se ubica dentro de las hojas topográficas Quepos, Vueltas, Cuerici, San Isidro y Savegre, de escala 1:50.000 del Instituto Geográfico Nacional. Específicamente entre las coordenadas Lambert Costa Rica Norte de 180.000 Norte, 146.000 Sur, 528.500 Oeste y 167.800 Este (Mapa 1.1). En el límite norte y este de la cuenca coincide en gran parte con la carretera Interamericana, que a su vez forma parte de la divisoria entre las provincias de Cartago y San José. Al este limita con la fila Temblor.

Al sur limita en parte con la fila Barranco y la Fila Tierras Morenas y hacia el oeste se extiende la Fila Mora y Fila Dota, a su vez, limita con la cuenca del Río Naranjo. La cuenca del Río Savegre se encuentra en el pacífico central de Costa Rica, a 192 kilómetros al sur de San José. El principal afluente del Río Savegre es el Río División; el Segundo es el Río Brujo. La cuenca posee un área de 58973 hectáreas en la cual están inmersos 19 poblados que cuentan con un total de población de 18642 habitantes (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 1999).

Dado que la cuenca se encuentra en la Vertiente Pacífica de Costa Rica climáticamente se caracteriza por una estación seca prolongada de hasta cuatro meses (de diciembre a abril), con importante disminución de la precipitación a mediados del año, lo que se conoce como veranillos. Este patrón general se debe a que en la estación seca, durante invierno hemisférico, la Zona de Convergencia Intertropical se halla desplazada hacia el Sur cuando el sol está situado sobre el Trópico de Capricornio quedando Costa Rica bajo la influencia de los vientos alisios del noreste. Esta situación provoca que las faldas de las montañas a sotavento y todas las tierras bajas queden sin precipitación (Valerio, 1991, Saborío y Brenes, 1995).

Para la estación lluviosa el sol brilla en el zenit, lo que provoca que se de un mayor calentamiento, lo que provoca un mayor evapotranspiración, además de movimientos de masas de aire del mar a tierra cargados de humedad con los cuales se producen lluvias orográficas (Valerio, 1991).

La cuenca del Río Savegre tiene hasta la estación puente de hamaca un potencial bruto lineal de 645 MW con una energía asociada de 5656 Gwh/año. El potencial bruto superficial es de 895 MW y su energía asociada es de 7840 GWh/año. El potencial aprovechable de la cuenca es de 487 MW con una energía promedio de 2497 GWh anuales. Esto significa un aprovechamiento del 76% bruto lineal (ICE, 1987).

Con respecto al uso del suelo la cuenca posee un 54% de cobertura en bosque primario, un 3.63% de bosque secundario, los pastos en conjunto, esto es los pastizales puros, pastos con árboles y pastos con agricultura poseen una cobertura del 19.57% lo que representa el principal uso del suelo que compite con el bosque. El Gráfico 1.1 describe los porcentajes

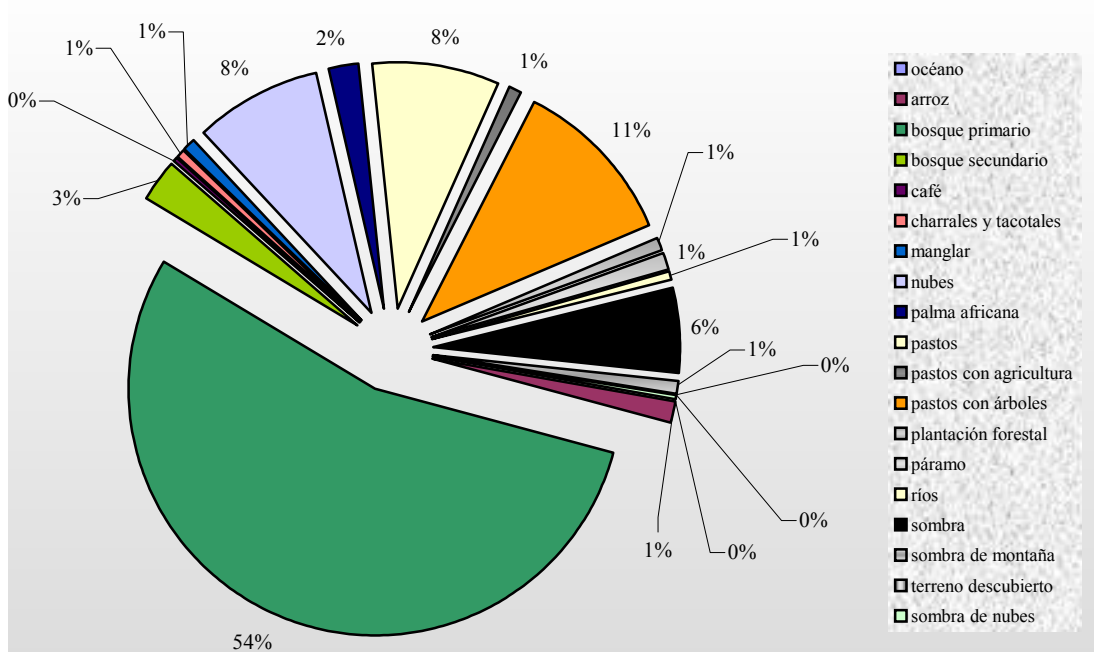
de uso y cobertura del suelo tomados del mapa digital del uso y cobertura del suelo del Instituto Meteorológico Nacional para 1996, el cual no posee comprobación de campo.

En cuanto a la elevación de la cuenca, la misma varía desde los 0 msnm hasta los 3490 msnm, para una elevación media de 1294 msnm. La importancia de este parámetro es la definición de las principales áreas de bosque que son importantes desde el punto de vista hídrico. Esta información apoyaría la priorización en la aplicación de incentivos para la protección del recurso hídrico, dada la relación directa que existe entre la cobertura de bosque y la disponibilidad de agua en cantidad y calidad.

Mapa 1.1. Ubicación de la Cuenca Savegre con respecto a las hojas topográficas 1:50000

Fuente: Instituto Geográfico Nacional.

Gráfico 1.1. Porcentaje de uso y cobertura para la Cuenca del Río Savegre



Fuente: Elaboración propia con base en Mapa Digital del Uso y Cobertura del Suelo del Meteorológico Nacional.

1.3.1. Formación geológica¹

La formaciones geológicas más representativas son en la cuenca son:

Qal: Con 3570.4 ha. pertenece al periodo geológico del Cuaternario donde se encuentran depósitos fluviales, coluviales y costeros recientes, en estas formaciones es común encontrar manglares y pantanos.

Tvo: Formación del grupo aguacate, del periodo terciario, agrupa los edificios volcánicos recientes, cuenta con 6001 ha.

Tpq: del periodo Plio-Cuaternario y con 1528.6 ha. se encuentran capas marinas, lateríticas y depósitos piedemonte.

Tep: Formación Brito que se dio en el Paleó-Eoceno con 6825.6 ha. en la cuenca esta constituida por materiales como areniscas y limonitas volcánicas, limonitas, calizas arrecifales y grauwacas, estas formaciones se encuentran por todo el litoral pacífico desde Nicaragua hasta la frontera con Panamá.

¹ Basado en el Mapa Geológico de Costa Rica (1984). Escala 1:200.000.

Tmi: Aquí se encuentran rocas intrucivas ácidas de la Cordillera de Talamanca, se formó en el Mioceno, la cuenca cuenta con 667 ha. comprende una gran cantidad de formaciones cuyos materiales predominantes son las rocas sedimentarias tales como lutitas, limonitas, calizas y conglomerados.

Tom: De la formación Térraba posee para la cuenca un total de 38368.2 ha del periodo Oligo-Mioceno se encuentra constituido por lutitas limosas y arenosas con sedimentos finos, oscuros hasta negros con pirita, intercalados con bancos de caliza.

1.3.2. Formación geomorfológica²

En la parte baja, la cual limita con el Océano Pacífico, se encuentra la Llanura Aluvial de Parrita-Quepos con un área de 2665.6 ha., siempre en la parte baja se encuentra una formación denominada Superficie de Erosión Alta la cual cuenta con un área de 1418.6 ha. En la parte media de la cuenca, es decir de los 100 msnm hasta los 2000 msnm, se encuentra la formación Cordillera Costeña con 25139.1 ha. La parte alta de la cuenca (2000 msnm- 3490 msnm) se encuentra la formación Cordillera de Talamanca con un total de 29667 ha.

Otras formaciones que ayudan a describir la geomorfología de la cuenca son las siguientes:

Las formas nivales del Cerro de la Muerte (parte alta de la cuenca)

En la parte superior de la cuenca se distinguen las formas Paleonivales (entre los 3500 y 3800 msnm) donde se ligan las formas nivales como cerro de la muerte, Cuericí, Durica etc.

Estas formas se caracterizan por poseer pequeños nichos de acumulación nival que en el pasado conocieron condiciones glaciares.

En la parte media de la cuenca se encuentran los modelados multiconvexos donde se encuentran colinas redondeadas con afloramientos rocosos escasos con bloques andecíticos desgastados por la erosión. En las vertientes de pendientes más pronunciadas se encuentran arcillas provenientes de material transportado de la parte superior.

La llanura de Parrita-Dominical

Esta llanura pertenece al tercer sector de llanuras, es el menos desarrollado y se divide en dos por el promontorio litoral de Quepos, al noroeste el sector de Parrita y al sureste el sector de Dominical.

El sector Dominical donde se sitúa la parte baja de la cuenca, es una zona de planicies donde se unen casi imperceptiblemente las zonas de manglares con los cordones litorales. La llanura del sector Dominical comienza en el cono de deyección del Río Naranjo, (los conos de deyección son zonas con depósitos fluviales que se formaron durante el Cuaternario) esta llanura se va estrechando progresivamente hasta desaparecer en playa dominical. Este sector se formó por la colmatación aluvial de los ríos que nacen en las estribaciones de la cordillera de Talamanca a más de 3000 m incluyéndose el Río Savegre. Estos ríos poseen longitudes que no superan los 30 a 40 Km lineales lo que favorece poderosos conos de deyección. La zona baja de la cuenca está fuertemente influenciada por la gran falla inversa Neotectónica de Costa Rica.

La desembocadura del Río Savegre y en general la de todos los ríos presentes en esta llanura se caracterizan por haber sufrido deformaciones tectónicas que explican los

² Con base en Berggoeing (1998).

trazados en gancho de las desembocaduras fluviales sobre la llanura de inundación que debido a las fuertes pendientes sobre las que corren los ríos generalmente se inundan las zonas bajas principalmente en la estación lluviosa.

2. Fortalecimiento teórico y metodológico

El ciclo hidrológico muestra los estados, procesos y magnitudes de cada uno de los componentes que caracterizan el movimiento del agua desde los océanos hasta la atmósfera, la tierra y de vuelta a los océanos; y por tanto constituye el marco conceptual para analizar la interacción suelo-agua-vegetación. Desde la perspectiva espacial las interacciones deben analizarse utilizando la cuenca hidrográfica como unidad de gestión. Una cuenca hidrográfica, desde el punto de vista físico se define como el área delimitada por la divisoria topográfica de las aguas que drenan hacia un mismo punto. En este sentido una cuenca hidrográfica representa una superficie de tierra donde todos los materiales como aguas, sedimentos, materia orgánica, residuos de procesos drenan hacia un mismo sitio específico del río.

Los procesos hidrológicos de la cuenca como; intercepción, infiltración, precolación y escorrentía subsuperficial, dependen en gran medida de la precipitación, topografía, tipo de suelo y al tipo de cobertura del suelo que estén presentes en una cuenca. Estos elementos y principalmente la cantidad de agua que recibe la cuenca en forma de precipitación determinarán con que dinámica se comportará una cuenca con relación a los procesos hidrológicos. La presencia del bosque como cobertura de una cuenca hidrográfica cumple una función reguladora en el balance hídrico, pues modifica la magnitud en el tiempo y el espacio de algunos de los procesos que se dan dentro de ella.

Con respecto a precipitación el país está atravesado por las cordilleras de Guanacaste, Central y Talamanca permitiendo la definición clara de dos regímenes de precipitación que son los de la vertiente del Pacífico y vertiente del Caribe. Ambos están caracterizados por una distribución diferente de la estación lluviosa, así como las horas en que ocurre la precipitación.

La vertiente del Pacífico comprende las zonas desde la costa del océano Pacífico hasta las cimas de las principales montañas que dividen el país.

La particularidad de la vertiente Pacífica donde se encuentra la cuenca, es la existencia de una época seca que comprende los meses de diciembre a abril. La época lluviosa se extiende de mayo a noviembre, con una disminución relativa en los meses de julio y agosto (lo que se conoce como los veranillos). En los meses de mayo a noviembre la precipitación predominante es de tipo convectivo, caracterizándose por ser muy intensa, de corta duración y muy localizada.

