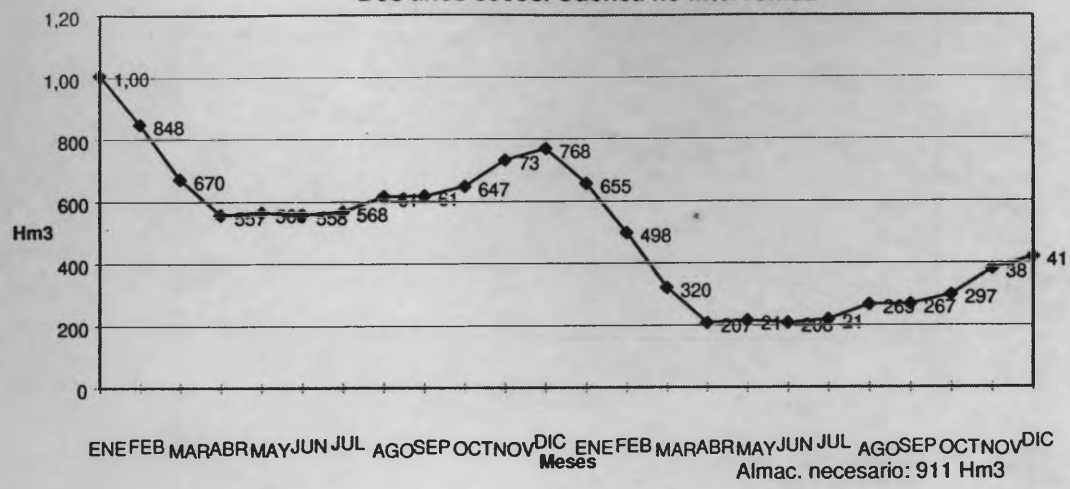
Figura 5 Variación mensual de la reserva
Dos años secos. Cuenca no intervenida



Fuente: Elaborado por el Consorcio, 1996.

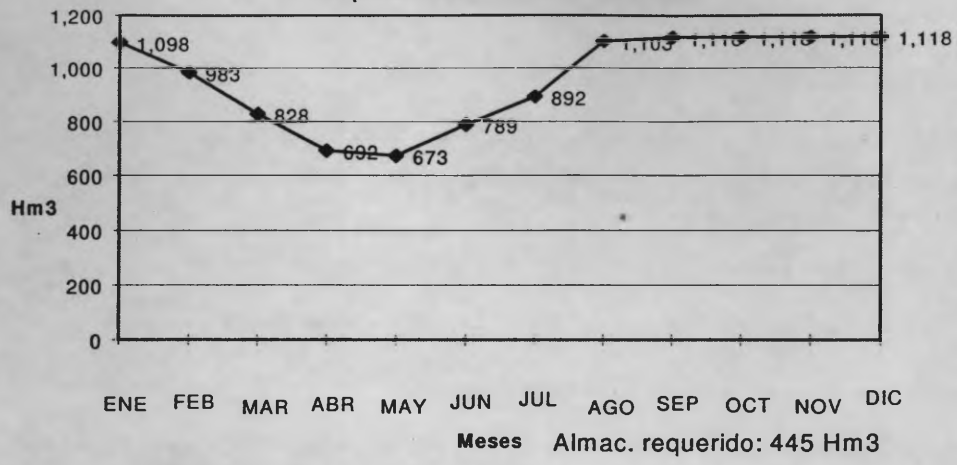
Cuadro 3 Cuenca deforestada (Río Trinidad)
Escorrentía año promedio

Volumen inicial				1,118
Meses	Consumo	Aportes	C-A	Vol. Alm
ENE	237	217	20	1,098
FEB	237	122	115	983
MAR	237	82	155	828
ABR	237	101	136	692
MAY	237	218	19	673
JUN	237	353	-116	789
JUL	237	340	-103	892
AGO	237	448	-211	1,103
SEP	237	645	-408	1,118
OCT	237	864	-627	1,118
NOV	237	795	-558	1,118
DIC	237	470	-233	1,118

Volumen de embalse necesario 445 Hm^3

Fuente: Elaborado por el Consorcio, 1996.

Figura 6 Variación de la reserva
Año promedio. Cuenca Intervenida



Fuente: Elaborado por el Consorcio, 1996

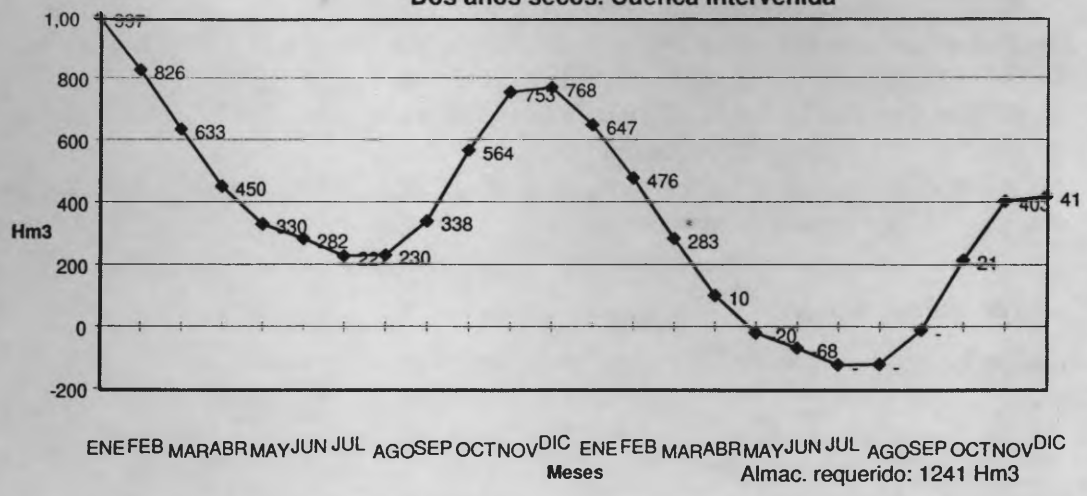
Cuadro 4 Cuenca deforestada (Río Trinidad)
Escorrentía 2 años secos