La vertiente esta influenciada por los vientos alisios (flujo con una dirección media del este-noreste en el Hemisferio Norte). El viento alisio se intensifica durante los meses de diciembre a abril y en los meses de julio y agosto. En el período de diciembre a abril y principalmente en los meses de diciembre y enero el viento alisio se intensifica por su asociación con las masas de aire provenientes de interior de norte américa y que se desplazan hacia el sur hasta alcanzar el mar Caribe. Al desplazarse estas masas sobre el Golfo de México, se cargan de humedad y cuando alcanzan el istmo Centroamericano, interaccionan con la pronunciada orografía, produciendo lluvias de tipo estratiforme que

persisten durante varios días y afectan toda la vertiente.

Ante el impacto de la lluvia en el suelo, el bosque cumple una función reguladora pues presenta un área de cobertura foliar muy elevado (en comparación con cualquier otra cobertura) que evita que las gotas lleguen directamente al suelo, lo que a su vez evita la compactación y erosión (láminas y en masa) del suelo por estas, disminuyendo además la velocidad de llegada de agua al suelo, a lo que hay que sumar el colchón que forma la materia orgánica que este aporta.

El sistema radicular de las plantas en un bosque crea condiciones favorables en la textura del suelo, que propician la formación de espacios porosos y de agregados, que ayudan a la infiltración. Estos sistemas radiculares son, además, una especie de amarre del suelo que hace que no sea tan vulnerable a ser erosionado, ya que disminuye la tasa de escorrentía superficial, la frecuencia de crecidas por lluvias de alta intensidad y corta duración.

El agua subterránea, almacenada en acuíferos, son la fuente principal del caudal de los ríos en la estación seca. Estos mantos se nutren principalmente de la lluvia que alcanza la superficie terrestre y penetra el suelo mineral (proceso de infiltración) que luego atraviesa los diferentes horizontes del suelo en el proceso de percolación, procesos en los que el bosque funge como promotor primordial.

El impacto de los cambios en el uso-cobertura del suelo sobre el balance hídrico de la cuenca, dependerá de la severidad o intensidad con que se modifique la vegetación original, la inclinación, exposición y compactación del suelo mineral y, finalmente, de la proporción de la cuenca afectada (Fallas, 1996). El aprovechamiento forestal, la deforestación y el fuego, pueden modificar drásticamente el balance hidrológico de la cuenca ya que para bosques tropicales mucha de la precipitación total anual es devuelta a la atmósfera como vapor de agua mediante los procesos de evaporación y transpiración.

La conversión de bosque a pasto u otros usos puede reducir la capacidad de infiltración del suelo entre el 75 y 80% (Fallas, 2000 en preparación). Dado que la conversión a otros usos que exponen el suelo directamente a la lluvia, causa cambios hidrológicos aún mas drásticos en la cuenca. La alta tasa de infiltración, de las áreas boscosas, permanecerá aún después de eliminar el bosque debido a que el suelo conserva por algún tiempo sus características físicas y químicas dada la presencia de materia orgánica, microorganismos, etc. Sin embargo, esas características de los suelos que estuvieron bajo cobertura forestal irán perdiendo sus propiedades paulatinamente, las cuales dependen, entre otros factores, de la pendiente, tipo de suelo, actividad que se desarrollará (ya que dependiendo de la actividad que se desarrolle la exposición y compactación del el suelo sería mas o menos severa).

Cuando existe una eliminación de cobertura boscosa se reduce la evapotranspiración lo cual incrementa el escurrimiento. En caso de ser en terrenos inestables el riesgo de erosión aumenta, al incrementar la descarga pico.

Para eventos de gran intensidad la cobertura natural tiende a reducir dichas descargas máximas; sin embargo, su efecto no puede considerarse como significativo, cuando ocurren lluvias intensas y prolongadas, de tipo torrencial donde se traspasa un umbral hasta llegar a convertirse en un desastre natural.

2.1. El recurso hídrico y la planificación del territorio

La disponibilidad del recurso hídrico en calidad y cantidad, además de ser un recurso vital, determina el potencial de crecimiento económico de una región o país (Reynolds, 1997; Azqueta, 1994). Conocer esa disponibilidad es fundamental para la definición de estrategias de desarrollo y para promover un aprovechamiento óptimo del recurso. El objetivo básico debe ser el mejoramiento del bienestar de la población en el corto, mediano y largo plazo, logrando un uso sostenible y la conservación del agua en la región.

Actualmente se impulsa la planificación del territorio basado en cuencas hidrográficas. Estas constituyen los límites naturales que determinan el flujo hidrológico y se considera como la unidad básica para la planificación del uso del suelo, donde también se interrelacionan otros recursos como el bosque, y las decisiones de aquellos que son dueños de la tierra (Ramakrishna, 1997). Se reconoce que las decisiones antropocéntricas de uso de la tierra, por su parte, están influenciadas por variables exógenas, tales como las políticas que incentivan o desmotivan formas de uso de la tierra (Castro y Ruben, 1998; Ellis, 1992), por lo que en un modelo básico de planificación es necesario considerar apropiadamente tales variables exógenas y aquellas endógenas que explican las distintas formas de uso de los recursos presentes en una cuenca determinada.

Por lo general, las cuencas se han usado para el desarrollo de actividades agrícolas y ganaderas. Muchas de estas actividades se han desarrollado en laderas frágiles y de alta pendiente, lo que favorece el deterioro del suelo y de otros recursos asociados, principalmente en situaciones de altas precipitaciones y fuertes escorrentías. Este fenómeno se debe a la carencia de políticas de ordenamiento territorial, lo que también ha permitido la expansión urbana en áreas de ladera con alto riesgo a los deslizamientos. De esta forma se van desplazando las formas naturales de uso del suelo, lo que afecta, entre otras cosas, la capacidad de infiltración de agua en las cuencas (Bushbacher, 1990).

Se ha demostrado que la recarga de acuíferos se favorece mediante la cobertura boscosa (Ander 1991). Por el contrario, la presencia de laderas deforestadas no permiten la retención hídrica y favorecen grandes avenidas de agua en épocas de lluvia (CCT-CINTERPEDS 1995). Además, las laderas deforestadas favorecen el arrastre de sedimentos hacia las riberas de los ríos afectando su régimen hidrológico (Scherr *et al.*, 1997).

Para abordar el servicio ambiental hídrico como una estrategia que permita su conservación, es necesario desarrollar lo que se ha denominado el presupuesto de aguas que es la interacción de oferta y demanda hídrica en una economía (Castro y Barrantes, 1998a). Además, es necesario también acompañar de información socioeconómica, la relación entre bosque, agua y usos económicos, aplicando para ello técnicas de valoración económicas e instrumentos para estimar el valor monetario del servicio ambiental hídrico. También es necesario la aplicación del presupuesto hídrico y de la valoración económica en la definición de políticas de ordenamiento territorial.

2.1.1. Situación del recurso hídrico

A pesar de la importancia económica y social del recurso hídrico en el desarrollo del país, hasta ahora ha existido un aprovechamiento subóptimo del agua, provocando desperdicios y contaminación del recurso (Panayotou, 1994; Cruz *et al.*, 1997). Se pretende revertir este comportamiento social, modificándolo para optimizar el aprovechamiento del recurso hídrico y, a la vez, potenciar su conservación en el largo plazo.

Para tal fin se requiere un conocimiento mayor sobre el nivel de dependencia actual que la economía tiene sobre el agua; el reconocimiento de bien económico que es el agua y, por lo tanto, una valoración económica del recurso; un reconocimiento de la importancia de la cobertura boscosa en la provisión de agua; y, de la formulación de políticas que consideren el agua como una limitante o una oportunidad para el desarrollo. La tendencia es que si continua el subsidio ambiental hídrico (ya que no tiene un precio establecido), tal y como hasta ahora ha sucedido se podrían generar problemas en la disponibilidad de bosques y en la pérdida de productividad del mismo, eventos que pueden traducirse en disminución de la cantidad y calidad de aguas con las implicaciones económicas que esto tiene para la sociedad.

Por eso, es necesario restablecer el nexo perdido entre la escasez y el precio, particularmente en el caso del agua, donde tradicionalmente se ha subsidiado, pues no se cobra un precio que refleje su verdadera escasez (Wardford *et al.*, 1997). Lo anterior es posible si se toman en cuenta los distintos costos dentro de las tarifas que se cobran por el uso de este recurso, donde se deben considerar aquellos costos ambientales tales como el valor que se le debe dar al bosque como proveedor de servicios ambientales, en particular el servicio ambiental hídrico, los costos de recuperación y protección de cuencas, el valor del agua cuando éste es un insumo importante para la producción de ciertos bienes que se transan en el mercado.

Hay avances que se han dado en relación con la consideración de eliminar el subsidio ambiental, ya sea a través de la legislación (Ley Orgánica del Ambiente, Ley Forestal, Ley de Biodiversidad), donde se promueven mecanismos que permiten la incorporación de variables ambientales en la evaluación de proyectos y en la toma de decisiones. Entre esos mecanismos se menciona el reconocimiento del servicio ambiental hídrico dentro de las tarifas que se le cobra a los distintos usuarios, y la necesidad de que los distintos usuarios lo implementen.

2.1.2. Servicio ambiental hídrico

El servicio ambiental hídrico se refiere a la capacidad que tienen los ecosistemas boscosos para captar agua y mantener la oferta hídrica a la sociedad (Costanza *et al.*, 1998; Ley de Biodiversidad, 1998). El bosque es un ente importante que beneficia a la sociedad a través de un flujo continuo y permanente de agua (Costanza *et al.*, 1998), lo cual requiere no sólo de reconocer el servicio ambiental como tal, sino también fijarle un precio y pagarlo.

El volumen de recarga al subsuelo se favorece para aquellas áreas de la cuenca con mayor cobertura boscosa (Heuvel dop *et al.*, 1986; Reynolds, 1995). La presencia de bosques favorece la retención de agua, ya que el sistema radicular permite una mayor y mejor infiltración, y disminuye la escorrentía superficial (Ander, 1991). En el Cuadro 2.1 se presenta el escenario de infiltración bajo tres tipos de cobertura: boscosa, pastos y sin cobertura vegetal (suelo “desnudo”), donde el bosque tiene una eficiencia promedio de 68.92% en la infiltración en relación con el pasto y el suelo desnudo, los cuales presentan 24.75% y 6.33% de eficiencia, respectivamente.

Cuadro 2.1. Infiltración del agua en terrenos con diferentes coberturas

Tiempo en minutos	Cobertura boscosa		Cobertura bajo pasto		Suelo sin cobertura vegetal		Total (cm ³)
	(cm ³)	%	(cm ³)	%	(cm ³)	%	
5	60.00	69.52	21.00	24.33	5.30	6.14	86.30
10	119.00	67.70	45.80	26.05	11.00	6.26	175.80
30	360.00	68.90	127.00	24.31	35.50	6.79	522.50
60	715.00	69.55	250.00	24.32	63.00	6.13	1028.00
Promedio		68.92		24.75		6.33	

Fuente: Heuvel dop *et al.*, 1986.

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, el servicio ambiental hídrico puede contabilizarse mediante el cálculo de la cantidad de agua retenida bajo un escenario de bosque. Según estudios desarrollados por CATIE (1997) un bosque tropical es capaz de infiltrar y posteriormente precolar el agua al subsuelo en un volumen que oscila entre 9000 y 14000 m³/ha/año, lo que se fortalece con estudios desarrollados por CCT-CINTERPEDS (1995), en el que se muestra claramente el potencial de los bosques de reducir la presencia de picos de agua, mejorar la retención y la calidad de la misma.

En el Cuadro 2.2 se comparan, dos escenarios de uso del suelo. El primero, simula una situación donde el suelo está cubierto por bosque y el segundo, cuando el suelo presenta una cobertura del pasto. En el primero se comprueba una mayor retención de agua, mejor calidad y control sobre la presencia de picos, mientras que en el segundo se

favorece la escorrentía, se reduce la retención, se aumenta la producción de agua de calidad negativa debido a la presencia de sedimentos.

Cuadro 2.2. Escenario de escorrentía media anual de algunas zonas de vida representativas en el área de estudio (m³/ha/año)

Zona de vida	Cobertura bosque			Cobertura pasto		Calidad negativa
	Total de Agua por escorrentía	Calidad positiva	Calidad negativa	Total de agua por escorrentía	Calidad positiva	
Tropical húmedo (T-w)	36740	30610	6130	40060	15010	25050
Premontano húmedo (P-w)	18610	16280	2330	21460	7150	14310
Premontano lluvioso (LM-r)	42490	31870	10620	44360	11090	33270
Premontano húmedo (LM-w)	16870	15330	1540	18900	6880	12020
Montano húmedo (M-w)	9120	8070	1050	10340	3580	6760
Montano lluvioso (M-r)	20550	15420	5130	20660	5160	15500
Total	144380	117580	26800	155780	48870	106910
<i>Porcentaje</i>	100.00%	81.44%	18.56%	100.00%	31.37%	68.63%

Fuente: CCT-CINTERPEDS, 1995.

2.1.3. Balance hídrico en la cuenca

Para la determinación de la oferta hídrica en una cuenca, se toma como base la ecuación general del balance hídrico, cuyo objetivo principal es hacer una evaluación cuantitativa de las entradas y salidas del agua en el ciclo hidrológico (Reynolds, 1997). Prácticamente la totalidad de la recarga proviene de aquella parte del agua que después de infiltrarse en el terreno no es tomada por las plantas y alcanza profundidades mayores, la recarga y el rendimiento de una cuenca dependen del régimen de precipitación. Los acuíferos como la red de drenajes presentan constantes fluctuaciones en el año hidrológico tanto en su nivel de agua subterránea como superficial. Este elemento puede determinarse de la siguiente manera (Lee, 1980):

$$ESC = PPT - EVT_R + (S1 - S2) \quad (\text{ec. 2.1})$$

Donde,

- ESC* Escorrentía un período (mm/año)
- PPT* Precipitación media (mm/año)
- EVT_R* Evapotranspiración real (mm/año)
- (S1-S2)* Cambio en el almacenamiento (mm/año)

En periodos largos (*S1-S2*) tiende a ser cero (Rodríguez, 1983; Fallas, 2000 en preparación) por lo que la ecuación 2.1. se reduce a:

$$ESC = PPT - EVT_R \quad (\text{ec. 2.2})$$

Es deseable que para la correcta determinación de la Ecuación 2.2. la información hidrometeorológica básica reúna ciertas características de confiabilidad, homogeneidad, variación espacial, número de estaciones, longitud de registros, permanencia, calidad de la información. Para cumplir con estas características se debe recurrir al uso de interpoladores espaciales que combinen el uso de hardware y software para poder manejar tanto volumen de información, que a su vez tenga validez estadística. El uso de interpoladores espaciales permite determinar, visualizar y analizar los datos de cada uno de los componentes espaciales e introduce lo que se denomina una superficie estadística (Fallas, 2000). Según el mismo autor las ventajas de la superficie estadística son:

- ❖ La variación espacial es representada en forma cuantitativa y en formato digital.
- ❖ Permite visualizar mejor la distribución de la variable en estudio.
- ❖ Mantiene la variabilidad espacial y, por lo tanto, no es necesario generalizar la variable que describe el paisaje.
- ❖ El promedio representa un plano medio en el paisaje en tanto que la superficie estadística representa su variabilidad.

Precipitación media

Para el caso de la Ecuación 2.2 la precipitación es el elemento que controla, en gran medida, el ciclo hidrológico y es de mucho interés a la hora de determinar la oferta hídrica de una cuenca. Además, la precipitación es un parámetro cuantificable y para el cuál se cuenta con datos en Costa Rica. Para la creación de un mapa de precipitación media anual se toman los registros de precipitación media anual disponibles en Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) y en el Instituto Meteorológico Nacional (IMN) para Costa Rica. Se realiza una interpolación mediante el programa ArcView Analista Espacial (ESRI, 1996).

Evapotranspiración

La evapotranspiración se considera como una pérdida de agua en la cuenca y se compone de los procesos de evaporación que es el cambio de estado del agua de líquido a gaseoso, y de transpiración que es el agua que extraen las plantas y es devuelta al medio como vapor de agua por parte de la vegetación. La evapotranspiración es un elemento que está fuertemente influenciado por las diferentes variable climáticas como la temperatura, radiación solar, humedad del aire, viento, etc (Reynolds, 1997), por lo que llegar a obtener un valor confiable directamente es difícil dada la falta de datos consistentes.

Holdridge (1978), mediante los diagramas de zonas de vida y el movimiento del agua en las diferentes asociaciones climáticas, establece los elementos necesarios para poder estimar los componentes del balance hídrico. Esta relación se establece mediante la precipitación promedio y la bio-temperatura donde esta última en el rango de 0° C a los

30° C, es igual a la temperatura ambiental del aire. Por eso Holdridge (1978), citado por Rodríguez (1983) utiliza la Ecuación 2.3. para estimar la evapotranspiración potencial³:

$$EVT_p = 58.93 * T_b \quad (ec. 2.3)$$

Donde,

EVT_p	Evapotranspiración potencial (mm/año).
T_b	Bio temperatura media anual (° C)
58.93	Constante de EVTP para $T_b=1^\circ C$

La biotemperatura T_b

La temperatura es producto principalmente de la radiación solar y de los movimientos atmosféricos en un determinado lugar, este elemento es requisito fundamental para la existencia de vida sobre el planeta. La biotemperatura es un término que introduce Holdridge (1978) donde relaciona el proceso de evapotranspiración (que incluye la evaporación desde el suelo, la intercepción y la transpiración por los estomas) de las plantas con la variación de la temperatura ambiental, esta se define como la temperatura promedio en grados centígrados donde tiene lugar el crecimiento vegetativo (Holdridge, 1978). El rango donde tiene lugar el crecimiento vegetativo se establece entre los 0° C y los 30° C.

Con los datos de temperatura media anual para las estaciones con influencia directa en la cuenca (del Instituto Geográfico Nacional) se utiliza Arc View Analista Espacial (Esri, 1997) para interpolar valores Z en un continuo espacial de 10*10m, donde cada celda posee un valor de temperatura media anual para la cuenca. El interpolador a utilizar es el de curvaturas mínimas *Spline*⁴ (Esri, 1997).

Se elabora un Modelo de Elevación Digital a partir de las curvas de nivel cada 10 metros que fueron suministradas por el Proyecto Terra⁵ utilizando el método de red de triángulos irregulares *TIN*⁶ de Arc View 3D Analista (Esri, 1997) para luego rasterizarlo a un tamaño de celda de 10*10m y obtener valores de elevación para el continuo espacial de la cuenca.

³ La evapotranspiración potencial es el proceso que ocurre cuando no existe ninguna limitación al proceso de evaporación. Esta representa la demanda climática que depende de las condiciones climáticas del lugar (Reynolds, 1997).

⁴ Este interpolador se define como un conjunto de polinomios cúbicos que describen la tendencia y magnitud de una línea ajustando una línea de curvatura mínima a partir de los puntos de muestreo. Este método tiene su origen en los antiguos moldes curvos que utilizaban los dibujantes para ajustar una curva a una serie de puntos (Fallas, 1999).

⁵ Proyecto Terra del convenio MINAE-RECOPE tiene como principal objetivo generar una nueva cartografía digital para el país a escala 1:25.000 basados en fotografías aéreas a escala 1:40.000.

⁶ El modelo TIN está formado por un conjunto de triángulos adyacentes creados a partir de puntos o líneas con un espaciamiento regular o irregular que permiten almacenar la información topológica que define las relaciones espaciales entre cada uno de los triángulos y sus vecinos (Fallas, 1999).

Con estos insumos se estima la bio-temperatura a través del modelo matemático lineal

$$Y = a + bX \quad (\text{ec.2.4})$$

donde,

Y	Temperatura media (°C)
X	Elevación (msnm)

Se realiza un cruce de los valores de las temperaturas y las elevaciones de la cuenca con el fin de obtener pares ordenados y hacer un análisis de regresión para determinar los parámetros de la ecuación anterior (pendiente de la curva (b) e intersección con el eje y (a). Con estos parámetros y mediante la calculadora de mapas de Arc View Analista Espacial (Esri, 1997) se establece el mapa de biotemperatura media anual para la cuenca.

Relación entre la evapotranspiración potencial y la real

Con el fin de poder obtener los datos de la ecuación 2.2. y específicamente la evapotranspiración real (EVT_R), Rodríguez (1983), basado en el nomograma que describe los movimientos del agua en asociaciones climáticas del Sistema de Zonas de Vida Holdridge (1978), establece una relación entre las curvas de evapotranspiración potencial y la real, la cual denominó como RE. Matemáticamente se expresa como:

$$RE = EVT_p/PPT \quad (\text{ec. 2.5})$$

Donde,

EVT_p	Evapotranspiración potencial mm/año
PPT	Precipitación total mm/año

RE es utilizado para calcular la EVT_R , sin embargo, para ello Rodríguez (1983) utiliza la relación $F = EVT_R/EVT_p$ que en realidad es una función de evapotranspiración.

Para valores de RE entre 0.45 y 1.5, el valor de F^7 está dado por,

$$F = 1.12 - 0.44 (RE) \quad (\text{ec. 2.6})$$

Mientras que para valores de RE entre 0.0625 y 0.45, el valor de F está dado por:

$$F = 7.4617(RE)^3 - 10.46(RE)^2 + 4.63(RE) + 0.27 \quad (\text{ec. 2.7})$$

⁷ RE es una función de F donde $F = EVT_R/EVT_p$. F es el medio que se utiliza para estimar la Evapotranspiración Real (ecuación 2.8) y esta definida mediante las ecuaciones 2.6 y 2.7 (Rodríguez, 1983).

Por lo tanto, la evapotranspiración real estará dada por,

$$EVT_R = F * EVT_P \quad (ec.2.8)$$

2.2. Presupuesto de aguas

El presupuesto de aguas se refiere a la cuantificación física de la oferta y la demanda de agua en una región, con el fin de generar información relacionada con las interacciones recurso-usuarios que permita una mejor administración del recurso. Para la construcción del presupuesto de aguas se requiere de la comprensión del ciclo hidrológico -relación atmósfera tierra- y del ciclo hidrosocial -administración social del recurso-, como dos grandes componentes que determinan la disponibilidad y aprovechamiento del recurso hídrico. El ciclo hidrológico explica, fundamentalmente, el proceso natural que mantiene una oferta de agua y el ciclo hidrosocial explica la forma en cómo se administra la demanda de agua en el ámbito económico.

2.2.1 Oferta hídrica

En el cálculo de la oferta hídrica se utiliza el balance hídrico de la cuenca hidrológica de importancia para los distintos usuarios. Se necesita información cuantitativa referente a los componentes del ciclo hidrológico, con el fin de conocer la oferta total en el área de estudio. Es decir, se parte de la cuantificación volumétrica de agua llovida, la evapotranspiración, el drenado superficial, subsuperficial y la recarga a los acuíferos subterráneos, lo que genera el balance hídrico en una región determinada.

Parte del agua proveniente del ciclo hidrológico se utiliza para el mantenimiento de los mismos ecosistemas, por lo que se deposita en hojas, troncos, tallos y cuerpos de individuos (Ander, 1991); otra porción regresa a la atmósfera, otra penetra al subsuelo para recargar acuíferos y, el restante se dispone en ríos, riachuelos y lagos, dando posibilidades para ser utilizado por el ser humano en sus diversas actividades y finalmente drenarse hacia el océano. El agua que escurre superficialmente y la que recarga, representan la oferta disponible para las actividades humanas en general. Al controlar el recurso hídrico se aumenta el volumen del recurso, aumentando a la vez, las existencias del activo y, por lo tanto, el incremento del potencial económico y la capitalización financiera por mantener mayor volumen controlado. Así, dependiendo del uso económico que se le dé, se podría valorar el recurso como insumo de la producción.

La oferta total de agua estará dada por la precipitación en la Cuenca del Río Savegre. El cálculo correspondiente a la oferta total se obtiene aplicando la Ecuación 2.9:

$$OT = \sum_{i=1}^n P_i * A_i \quad (ec. 2.9)$$

Donde,

OT	Oferta total hídrica en el área de importancia ($m^3/año$)
P_i	Precipitación en la cuenca i ($m^3/año$)
n	Número de cuencas
A_i	Área de la cuenca i (Has.)

De la oferta total, un porcentaje regresa a la atmósfera a través del proceso de evapotranspiración, quedando potencialmente disponible solo una parte de ella para el abastecimiento de las distintas actividades económicas y poblacionales (Odum, 1986). La estimación está dada por la siguiente ecuación (ec. 2.10):

$$Od = \sum_{i=1}^n (OT_i - ET_i) \quad (ec. 2.10)$$

Donde,

Od	Oferta hídrica disponible en el área de importancia ($m^3/año$)
ET_i	Evapotranspiración en el área de importancia hídrica en la cuenca i ($m^3/año$)

La oferta disponible se descompone en volumen de agua de escorrentía superficial y el volumen de recarga acuífera.

$$Od = \sum_{i=1}^n (ES_i + ERa_i) \quad (ec. 2.11)$$

Donde,

ES_i	Volumen de escorrentía (superficial y subsuperficial) en el área de importancia de la cuenca i ($m^3/año$)
ERa_i	Volumen de recarga en el área de importancia de la cuenca i ($m^3/año$)

2.2.2. Demanda hídrica

La demanda hídrica se refiere a la cantidad de agua que es usada en las distintas actividades económicas y humanas en general. Esta demanda está en función del consumo y, este último depende en parte, del crecimiento de la población y del crecimiento y dinamismo de la economía. La demanda de agua, se ve afectada - también- por el *proceso hidrosocial* que presenta el país (Merret, 1997), especialmente para el agua de uso doméstico. Este ciclo hidrosocial debe ser analizado para el caso de Costa Rica, donde del total de aguas servidas un porcentaje superior al 90% van directamente a ríos y quebradas sin tratamiento alguno. El agua servida no reciclada, impide aumentos en la oferta y reduce las posibilidades de utilización de aguas superficiales, principalmente en las partes bajas de la cuenca. Una cuenca con un ciclo

hidrosocial completo, debería reciclar en su totalidad el agua utilizada y de esta manera aumentar el volumen de oferta hídrica potencialmente utilizable.

Las fugas, según Merret (1997) deben ser consideradas como un componente importante de la demanda, ya que el porcentaje de agua no aprovechable por fugas podría ser muy significativo. Por ejemplo, la pérdida de agua por fugas fluctúa entre un 25 y un 50 % para el Área Metropolitana en Costa Rica, (Gaceta 1997, No. 16). Estas fugas, por lo tanto, deben considerarse como un componente importante de la demanda (Calvo, 1990; Reynolds, 1995).

El cálculo de la demanda total se puede determinar mediante la siguiente ecuación (ec. 2.12):

$$DT = \sum_{i=1}^n ET_i + \sum_{i=1}^n A_{ij} + \sum_{i=1}^n F_i \quad (\text{ec. 2.12})$$

Donde,

- DT Demanda total hídrica en el área de importancia ($\text{m}^3/\text{año}$)
- A_{ij} Volumen de agua recolectada por el intermediario j en la cuenca i ($\text{m}^3/\text{año}$)
- F_i Volumen de agua perdido por fugas en la cuenca i ($\text{m}^3/\text{año}$)

Estructura general del presupuesto hídrico

El conocimiento de los volúmenes de oferta y demanda de agua en la economía de la cuenca, proporciona elementos importantes en el campo de la planificación, al informar de aquellas limitaciones biofísicas en la disponibilidad del recurso. La relación entre oferta y demanda hídrica determina el presupuesto hídrico. En el Cuadro 2.3 se presentan los diferentes componentes que explican la relación hídrica considerada en este estudio. Las variables corresponden al presupuesto hídrico de la Cuenca del Río Savegre.

**Cuadro 2.3. Presupuesto hídrico anual para el área de estudio:
Interacción oferta y demanda de agua**

	Volumen mill.m ³ /año
<i>Oferta</i>	
Total (Precipitación)	<i>OT</i>
Disponibile	<i>Od</i>
Escorrentía superficial	<i>Es</i>
Recarga acuífero	<i>Ra</i>
<i>Demanda</i>	
Total	<i>DT</i>
Evapotranspiración	<i>ET</i>
Actividades humanas	<i>AH</i>

Agua superficial	<i>Es</i>
Agua subterránea	<i>Rs</i>
<i>Excedente disponible</i>	
Escorrentía superficial	<i>Es</i>
Recarga acuífero	<i>Rs</i>

Fuente: Elaboración propia.

El excedente disponible en la cuenca, representa la diferencia entre la oferta hídrica disponible y los volúmenes de agua efectivamente utilizados por los diferentes consumidores de la cuenca, ya sea de fuentes superficiales o extraída de aguas subterráneas (pozos). El excedente disponible (E_d) estará representado por la siguiente ecuación:

$$E_d = \sum_{i=1}^n (Od_i - DT_i) \quad (\text{ec. 2.13})$$

Donde,

E_d Excedente disponible en la cuenca i ($\text{m}^3/\text{año}$)

2.3. Valoración económico-ecológica del servicio ambiental hídrico (valor de captación)

En una visión de cuenca hidrográfica los bosques tienen una función preponderante en la calidad y cantidad de agua que son capaces de poner a disposición del ser humano; al captar agua eficientemente, regular el volumen de agua superficial, propiciar la recarga de acuíferos, el mantenimiento de procesos naturales, el mantenimiento del régimen de lluvias, la conservación de la humedad de suelos, regular los flujos de agua en época seca, etc (Costanza *et al.*, 1998, Fallas, 1996).

Para la valoración del agua como servicio ambiental ofrecido por los bosques de las cuencas, con un enfoque de sostenibilidad en términos de calidad, cantidad y perpetuidad, se requiere considerar el valor de la productividad de los bosques en función de la captación (valor de uso directo) de agua y de la calidad del agua que produce, además de otros servicios ambientales (CO_2 , belleza escénica, biodiversidad y otros).

La valoración de los servicios ambientales del bosque, para el caso de Costa Rica, ha sido concentrada en cinco componentes: *i*) regulación de gases; *ii*) oferta hídrica; *iii*) belleza escénica; *iv*) producción de biodiversidad y *v*) otros (Castro y Barrantes, 1999; Barrantes y Castro, 1998). Cada uno de ellos representa un componente del *costo de oportunidad*⁸, de proteger la biodiversidad. La sostenibilidad de la producción de servicios ambientales dependerá de la conservación de las existencias de activos

⁸ El costo de oportunidad se refiere a la elección de la alternativa mejor, desde el punto de vista económico. Es decir, los beneficios que se dejan de percibir cuando se usa un recurso escaso para un propósito, en lugar de utilizarlo en una mejor alternativa.

naturales en términos de cantidad y calidad (Naciones Unidas, 1993). Si se reconoce que existen actividades económicas que compiten contra la conservación del bosque, entonces el enfoque del costo de oportunidad del uso de la tierra, podría utilizarse para el cálculo del Valor Económico Total (VET) de los servicios ambientales que se generan a partir de la presencia del bosque (Munasinghe *et al.*, 1994).

Este enfoque de costo de oportunidad, permite valorar económicamente el ecosistema en su conjunto, en función del valor de los flujos anuales de servicios ambientales. Por supuesto, esto estará determinado por la calidad del ecosistema y por su tamaño. A mayor tamaño y mejor conservación, mayor es la producción de flujos de servicios y la calidad de los mismos.

Los componentes que representan el 100% del valor de la productividad del bosque en término de sus flujos de servicios ambientales, podrían tener un “*peso*” diferente para cada situación en particular. Así, por ejemplo, el valor del servicio ambiental hídrico podría ser más importante que los otros servicios ambientales asociados. Eso dependerá de cómo lo valore la sociedad, lo que a su vez, es el resultado de qué tan educada está la población, con respecto a los beneficios de la protección ambiental. En ese sentido, la sociedad debe identificar, para cada ecosistema, la importancia que se le tiene que asignar a cada uno de los servicios ambientales, de acuerdo a los usos económicos y no económicos que lo demandan.

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.

A fin de determinar el valor de uso directo del agua (Munasinghe *et al.*, 1994), se debe reconocer el valor anual de los bosques de la cuenca por su producción hídrica. De esta manera, si los bosques son importantes en función del recurso hídrico, la sociedad debe proveer los medios necesarios para recuperarlos, protegerlos y conservarlos. Esto se logra cuando aquellos suelos de vocación forestal se dejen bajo cobertura vegetal, y no se destinen a otras actividades económicas tradicionales. Esto es posible cuando se compensa (paga) a los dueños de la tierra, un monto equivalente a los beneficios que dejan de percibir por no desarrollar la actividad más rentable que compite con el bosque. Es decir, se le paga el costo de oportunidad que le significa al dueño dejar el suelo bajo bosque.

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, 1998b).

La presencia de bosques para el mantenimiento continuo y permanente de agua superficial y de infiltración, que drenan hacia la parte media y baja, resultan de mayor importancia en la época seca. Principalmente en la época de estiaje los flujos tienden a disminuir de manera significativa, limitando la disponibilidad de agua para el desarrollo de las distintas actividades. Esta situación justifica aún más, la necesidad de tener bosques en función del recurso hídrico y la importancia de valorarlos y compararlos con la actividad económica que compite y que puede cambiar el uso del suelo.

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. Por lo tanto, la Ecuación 2.14 permite estimar el valor de captación del bosque:

$$VC = \sum_{i=1}^n \frac{\alpha_i B_i A b_i}{O c_i} \quad (\text{ec. 2.14})$$

Donde,

VC	Valor de captación hídrica del bosque ($\text{¢}/\text{m}^3$) (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 ($\text{¢}/\text{ha}/\text{año}$)
$A b_i$	Area bajo bosque en la cuenca i (ha)
$O c_i$	Volumen de agua captada por bosques de la cuenca i ($\text{m}^3/\text{ha}/\text{año}$)
α_i	Importancia del bosque en la cuenca i en función de la cantidad y calidad del recurso hídrico $0 \leq \alpha \leq 1$.

Para el cálculo de α se propone utilizar los datos paramétricos de los cuadros 2.1 y 2.2, donde se tiene un coeficiente de infiltración de 68.92% y de calidad 81%. Asumiendo estos datos paramétricos y una importancia igual para el bosque en términos de la cantidad y calidad del agua captada.

La estimación de α estaría dada por:

$$\alpha_i = 0.69\lambda_1 + 0.81\lambda_2 \quad (\text{ec. 2.15})$$

Donde,

$$\lambda_1 + \lambda_2 = w \quad (\text{ec. 2.16})$$

y,

w	Importancia hídrica total del Bosque.
λ_1	Importancia hídrica del Bosque en términos de cantidad.
λ_2	Importancia hídrica del Bosque en términos de calidad.

2.3.2. Valor de protección y recuperación de bosques

La protección y recuperación del bosque es un mecanismo que ayuda a la conservación de las aguas superficiales y subterráneas y evita la erosión de los suelos (Ramakrishna, 1997). Estos beneficios llevan implícito un costo que debe ser considerado dentro de la estructura de valoración económico ecológico para el uso del agua, con el fin de proveer recursos financieros que permitan el desarrollo de actividades orientadas a la protección, recuperación y conservación de las partes altas de las cuencas (Castro y Barrantes, 1998b). Estos costos tienden a ser mayores en el primer año, mostrando una tendencia decreciente en los años posteriores.

Los costos incurridos en la protección de áreas de bosque 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 reforestación, simulando una situación similar a la del bosque natural en el área a recuperar.

- ❖ Cálculo de los costos requeridos para la protección como medida de prevención a la deforestación en las zonas de recarga acuífera de la cuencas.

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 2.17.

$$VP = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_{ij} C_{ij}}{Oc_i} \quad (\text{ec. 2.17})$$

Donde,

VP	Valor de protección de cuencas hidrológicas ($\text{¢}/\text{m}^3$)
C_{ij}	Costos para la actividad j destinada a la protección de la cuenca i ($\text{¢}/\text{ha}/\text{año}$)
δ_{ij}	Fracción del costo j destinado a la protección del bosque en función del recurso hídrico en la cuenca i (%)

2.3.3. Valor del agua como insumo de la producción

Para algunas actividades económicas, el agua es un insumo importante dentro del proceso de producción. Por ejemplo, en la agroindustria del café, el agua es un insumo importante en el proceso del beneficiado del café (Jiménez y Rigg, 1997). Para la industria de bebidas, el recurso hídrico es el insumo más importante de la producción. En el sector de hidroenergía, el agua es el principal insumo que se utiliza para transformar la fuerza del agua en electricidad. Otros sectores de importancia 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. 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. Sin embargo, debido a que el agua es un único bien con posibilidades de múltiples usos, quizás lo más adecuado y conveniente sea estimar un valor promedio que refleje las características particulares de cada consumidor.

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, 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, 1998b).

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). En este proceso la energía lumínica es transformada en energía química; esta energía química tiene un precio cuando se trata de bienes agrícolas que se transan en el mercado y, simplemente no puede producirse en ausencia de agua.

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.

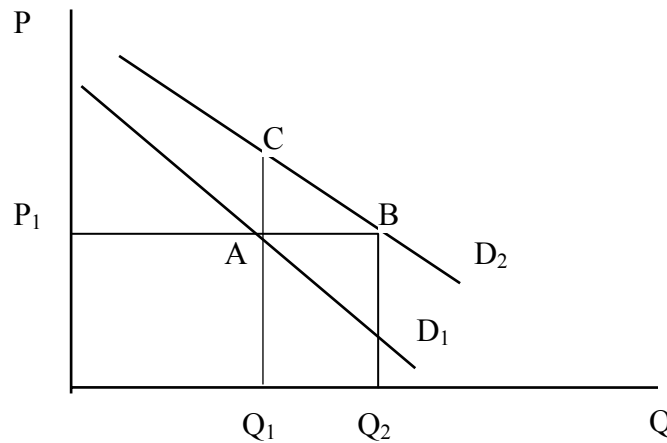
De cualquier manera, la aproximación del valor económico del agua, se basa en los beneficios sociales que se derivan cuando hay un cambio en la oferta total del recurso, debido fundamentalmente a un incremento en la demanda, ya sea por el crecimiento poblacional o por el desarrollo económico. La aplicación 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 elasticidad⁹. 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

⁹ 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.

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 2.1). 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 2.1. Curvas de demanda para el análisis del valor económico del agua usando el excedente del consumidor



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 precio-cantidad observables, 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 2.18:

$$Q = kP^\varepsilon \quad (\text{ec. 2.18})$$

Donde,

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

En el caso de tener información sobre un par de puntos (Q_1, P_1) y sobre la elasticidad ε , se calcula k_1 para la curva de demanda del período 1 (D_1):

$$k_t = Q_t P_t^{-\varepsilon} \quad (\text{ec. 2.19})$$

Así como se obtiene D_1 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 $k_t = k_1(1+r)^{t-1}$ donde t representa los períodos futuros.

Habiendo estimado D_1 y D_2 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:

$$VA = \frac{P_1(Q_2^{\frac{1}{\varepsilon}+1} - Q_1^{\frac{1}{\varepsilon}+1})}{Q_1^{\frac{1}{\varepsilon}}(\frac{1}{\varepsilon} + 1)} - P_2(Q_2 - Q_1) \quad (\text{ec. 2.20})$$

Donde, $P_2(Q_2 - Q_1)$ representa el costo social del abastecimiento adicional de agua.

2.3.4. Valor promedio para el agua

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 2.21:

$$VPa = \frac{\sum_{i=1}^n P_i Q_i^d}{\sum_{i=1}^n Q_i^d} \quad (\text{ec. 2.21})$$

Donde,

- VPa Valor promedio del agua como insumo de la producción ($\$/m^3$)
- P_i Valor del agua como insumo en el sector i ($\$/m^3$)
- Q_i^d Volumen de agua demandado en el sector i ($m^3/año$)

2.3.5 El servicio ambiental hídrico y su aplicación en el ordenamiento y planificación del territorio

La protección, mejora y restauración de cuencas hidrográficas es fundamental para lograr los objetivos generales de desarrollo (Sheng, 1992). Los problemas de deterioro

de la cuenca y de la falta de recursos hacen ver la necesidad de una solución integral y de largo plazo. El éxito en este tipo de esfuerzos consiste en el estudio y la planificación adecuados y precisos. La cuenca hidrográfica ha sido descrita y utilizada como una unidad física-biológica y también en muchas ocasiones como una unidad socio-económica-política para la planificación y ordenación de los recursos naturales.

La degradación de una cuenca hidrográfica es la pérdida de valor en el tiempo, incluyendo el potencial productivo de tierras y aguas, acompañado de cambios pronunciados en el comportamiento hidrológico de un sistema fluvial que se traduce en una peor calidad, cantidad y regularidad en el tiempo, del caudal hídrico. La degradación ocasiona a su vez una degeneración ecológica acelerada, menores oportunidades económicas y mayores problemas sociales.

La degradación de la cuenca se debe fundamentalmente a las diferentes actividades humanas y las formas en que se aprovechan los recursos. Entre las causas principales esta la destrucción indiscriminada de los bosques, cultivos inadecuados, alteración de suelos y por la minería, movimiento de animales, construcción de caminos y la desviación, almacenamiento, transporte, utilización sin control del agua.

Para evitar la degradación potencial de una cuenca y sus consecuencias, se propone la formulación y ejecución de un sistema de acción que incluye el manejo de los recursos de la cuenca para la obtención de bienes y servicios, sin efectos negativamente a los recursos de suelos y aguas. Este proceso es conocido como la ordenación de una cuenca hidrográfica. Normalmente la ordenación debe considerar los factores sociales, económicos e institucionales que actúan dentro y fuera del área de la cuenca.

Toda cuenca hidrográfica contiene muchos tipos de recursos naturales, suelo, agua, bosque, pastisal, fauna silvestre, minerales etc. En el desarrollo y manejo de una cuenca hidrográfica la utilización de algunos recursos naturales será complementaria con las de otros y en algunos será competitiva. Por ejemplo, la explotación maderera puede afectar a los recursos hídricos y al uso recreacional. El cambio de un uso intensivo de las tierras por otros menos intensivos puede ser beneficioso para los recursos en la forma más eficaz y permanente que sea posible, con el mínimo de perturbación para la cuenca en su conjunto.

La ordenación de una cuenca hidrográfica en una tarea continua, nuevos elementos tanto artificiales como naturales pueden contribuir un factor en cualquier momento. Cuando surgen nuevas exigencias, hay que revisar el plan de ordenación original.

El recurso hídrico es en la actualidad una de las fuentes de desarrollo más importante para las principales actividades productivas de mayor crecimiento y dinamismo en el país. Su abundancia relativa en algunas regiones representa la opción para sostener el desarrollo potencial planificado, evitando con ello el deterioro progresivo del recurso. Es precisamente esa abundancia relativa y la que hay que conocer en la planificación estratégica del territorio.

Al disponer del Balance hídrico para estimar la oferta de agua, Q_s , potencialmente utilizable en las actividades productivas, permitirá evaluar si el conjunto de inversión actuales y previstas, para analizar si son compatibles con la disponibilidad hídrica. De lo contrario, será necesario evaluar el total de inversión para ajustarlas a la capacidad real de la cuenca hidrográfica para abastecerlos de agua.

En términos metodológicos es posible establecer relaciones hídricas para su optimización en las actividades productivas. Con relación a la oferta, será necesario contar con un conocimiento de la oferta (Q_s) donde se estime para la cuenca cuales son las interrelaciones entre los distintos sectores que son y serán demandantes del recurso, es decir se debe conocer cual es la situación actual y cual es la proyección de esa demanda (Q_d), es decir la situación potencial de demanda.

Con estos elementos se puede llegar a un análisis donde:

- a) $Q_s > Q_d^*$ implicaría que hay suficiente capacidad en la cuenca para el nivel de inversión previsto.
- b) $Q_s < Q_d^*$ implicaría que se debe ajustar el nivel de inversión de tal modo que $Q_s > Q_d^*$
- c) Si $Q_s = Q_d^*$ la cuenca estaría utilizada a capacidad.

Donde, Q_s es la oferta actual y Q_d es la demanda potencial.

Estas relaciones solo se pueden establecer con un conocimiento actual basado en el presupuesto hídrico donde se conozca de antemano que la oferta es mayor a la demanda actual para poder aproximar hasta que punto la cuenca puede soportar las salidas y uso del agua por parte de la población y de sus actividades en torno a este recurso.

Es necesario detallar en el análisis cuales actividades y de que tipo, en lo referente al uso del recurso se haría, es decir que tipo de demanda se planea establecer en una cuenca hidrográfica, pues existen muchas actividades que se desarrollan que probablemente vayan en contra de ciclo hidrosocial de una cuenca.

En la planeación del territorio con base en las cuencas, debe evaluar el estado de conservación y de uso que se le está dando actualmente, ya que eso responde a un ciclo hidrosocial, a una forma de ver el recurso por parte de los pobladores de determinada cuenca, en el cual ellos están inmersos todos los días.

Es así como la planificación de cuencas debe abarcar los múltiples niveles desde la escala regional, nacional y local partiendo del hecho que siempre los costos económicos de recuperar son demasiado altos, en contra de evitar y planificar hacia una sostenibilidad de las inversiones económicas, sociales y ambientales que se hagan.

3. Resultados y discusión

3.1. Cobertura del suelo en la Cuenca del Río Savegre

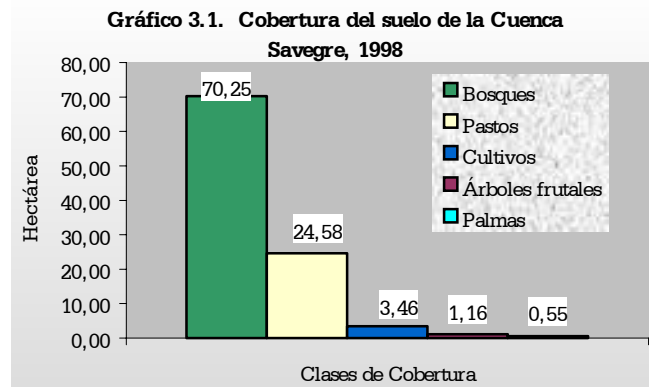
Según la cartografía digital generada por el Proyecto Terra, la cuenca del Río Savegre tiene 70.25% de bosque y 24.58% de pastos, por lo que la actividad principal que compete con el bosque en la cuenca es la ganadería (Gráfico 3.1.). Las implicaciones de esta competencia es la potencial afectación del recurso hídrico en zonas de recarga debido a la disminución de la cobertura boscosa, tanto en cantidad como en calidad.

Cuadro 3.1. Cobertura en la cuenca del Río Savegre, 1998

Uso	Hectáreas	Porcentaje
Bosque	41,427.00	70.25
Pastos	14,493.00	24.58
Árboles frutales	683.00	1.16
Agrícola	2,042.00	3.46
Palma africana	327.00	0.55
Total	58,972.00	100.00

Fuente: Mapa digital de cobertura del suelo, Proyecto Terra basada en fotografías aéreas de 1998 a escala 1:40.000. Sin comprobación de campo.

Por otro lado, la ganadería se ha desarrollado fundamentalmente en los márgenes de los ríos principales Brujo, Savegre y División, lo que es un indicador del riesgo al que se está sometiendo la calidad de las aguas (Mapa 3.1). Esto permite una priorización en la eventual aplicación de incentivos orientados al cambio de uso del suelo de pastos a bosques, con el fin de proteger el recurso hídrico en la Cuenca del Río Savegre.



Mapa 3.1. Cobertura

3.2. Capacidad de uso del suelo en la Cuenca del Río Savegre

Del estudio del análisis y Cartografía de la capacidad de uso de las tierras forestales de Costa Rica, se desprende en términos generales que 4913.9 ha. (8.32%) se encuentran dentro de la clase A. La clase A incluye las tierras que permiten el desarrollo de actividades como: cultivos anuales, cultivos semipermanentes, cultivos permanentes y ganadería.

En la clase VI se encuentran 5846.9 ha. (9.89%), en esta clase pertenecen aquellas tierras con aptitud para la producción forestal y cultivos permanentes como frutales y café. Estos últimos requieren prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos y aguas. Para la clase VII en la cuenca hay 10686.8 ha. (18.09%) donde se pueden desarrollar solo permite el manejo de bosque natural primario o secundario recomendándose el restablecimiento de vegetación natural.

La clase VIII, existen 37643.1 ha. (63.70%), está compuesta de terrenos que no reúnen las condiciones mínimas para actividades de producción agropecuaria o forestal alguna. Las tierras de esta clase, tienen utilidad solo como zonas de preservación de flora y fauna, protección de áreas de recarga acuífera, reserva genética y belleza escénica. Es por eso que según este análisis de toda el área de la cuenca debería estar en bosque ya sea este para manejo sostenible, como para preservación absoluta un 81.79% (48329.9 ha.).

Mucha de las limitantes al desarrollo de actividades productivas se deben a limitantes por pendiente ya que según esta metodología las pendientes para las clases VI, VII y VIII son de 30 a 50%, de 50 a 75% y mayor a 75% respectivamente, este elemento esta íntimamente ligado a la erosión que está definida como la pérdida actual o potencial del suelo provocada por la escorrentía superficial y la acción del viento. La erosión actual o sufrida ocurre por malas prácticas de manejo de la tierra.

Mapa 3.2.Capacidad de uso

3.3. Modalidad de uso del suelo en la Cuenca del Río Savegre

El conflicto de uso del suelo en la cuenca, se presenta cuando se utilizan tierras en usos en los cuales el suelo no puede soportar esas actividades sin sufrir un deterioro considerable. Para el caso de la cuenca se cruzó el mapa de Clasificación de la Capacidad de Uso de Tierras Forestales de Costa Rica, escala 1:50000 con el mapa de Uso Actual del suelo del año 1998 proporcionado por el Proyecto Terra.

El resultado del análisis indica que la cuenca tiene problemas serios de conflicto de uso en un 24%, ya que estas 14070 ha. se encuentran en actividades que estos suelos por sus condiciones no pueden soportar, principalmente debido a limitaciones por pendiente, erosión y profundidad efectiva. Vale la pena mencionar que las principales razones por las que se producen erosión es por el agua misma, cuando esta precipita torrencialmente y en zonas desprovistas de cobertura adecuada, que a su vez se relaciona con la pérdida progresiva de suelo y sus consecuencias tanto económicas como en el mismo recurso agua. Por otro lado sólo un 3% (1605 ha.) de la cuenca se encuentra en sub-utilización. El restante 73% (43264 ha.) de la cuenca se encuentra a capacidad, es decir se desarrollan actividades acordes con al capacidad que tienen esos suelos para soportarlas. Este elemento es un indicador del grado de conservación de la cuenca.

Mapa 3.3. Modalidad **

3.2. Balance hídrico

En relación con el balance hídrico fue necesario considerar los niveles de precipitación presentes en la cuenca, así como la estimación de la evapotranspiración. Con esta información se estimó posteriormente la escorrentía total. Seguidamente se presentan las estimaciones correspondientes.

3.2.1. Precipitación promedio en la Cuenca del Río Savegre

La precipitación y sus diferentes manifestaciones (lluvia, granizo, nieve) se produce para el caso de Costa Rica cuando grandes masas de aire experimentan un descenso uniforme en la temperatura por debajo del punto de rocío, es decir el momento donde las moléculas de aires cargadas de humedad se juntan hasta formar gotas de tamaño en el cual se ven obligadas a caer por la fuerza de la gravedad. Muchas veces el proceso de enfriamiento de las masas de aire se produce por convección, ascenso orográfico, convergencia de masas de aire, frentes fríos o cálidos y ciclones.

En Costa Rica, y en el Trópico, gran parte de la precipitación se debe a la influencia de la zona de convergencia intertropical (ZCI) que es una franja donde interactúan vientos provenientes del Noreste en el Hemisferio Norte con los vientos Oeste provenientes del Hemisferio Sur.

La cuenca del Río Savegre se encuentra en dirección NE-SE en la Vertiente Pacífica del Costa Rica, esta situación hace que por su posición sea de sotavento, (es decir se encuentra del lado opuesto al paso de los vientos que cruzan por el sistema montañoso central Cordillera de Talamanca y Volcánica Central) cuando la ZCI se encuentra desplazada al sur de Costa Rica. En este tiempo estos vientos pasan desprovistos de humedad provocando una estación seca marcada en gran parte de la Vertiente Pacífica, siendo una excepción la Península de Osa. Por otro lado cuando la ZCI se encuentra desplazada al Norte de Costa Rica, se producen copiosas lluvias que dan paso a la estación lluviosa, debido al choque de las masas de viento provenientes del Oeste con la parte terrestre en el Pacífico.

De esta forma se explica el comportamiento del modelo de precipitación generado (ver Mapa 3.4) donde existe una zona en la parte central de la cuenca donde se dan las precipitaciones más altas de la cuenca, producidas por la interacción de los vientos cargados de humedad que producen precipitaciones de tipo orográfico en la estación lluviosa.

Para el balance hídrico se estimó la precipitación promedio de la cuenca utilizando la información disponible de las estaciones meteorológicas dentro y cercanas a la cuenca del Río Savegre. En términos generales, el rango de precipitación anual en la cuenca varía de 2293mm por año a 6108mm, para un promedio anual de 4201mm. En el Mapa 3.4 se presentan los rangos de precipitación promedio anual para el área de influencia de la cuenca y de la cuenca misma.

Mapa 3.4. Rangos de precipitación para la Cuenca del Río Savegre, Costa Rica.

Fuente: Basado en la interpolación de los promedios anuales de precipitación en mm de 21 estaciones meteorológicas con registros de 25 años.

Mapa

5.

estaciones

meteorológ

Estimación de la evapotranspiración real

En el caso de la estimación de la evapotranspiración real se aplicó la Ecuación 2.8. Para tal efecto fue necesario estimar la bio-temperatura media anual, la cual es de 17.37 grados centígrados. Con este insumo la evapotranspiración potencial da 1023.61 mm/año. De esta forma el factor RE es de 0.2437, para este caso como RE es menor a 0.45 (por lo que se aplica la Ecuación 2.5) el valor correspondiente para F es de 0.8851. Por lo tanto, la evapotranspiración real estimada es de 905.98 mm anuales.

3.2.2. Presupuesto de aguas en la Cuenca del Río Savegre

La estimación del presupuesto de agua en el área de estudio (Cuadro 3.2) corresponde a la cuantificación de la oferta total y disponible y de la demanda por distintos usuarios. Los resultados se presentan con la finalidad de conocer las limitaciones potenciales a las que se vería sometida dicha área, ante un plan de desarrollo que contemple el crecimiento de la economía y el crecimiento poblacional.

Cuadro 3.2. Presupuesto hídrico anual para el área de estudio:
Interacción oferta y demanda de agua

	Volumen mill.m ³ /año
<i>Oferta</i>	
Total (Precipitación)	2477,41
Disponibile	1943,14
Agua superficial	1554,51
Agua subterránea	388,63
<i>Demanda</i>	
Total	557,19
Evapotranspiración	534,27
Actividades humanas	22,92
Agua superficial	0
Agua subterránea	0
<i>Excedente disponible</i>	1920,23
Agua superficial	0
Agua subterránea	0

Fuente: *Elaboración propia.*

La estimación está basada en la información obtenida en los registros del Departamento de Aguas del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) de Costa Rica. Los registros disponibles señalan que existen tres concesiones en el área de estudio, principalmente para agricultura. El consumo doméstico y turístico se basó en estimaciones indirectas considerando información de Acueductos y Alcantarillados (AyA) para los cantones de

Parrita, Quepos y San Isidro, por tener incidencia directa sobre el área de estudio. No hay registros apropiados en las municipalidades para hacer las estimaciones de los poblados de la cuenca, por lo que se aplicó el promedio del consumo de los tres cantones mencionados. De esta forma, tomando una población de 18642 habitantes en la cuenca (INEC, proyecciones poblacionales 1999) se estimó un consumo doméstico de 1444227 m³/año dado que el consumo mensual promedio por familia fue de 27.12 m³/mes. Para el turismo se estimó considerando el número de cabinas (18 unidades) con capacidad para albergar en promedio 10 personas/día, de tal modo que el consumo de agua en el sector turístico se estimó en 14139 m³/año (se consideró un consumo promedio por persona equivalente al consumo promedio en el sector doméstico).

3.3. Valoración económica ecológica

3.3.1. Valor de captación

Para efectos del cálculo del valor de captación de agua que tienen los bosques en la cuenca, se tomó en cuenta los rendimientos netos de los flujos de ingresos y egresos de la ganadería, por ser la actividad que compite con la disponibilidad de bosque en esa área. El cálculo del costo de oportunidad por hectárea, se hizo con base a un promedio considerando varias fuentes.

3.3.2. El costo de oportunidad del uso alternativo del suelo

Primeramente se realizó una gira de campo con el fin de aportar información sobre la rentabilidad de las actividades que se desarrollan en la Cuenca, y establecer parcialmente cual es el costo de oportunidad de las actividades a las que se dedican las tierras en la parte baja de la Cuenca. Se entrevistó a propietarios de fincas en la parte baja de la Cuenca, los días 16 y 17 de febrero, con entrevistas directas tipo semi-informal donde el productor agrícola expresa libremente sobre los procesos de la finca.

Todos los productores entrevistados se dedican a actividades agropecuarias en su finca, es decir poseen siempre áreas dedicadas a pastos con ganado de cría y por otro lado siembras de productos agrícolas. El Cuadro 3.3. presenta los resultados de rentabilidad anual obtenidos en la misma.

Cuadro 3.3. Resultados reportados por finqueros de la Parte Baja de la Cuenca del Río Savegre -16 y 17 de febrero 2001-

	Área (Ha.)	Hato o cultivo	Ingresos (Col./año)	Gastos (Col./año)	Utilidad (Col./ha./año)
<i>Ganadería</i>					
Finca A1	35	ND	316,000	350,000	-971
Finca B1	100	105	3,000,000	1,762,840	12,372
Finca C1	20	ND	450,000	673,000	-11,150
Finca D1	10	13	225,000	50,000	17,500
Finca E1	9	ND	60,000	77,500	-1,944
<i>Agrícola</i>					
Finca A1	3	Varios	1,680,000	5,116,000	-1,145,333
Finca A2	1	Frijol	120,000	64,000	56,000
Finca A3	3	Maíz	48,000	91,800	-14,600
Finca A4	1	Frijol	220,000	70,000	150,000
Promedio ponderado por área					-11,737

Fuente: Elaboración propia con base en entrevista a productores.

Nota: ND: Información no disponible.

Como lo muestra el Cuadro 3.3., se presentan pérdidas anuales en gran parte de los finqueros. Esto se debe a diferentes razones, entre ellas:

La ganadería es principalmente para cría de ganado para engorde y venta de terneros o novillos. En general la actividad es subvencionada por otras actividades, al menos ese es el sentimiento expresado por los finqueros. La ganadería se mantiene debido a un patrón cultural, que eventualmente resuelve problemas cuando se vende algún animal, además se provee a la familia de productos lácteos (leche y queso) la leche raramente es vendida y es solo utilizada para autoconsumo.

Los finqueros expresan que es difícil llevar una cuantificación de los costos de la actividad ganadera a este nivel. Los tamaños de hatos, que se investigaron en el mejor de las cosas no sobrepasan los 100 animales lactando, de destete, vacas productoras de leche, y vacas secas. Con relación a hectáreas las fincas generalmente no destinan más de 40 ha. a esa actividad.

En el caso de los cultivos agrícolas, son predominantes por excelencia el frijol y el maíz.

Con relación al frijol el método de siembra predominante es el denominado, frijol tapado. Generalmente se siembran entre 2 y 3 cajuelas de frijol que ocupan un área variable dependiendo de la densidad de riesgo de la semilla de frijol. Generalmente se obtienen entre 7 y 20 quintales por cajuela sembrada. Esta actividad es de las más rentables pues se obtienen ingresos considerables de hasta 12,000 y 15,000 colones por quintal.

Con relación al maíz es una actividad en que en muchas ocasiones es solamente para consumo interno, tanto para el humano como para alimentar algún cerdo que se esté

criando. Requiere áreas planas y características del terreno y climáticas muy favorables, lo que condiciona su rendimiento en una temporada particular.

El valor promedio de utilidad anual es negativo por la gran pérdida puntual de la finca A1 en cultivos realizados en el año 2000. Sin ese dato, el valor promedio sería de ¢7,142/ha/año.

En un estudio para la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (Castro y Barrantes, 1999) se determinó un costo de oportunidad de la ganadería de ¢53,000/ha./año. La ganadería sería la actividad que compite con los bosques por el uso del suelo en el área de influencia de ese proyecto (cuencas de los ríos Ciruelas, Segundo y Tibás).

Otra forma de cálculo que aproxima el costo de oportunidad es el que se efectúa por el Pago de Servicios Ambientales establecidos en la Ley Forestal 7575. Estos montos se actualizan y se establecen por decreto ejecutivo. Bajo esta modalidad se establecen tres tipos de incentivos pagados durante 5 años que se pueden prorrogar. Una modalidad es la de manejo de bosques que paga ¢18,000/ha/año, el otro es el certificado de protección del bosque que paga ¢12,000/ha/año, finalmente se incentiva el manejo de plantaciones con un monto de ¢30,800/ha/año.

Otros estudios ahondan en las características del suelo, ya que estas determinan exactamente las actividades que compiten con los bosques. Las actividades económicas que compiten con la conservación a través de bosques son las tierra-intensivas: agrícolas, pecuarias y forestales, principalmente.

Por otro lado, René Castro (Castro, 1999), obtiene rentabilidades promedio por Categoría de Capacidad de Uso del suelo. Para ello sigue el siguiente procedimiento:

Primero, en Costa Rica existe una categorización del uso del suelo (CCU) según factores como erosión, drenaje, pendiente, profundidad de tierra fértil, temperatura, etc., de la que tiene menos factores limitantes (categoría I) a la de más factores limitantes (categoría VIII). El sistema consta de ocho clases. Las primeras cuatro son representadas por una "A"; y por números romanos las siguientes (VF, VI, VII y VIII)¹⁰.

¹⁰ MAG-MINEREM, 1995. La clase A incluye las tierras que permiten el desarrollo de actividades como: cultivos anuales, cultivos semipermanentes, cultivos permanentes y ganadería. La clase VF, son tierras que presentan severas limitaciones para el desarrollo de cultivos anuales, semipermanentes, permanentes y pastoreo, por lo que deben dedicarse al manejo de bosque natural. La clase VI, son tierras con aptitud para la producción forestal y cultivos permanentes como frutales y café. Estos últimos requieren prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos y aguas. Sin embargo, algunas especies forestales, como teca (*Tectona grandis*) y melina (*Gmelina arborea*) en plantaciones puras, no son adecuadas en ciertas áreas de esta clase, debido a que aceleran los procesos de erosión de suelos, por lo que se recomienda este tipo de uso en relieves moderadamente ondulados a ondulados. La clase VII, tiene limitaciones tan severas que solo permiten el manejo de bosque natural primario o secundario. En las tierras denudadas debe procurarse el restablecimiento de vegetación natural. La clase VIII, está compuesta de terrenos que no reúnen las condiciones mínimas para actividades de producción agropecuaria o forestal alguna. Las tierras de esta clase, tienen utilidad solo como zonas de preservación de flora y fauna, protección de áreas de recarga acuífera, reserva genética y belleza escénica.

Segundo, las diferentes actividades económicas se pueden clasificar con base en sus requerimientos (grado de pendiente, drenaje, profundidad de tierra fértil, temperatura, etc.) para un desarrollo apto. Cada característica del cultivo es comparada con las características que se presentan en la metodología para la determinación de la capacidad de uso de las tierras a nivel de clase. Esto es, los cultivos quedan clasificados en las diferentes clases de uso del suelo.

Finalmente, obtiene una medida de rentabilidad para comparar entre las diferentes actividades económicas, el Valor Anual Equivalente (VAE), un indicador derivado de los modelos de Valor Actual Neto que permite comparar rentabilidad de cultivos de diferente duración de ciclo estacional (anual, trianual, decanual, etc.). Así, ponderando los cultivos que se pueden dar en una cierta clase de capacidad de uso, se obtiene una rentabilidad promedio para esa clase de capacidad.

Cuadro 3.4. Costa Rica: Valor Anual Equivalente Comparativo por Categorías de Capacidad de Uso del Suelo (en ¢/ha descontados al 5% y 12%)

CCU	Modelo VAN (5%)	MINAE: Promedio Ponderado Compras (5%)	OCIC^a (5%)	Promedio (5%)	Modelo VAN (12%)	MINAE: Promedio Ponderado Compras (12%)	OCIC^a (12%)	Promedio (12%)
II	354,844			354,844	353,878			353,878
III	274,988			274,988	259,854			259,854
IV	298,494			298,494	122,682			122,682
V	136,850	25,438	30,912	64,400	56,350	60,858	74,189	63,799
VI	113,666	4,830	11,592	43,363	37,996	11,270	27,821	25,696
VII	49,588	9,338	13,202	24,043	44,114	22,540	31,685	32,780
VIII	Solo	8,372	8,372	8,372	Solo	19,964	20,093	20,028

Fuente: Adaptados de Castro (1999) Tabla 4.4. y Vega (1999), Tabla A.3.1. Los valores originales están en dólares Estadounidenses de 1996, se han convertido a Colones de 2001 al tipo de cambio de ¢322/US\$.

Nota: No aparece dato para la Clase I pues en los cultivos habituales de Costa Rica no hay ninguno que requiriera las características climáticas y fisioedáficas como máximo sin menoscabar su rentabilidad.

a. Esas estimaciones no están reportadas, pero están implícitas en los costos estimados por la Oficina de Implementación Conjunta (OCIC) de transferir esas tierras al Estado.

El Cuadro 3.4. presenta una adaptación de la Cuadro 4.4. de dicho autor, comparando los diferentes valores obtenidos, según varias metodologías, descontando al 5%. Se ha agregado un recálculo de los Valores Anuales Equivalentes de cada cultivo al 12% obtenido por Vega (1999), usando la misma base de datos de René Castro.

En la tercera y cuarta (séptima y octava al 12%) columnas aparecen valores obtenidos de transacciones de mercado, compras del Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE) de terrenos para conservación, y costos estimados de pagos por legalización, formalización y deudas para transferir terrenos al Estado. Los valores del modelo VAN se basan en la

productividad de los cultivos. No incorporan descuentos por cantidad comprada, ni el efecto del poder monopólico del comprador (monopsonio), que es el caso de las compras del MINAE, y que pueden estar justificando esas diferencias.

Los datos presentados en el cuadro anterior de la segunda a la quinta columna fueron calculados por Castro descontando los flujos para cada cultivo al 5%, para efectos comparativos con otros estudios en países desarrollados. Sin embargo, el Banco Mundial y otros organismos financieros recomiendan para el estudio de proyectos en Países Subdesarrollados, tasas de descuento entre el 10% y 12%. Para efectos de este estudio, es el promedio obtenido al 12% el más representativo.

Para la cuenca en estudio se conoce el área según su capacidad de uso según la clasificación del MAG-MIRENEM. Se puede aplicar el promedio al 12% del Cuadro 3.4. para obtener un valor del costo de oportunidad según la agregación por CCU (Cuadro 3.5.).

Cuadro 3.5. Determinación del costo de oportunidad de mantener bosques en la Cuenca del Río Savegre, según Categoría de Capacidad de Uso del Suelo

CCU	Área (ha.)	Costo Oportunidad según promedio	Valor Ponderado
Categoría A	4,913.5	245,471	20,394
Categoría VI	5,846.9	25,695	2,540
Categoría VII	10,686.8	32,780	5,923
Categoría VIII	37,693.0	20,028	12,765
Promedio Ponderado			41,623

Nota: En la Categoría A se aplicó un promedio simple de las Clases II, III y IV.

Finalmente, se compara este valor obtenido con la agregación por CCU con los otros valores, el obtenido para la ESPH y el promedio por hectárea pagado por Servicios Ambientales. El costo de oportunidad que se aplicará en este estudio es el promedio de estos tres:

Cuadro 3.6. Determinación del costo de oportunidad promedio de mantener bosques en la Cuenca del Río Savegre

Fuente	Area (ha.)
Modelo CCU	41,623
Dato a ESPH	53,000
Promedio pagado por Servicios Ambientales	20,267
Promedio total	38,297

Una vez identificado el costo de oportunidad, se ponderó la importancia del bosque en función del recurso hídrico en 41.40% considerando el estudio de la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH) realizado por Barrantes y Castro (1999). El otro 58.60% es atribuible a otras funciones que posee el bosque como la fijación de gases con efecto invernadero, el paisaje que muestran, la producción de aire limpio, etc.. El porcentaje considerado representa la proporción del costo de oportunidad que debe ser

compensado por los usuarios del agua en los distintos sectores a los dueños de la tierra involucrados en protección.

El área de bosque que interesa es de 41427 hectáreas. La captación promedio es de 32950 m³/año (valor extraído del modelo de precipitación media anual de la cuenca), de modo que aplicando la Ecuación 2.14 se obtiene un valor de captación de $\phi 0.48/\text{m}^3$.

3.3.3. El valor de protección y recuperación de bosques en cuencas

El valor de protección y recuperación de las cuencas que abastecen de agua a la población de la Cuenca, está asociado con los costos de desarrollar actividades para lograr la protección y recuperación de cuencas. Estos costos comprenden todos los gastos anuales que deben realizarse en salarios, reforestación, incentivos forestales, gastos administrativos, gastos de mantenimiento en infraestructura y equipo, compra de vehículos y otros en función de la protección y recuperación de bosques en cuencas.

Asumiendo un período de cinco años para llegar a tener un sistema de recuperación relativamente consolidado, el costo total es de $\phi 297316/\text{ha.}/\text{año}$. De estos costos totales, el 43.31% 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 (Cuadro 3.7.).

Cuadro 3.7. Estimaciones de costos (gastos anuales) para la protección y recuperación de cuencas asociados con la reforestación (ϕ/ha)

Costos	Año					Total
	1	2	3	4	5	
VARIABLES	101992	47339	30508	16946	16332	213117
Fijos	26785	16053	15424	13238	12699	84199
Totales	128777	63392	45932	30184	29031	297316
Porcentaje	43.31	21.32	15.45	10.15	9.76	100.00

Fuente: Elaboración propia, con base en los datos del CATIE (1996)

Para el cálculo del valor de protección y recuperación, se tomó en cuenta el volumen captado anualmente por los bosques; la ponderación de 41.40%; y el número de hectáreas que debe estar bajo protección y recuperación, que es de 14070 ha. (Mapa 3.3.). De acuerdo a las estimaciones hechas por el CATIE (1996), los costos de reforestación promedio para el primer año son de $\phi 128777/\text{ha.}$, de tal modo que se obtiene un valor de protección de $\phi 1.62/\text{m}^3$.

3.3.4. Valor del agua como insumo de la producción

El valor del agua como insumo de la producción se estimó para eliminar el subsidio ambiental hídrico que fluye a la economía sin reconocimiento social apropiado. Corresponde al precio que debería pagarse por el agua cuando es usada en la producción

de otros bienes. Se estimó para el sector doméstico, el reproductivo (industrial) y el hidroeléctrico. Aplicando el modelo de la Ecuación 2.20. se obtiene que el precio del agua en el sector doméstico es de $\text{¢}2.56/\text{m}^3$, en el sector industrial de $\text{¢}11.01/\text{m}^3$ y en el sector energía el ahorro por no producir con energía geotérmica es de $\text{¢}8.74/\text{m}^3$ (considerando la producción alternativa con energía térmica, el ahorro sería de $\text{¢}44.33/\text{m}^3$).

Para el sector turístico no fue posible estimarlo por falta de información. Para tal efecto se propone utilizar el precio del sector reproductivo debido a que esta es una actividad que utiliza el agua con potencial de beneficios económicos directos. Para el caso del sector agropecuario, tampoco fue posible estimarlo. Sin embargo, considerando el estudio hecho en la Cuenca del Arenal por Castro y Barrantes (1998) el precio estimado en esa oportunidad fue de $\text{¢}2.07/\text{m}^3$.

4. Conclusiones

Según los resultados del estudio, la Cuenca Savegre actualmente cuenta con 70.25% del área total en bosques en distintos estados de sucesión. La principal actividad que compete con el bosque por el uso del suelo es la ganadería, con una extensión del área de pastos equivalente al 24.58% del área de la cuenca, principalmente en las márgenes de los principales ríos de la cuenca. Lo anterior implica un riesgo importante para la conservación del recurso hídrico y, por lo tanto, un riesgo para el desarrollo potencial de la cuenca.

En general, los resultados señalan que la cuenca tiene un 8.33% de actitud de uso agropecuario y 63.80% es de protección absoluta y 18.12% son posibles de utilizar en manejo de bosque natural. Es una cuenca relativamente bien conservada ya que un 73% se encuentra a capacidad, mientras que 24% está sobre-utilizado y sólo 3% está subutilizado. Estos resultados ayudan a priorizar la aplicación de incentivos para alcanzar un uso apropiado del suelo de acuerdo a su capacidad. También señalan la necesidad de establecer una planificación territorial orientada a optimizar el uso de los recursos, integrando no solo el suelo, sino que también el agua, la biodiversidad, y otros, en la generación del máximo nivel de ingresos y minimizando el deterioro de los recursos.

Como se pudo observar en los resultados, la cuenca cuenta con suficiente bosque y agua, de modo que el desarrollo potencial de la misma debería estar basado en el óptimo aprovechamiento de estos recursos, considerando, además, la íntima relación existente entre estos dos recursos naturales. Para ello, es necesario conocer algunos aspectos de los mismos y contar con un inventario adecuada para la planificación. Por ejemplo, en el caso del recurso hídrico, que es el objeto principal de la investigación, existe un presupuesto hídrico que indica una amplia disponibilidad de agua en relación con la demanda actual que representa el 1.18% de la oferta total. Esta situación hace posible planificar un desarrollo importante para la cuenca considerando que el agua no sería una limitación por su amplia disponibilidad.

La principal actividad usuaria del agua es el sector agropecuario con un consumo de 93.64% de la demanda total. Por su parte el consumo poblacional es relativamente bajo por la poca población en la Cuenca. En el caso del turismo todavía no hay un desarrollo sustancial por lo que la capacidad actual es limitada y, por lo tanto, el consumo de agua es bajo. En cuanto a la industria no hay un desarrollo de la misma. En el sector de hidroenergía existen proyectos importantes de desarrollo dentro de la planificación de la cuenca. Lo anterior implica que la cuenca todavía es susceptible de una planificación ordenada del territorio, considerando las limitantes que imponen los principales recursos de la cuenca en cuanto a disponibilidad y vulnerabilidad a ser deteriorados.

Actualmente hay una subutilización en términos económicos del recurso hídrico, por lo que en una situación futura debe analizarse la necesidad de optimizarlo, considerando las actividades con mayor potencial económico, entre ellas la actividad turística y la generación de energía hidráulica. Estas actividades basadas en criterios de sostenibilidad en el uso de recursos, prometen ser menos perjudicial que otras actividades como las agrícolas y ganaderas, así como las de otros servicios como el comercio.

En general, para un manejo responsable del recurso hídrico se requiere determinar el nivel de desarrollo que se puede establecer dentro de la cuenca, estimando para ello la capacidad de carga para cada sector y la demanda mínima de agua que necesita para operar. Esto evitará una sobreutilización del agua y minimizará el riesgo de las inversiones que se establezcan debido a la escasez hídrica potencial que se genere tanto por la sobreexplotación como por la degradación del agua. Además, si una actividad es poco intensiva en la demanda de agua pero es altamente degradante del recurso, será necesario valorarla en cuanto a las limitantes que impondría para el desarrollo de las demás actividades. Es decir, el agua representa un límite natural en la planificación del desarrollo.

Con el fin de contar con instrumentos económicos para la orientación del manejo del recurso hídrico, se hizo una valoración de tres grandes aspectos: la función de captación hídrica que tiene el bosque (¢0.48/m³), el costo de recuperación del bosque (¢1.62/m³) y el valor del agua como insumo de la producción (¢11.01/m³). La principal utilidad de estos valores es la eliminación del subsidio ambiental hídrico que actualmente existe, particularmente para el agua que se demanda de la cuenca. Además, ayudan a cumplir con la función principal de los precios que es la racionalización en el uso de los recursos.

Los precios anteriores representan el punto de partida para la asignación de tarifas de agua, con la finalidad de invertir en la conservación del recurso (valor de captación y valor de recuperación) y en el desarrollo socioeconómico de comunidades (valor del agua como insumo de la producción). Por lo general, las comunidades se desarrollan de acuerdo a la disponibilidad de recursos naturales que poseen y cuidan, por lo que resulta lógico que los usuarios del agua (internos y externos a la cuenca) paguen por ella y fortalezcan la permanencia y uso sostenible de este recurso.

No obstante la amplia variedad de elementos a considerar en el ordenamiento del territorio, tanto la evaluación del presupuesto hídrico como la evaluación económica resultan fundamental de considerar para tales fines. El primero como una restricción natural debido a una oferta de agua disponible dada que limita la cantidad de inversiones para el desarrollo, y el segundo como mecanismos sociales para limitar el uso de recursos en las opciones económicas más rentables de acuerdo a la capacidad de la cuenca.

5. Recomendaciones

Aunque la cuenca del Río Savegre posee una amplia disponibilidad de agua, es necesario promover un uso sostenible del mismo y mejorar las posibilidades de protección y conservación, debido a que las principales actividades económicas están asentadas en las márgenes de los principales ríos de la cuenca y aumentan la vulnerabilidad a ser deterioradas. Por ejemplo, la remoción de cobertura en suelos no aptos para actividades agropecuarias provoca que se intensifique los procesos de erosión por escorrentía superficial de agua.

Es necesario mantener la cobertura actual y promover la recuperación de la superficie que está en sobreutilización del suelo, mediante el pago de incentivos basados en el cobro del servicio ambiental hídrico, mediante las tres modalidades o aspectos evaluados económicamente. Este flujo de ingresos es permanente debido a que el agua siempre se demandará, por lo que es factible mantener un esquema de incentivos para los objetivos de mantenimiento y recuperación de cobertura boscosa.

Por lo anterior, es necesario implementar el pago por el servicio ambiental hídrico cobrando $\text{¢}0.48/\text{m}^3$ para pagar el costo de oportunidad de mantener el bosque actual, $\text{¢}1.62/\text{m}^3$ para pagar el costo de recuperar la superficie de aptitud forestal que está en otros usos y $\text{¢}11.01/\text{m}^3$ por el uso del agua como insumo de la producción principalmente en ecoturismo, industria, comercio y agricultura, cuyos ingresos podrían destinarse al desarrollo de actividades socioeconómicas como reconocimiento a las comunidades por proteger y defender los recurso.

Por las condiciones naturales de la cuenca se recomienda promover actividades que maximicen el uso del agua y minimicen su deterioro, en especial promover el uso eco turístico y la generación de energía hidráulica. Estas actividades tienen distintas modalidades de uso son intensivas en el uso del agua y, por lo general tienen bajo impacto en la contaminación hídrica. Además, están acorde generalmente con la capacidad de uso del suelo, por lo que no atentan contra la protección del recurso hídrico. Las actividades agropecuarias deben reducirse a la capacidad que tiene la cuenca para tales actividades.

Sin importar los sectores que se promuevan, se debe determinar la capacidad máxima de inversión que soporta la cuenca en relación con el consumo de agua, para evitar una sobreexplotación del recurso. De esta manera se estaría respetando el límite natural que

impone la disponibilidad de agua al desarrollo socioeconómico de la cuenca. Esto requiere de un monitoreo permanente que facilite la evaluación del recurso en el tiempo.

Para efectos de un manejo apropiado de los recursos financieros que se generen con el cobro del servicio ambiental hídrico, se recomienda hacer un estudio amplio y sistemático sobre la estructura institucional y legal requeridas capaz de hacer un manejo eficiente de los fondos. Esto proporcionará la definición de la estructura institucional y las necesidades de cambios en el marco legal que permita operacionalizar el pago del servicio ambiental hídrico.

Además, se recomienda hacer una base de datos sistemática, consistente y disponible para actualizar las estimaciones y hacer los cambios respectivos oportunamente minimizando el costo de los estudios. Para ello sería conveniente contar con una plataforma tecnológica para el manejo eficiente de los datos que permita optimizar la capacidad institucional, humana y financiera instalada.

Referencias bibliográficas

- Ander, E. 1991. *El desafío ecológico*. Editorial Universidad Estatal a Distancia UNED. San José, Costa Rica.
- Asamblea Legislativa Costa Rica. 1997. Subcomisión legislativa Mixta del medio ambiente para la redacción de un texto substitutivo del proyecto de ley de biodiversidad. Ley de biodiversidad. Ratificación del texto substitutivo N°2 al proyecto de Ley de biodiversidad. San José, Costa Rica. 7 de noviembre.
- Asamblea Legislativa de la República y Gobierno de Costa Rica. 1997. Ley Forestal No. 7575. Alcance No. 21 a la Gaceta N° 16. San José, Costa Rica.
- Azqueta, Diego. 1994. *Valoración Económica de la Calidad Ambiental*. Universidad de Alcalá de Henares. McGraw-Hill, Madrid.**
- Barrantes, Gerardo y Edmundo Castro. 1998. Valorización económico ecológica del recurso hídrico en la Cuenca Arenal. El agua un flujo permanente de ingreso. ACA-MINAE. San José, Costa Rica.
- Bergoeing, Pierre Jean. 1998. Geomorfología de Costa Rica. Instituto Geográfico Nacional. San José, Costa Rica.
- Bushbacher, R. 1990. *Natural forest management in Humid Tropics ecological, social and economic Considerations*. AMBIO, Vol. 19, No 5, august-1990.
- Calvo, J. 1990. *Water resource developmental in Costa Rica 1970-2000*. Hydrological Science journal 35,2,4/1990.
- Castro, Edmundo y Gerardo Barrantes. 1998. El presupuesto de aguas en Costa Rica: *Cuantificación física de oferta y demanda*. Heredia, Costa Rica.
- Castro, Edmundo y Gerardo Barrantes. 1998. *Valoración económico ecológico del recurso hídrico en la cuenca Arenal: El agua un flujo permanente de ingreso*. Heredia, Costa Rica.
- Castro, Edmundo y R. Ruben. 1998. *Políticas agrarias para el uso sostenible de la tierra y la seguridad alimentaria en Costa Rica*. UNA-CINPE/WAU-DLV. 174p.
- Castro, René. 1999. *Valuing the Environmental Service of Permanent Forest Stands to the Global Climate: The Case of Costa Rica*. A thesis presented to The Doctor of Design Program. Harvard University Cambridge, Massachusetts. 100p.
- CATIE. 1996.-
- CATIE. 1997. Productos no maderables del bosque en Baja Talamanca, Costa Rica. Olafo-CIFOR. Asociación San Migueleña de Conservación y Desarrollo (ASACODE). Turrialba, Costa Rica.
- CCT - CINTERPEDS. 1995. *Valoración Económico Ecológica del Agua: Primera Aproximación para la Interiorización de Costos*. San José, Costa Rica.
- Costanza, R., Ralph d'Arge, Rudolf de Groot, Stephen F., Mónica G., Bruce H., Karin L., Shahid N., Robert O'Neill, José P., Robert R., Paul S., Marjan B. 1998. The value of the World's ecosystem services and natural capital. En *Ecological Economics*, Vol. 25, No.1, Abril.**
- Cruz, W.; J. Walford and M. Munasinghe. 1997. The reining of economic policy reform. The World Bank Environmental department and economic development institute. Washington, D.C.
- Ellis, F. 1992. *Agricultural policies in developing countries*. Cambridge University Press.
- ESRI. 1996. Arc View GIS. *Using Arc View Gis*. Environmental System Research Institute, Inc. USA. 350p.
- ESRI. 1997 Arc View GIS. *Using Arc View Gis*. Environmental, System Research Institute. Inc USA. 350p.
- Fallas, J. 1996. *Cuantificación de la Intercepción en un Bosque Nuboso, Monte de los Olivos, Cuenca del Río Chiquito, Guanacaste, Costa Rica*. CREED, Costa Rica: Notas Técnicas. San José, Costa Rica.
- Fallas, J. 2000. *Identificación y cuantificación de los servicios atribuidos al bosque desde el punto de vista hidrológico (en proceso)*.
- Ferreiro, Antonio; 1994. Valoración Económica del Agua. En Diego Azqueta Y Antonio Ferreiro (eds). Análisis económico y gestión de los recursos naturales. Alianza Editorial S.A. Madrid, España.
- Heuveldop J. et al. 1986. *Agroclimatología tropical*. 1era Ed. Editorial UNED. San José, Costa Rica.
- Holdridge, L,R. 1978. *El diagrama de las zonas de vida. En ecología basada en zonas de vida*. San José, IICA. p. 13-28.

- Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). 1987. Documento preliminar del potencial hidroeléctrico aprovechable en Costa Rica. Fascículo 8. *Plan Maestro de la Cuenca Hidrográfica Río Savegre*. Dirección Planificación Eléctrica ICE. Oficina de proyectos hidroeléctricos, departamento programas de generación.
- Instituto Nacional de Estadística y Censo. 1999. *Índices de desarrollo poblacional*.
- Jiménez, L. y S. Rigg. 1997. *Impacto del Procesamiento Industrial del Café (Coffea arabica) en las aguas superficiales: Estudio de caso en la provincia de Heredia*. Lic., Tesis. Escuela de Economía, Heredia UNA.
- Lee, Richart. 1980. *Forest Hidrology*. Columbia University Press. New York, Guildford, Surrey. 1980.
- Lövenstein, H.; E.A. Lantiga; R. Rabbinge and H. Van Keulen. 1993. *Principles of Theoretical Production Ecology*. Wageningen Agricultural University. Department of Theoretical Production Ecology. November. pp. 117.
- MAG. MIRENEM. 1995. *Metodología para la Determinación de la Capacidad de Uso de las Tierras de Costa Rica*. San José.
- Manual de Contabilidad Nacional Serie. F, No. 61.
- Merrett, S. 1997. *Introduction to the economics of water resources: An international perspective*. UCL Press Limited. Great Britain.
- MINAE. 1997. No 25828-MINAE. La Gaceta No40. San José, Costa Rica:3.
- Munasinghe, M. 1993. Environmental Economics and Sustainable Development. World Bank Environment development. Distributed for the World Conservation Union. Washinton D.C. USA.
- Munasinghe, M. y J. McNeely. 1994. Protected area economics and policy: linking conservation and sustainable development. Distributed for the World Conservation Union. USA.
- Naciones Unidas, 1993. Contabilidad Ambiental y Económica Integrada.
- Núñez, J. 1981. *Fundamentos de edafología*. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica.
- Odum, E. 1986. Fundamentos de Ecología. Editorial Interamericana México D.F.**
- Panayotou, T. 1994. *Ecología, Medio Ambiente y Desarrollo*. Debate crecimiento vrs conservación. México: Ediciones Gernika.
- Ramakrishna, B. 1997. *Estrategias de extensión para el manejo integrado de cuencas hidrográficas: conceptos y experiencias*. Instituto Interamericano de cooperación para la agricultura. San José, Costa Rica.
- Reynolds, Jenny. 1995. (editora). Las Aguas Subterráneas en Costa Rica: Un recurso en Peligro. En Utilización y Manejo del Recurso Hídrico. Editorial Fundación UNA, Heredia, Costa Rica. 93 p.
- Reynolds, Jenny. 1997. Evaluación de los recursos hídricos en Costa Rica: Disponibilidad y utilización. Proyecto de Cuentas Ambientales. CINPE-UNA-CCT.
- Rodríguez, Agustín. 1983. *Evolución Indirecta de los Recursos Hídricos de una Cuenca*. Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), Departamento Estudios Especiales (D.P.E). San José, Costa Rica.
- Ruiz, Sáenz Rodrigo y Robles Gamboa Enid. 1984. Notas Explicativas y Fe de Erratas, Mapa Geológico de Costa Rica. Ministerio de Industria, Energía y Minas. Dirección de Geología, Minas e Hidrocarburos. San José, Costa Rica.
- Saborio, F; Brenes, A. 1995. *Elementos de Climatología*. EUNED. San José, Costa
- Scheng. T.C. 1992. Manual de Campo para la Ordenación de Cuencas Hidrográficas: Estudio y planificación de cuencas hidrográficas.
- Scherr, S.; B. Miranda y O. Neidecker-González, 1997. Investigación sobre Políticas para el Desarrollo Sostenible en las Laderas Mesoamericanas. IICA-Holanda/LADERAS C.A., IFPRI, CIMMYT.**
- United Nations. 1993. *Integreted Environmental and Economic Accounting: Hanbook of National Accounting*.
- Valerio, C. 1991. *La diversidad Biológica de Costa Rica*. Editorial Eliconia. San José Costa Rica. 153p.
- Vega, Edwin. 1999. *Participación de la Empresa Privada en la Conservación de la Energía ante la apertura de un Mercado Global Ambiental (El caso INCSA)*. INCAE.
- Wardford J.; M. Munasinghe and W. Cruz. 1997. *The Greening of Economic Policy Reform*. Volume II: Case Studies. The World Bank. Environmental Department and Economic Development Institute. Washington, D.C.. U.S.A.