Volumen inicial				1,118
Meses	Consumo	Aportes	C-A	Vol. alm.
ENE	237	116	121	997
FEB	237	65	172	826
MAR	237	44	193	633
ABR	237	54	183	450
MAY	237	117	120	330
JUN	237	189	48	282
JUL	237	182	55	227
AGO	237	240	-3	230
SEP	237	346	-109	338
OCT	237	463	-226	564
NOV	237	426	-189	753
DIC	237	252	-15	768
ENE	237	116	121	647
FEB	237	65	172	476
MAR	237	44	193	283
ABR	237	54	183	100
MAY	237	117	120	-20
JUN	237	189	48	-68
JUL	237	182	55	-123
AGO	237	240	-3	-120
SEP	237	346	-109	-12
OCT	237	463	-226	214
NOV	237	426	-189	403
DIC	237	252	-15	418

Volumen de embalse necesario 1,241 Hm^3

Fuente: Elaborado por el Consorcio, 1996.

Figura 7 Variación mensual de la reserva
Dos años secos. Cuenca intervenida



Fuente: Elaborado por el Consorcio, 1996.

De los datos anteriores, se concluye:

1. El Ahorro de almacenamiento para los caudales medios es de 49 por ciento. (445- 225)/ 445.
2. El ahorro de almacenamiento para los años secos es de 26 por ciento. (1241 - 911)/ 1241
3. En la Cuenca y en valores promedio, una hectárea de bosque actúa como un almacenamiento natural de 1,500m^3 de agua que retiene durante la estación lluviosa y libera durante la estación seca.

Estos valores son indicativos. Si se quiere afinar los resultados, se deben trabajar con valores diarios y mejor aún con valores horarios de las principales crecidas de los ríos.

Estimaciones de erosión

Este ejercicio está basado en las estimaciones de erosión potencial y real realizadas en la Fase I, para las 52 subcuencas de la Región Interoceánica (ver Informe I, Cap. 12):

- Erosión potencial calculada (Informe I, Capítulo 12, Cuadro 12.1):
  Valores para toda la Cuenca:
  41,049,294 Tn./año proveniente de 295,240 ha. multiplicado por 139.0 Tn./ha./año (valor aproximado por redondeo) (a)

- Erosión real calculada (Informe I, Capítulo 12, Cuadro 12.2):
  Valores para toda la Cuenca:
  6,820,436 Tn./año proveniente de 295,240 ha. multiplicado por 23.1 Tn./ha./año (valor aproximado por redondeo) (b)

El cociente b/a indica que el factor de cobertura promedio para toda la Cuenca es de 0.166. Mirando a los valores por subcuenca, si se deforesta una hectárea de bosque denso en la cuenca alta

del Chagres, el factor cobertura pasa de 0.1 (mejor cobertura) a 0.244, peor factor de cobertura. Esto significa, por ejemplo que:

- Al deforestarse una ha. promedio, se pasa de 13.9 Tn./ha./año de erosión a 33.9 Tn./ha./año de erosión= 20 Tn/ha./año de incremento.
- Al deforestarse una ha. en la subcuenca del Chagres, se pasa de 18.1 Tn.ha./año a 44.4 Tn./ha. año de erosión = 25Tn/ha./año de incremento.
- Al deforestarse una ha. en río Limón, se pasa de 22.7 Tn/ha./año a 55.4 Tn./ha./año de erosión= 33 Tn./ha./año de incremento.

Estimaciones de sedimentación

Basado en los valores de erosión previos y en el Informe I, Cap. 12:

- 1.2 Tn. de material erosionado = 1 m^3

  1 Ha. deforestada en las cuencas altas (únicas que tiene bosque actualmente) resulta en 25 Tn./ha./año de erosión = 21 m^3

En la cuenca del Alajuela una tercera parte del material erosionado llegaría al lago y el 51 por ciento se depositaria en el área útil del embalse, o sea, el 17 por ciento del material erosionado. Por lo tanto:

- 1 ha. deforestada en la cuenca del Alajuela resulta en la pérdida de 4.34m^3 de capacidad útil del embalse.

En la cuenca del Gatún, 0.2 del material erosionado llegaría al lago y el 60 por ciento se depositaría en el área útil del embalse, o sea, el 12 por ciento del material erosionado. Por lo tanto:

- 1 ha. deforestada en la cuenca del Gatún resulta en la perdida de 3m^3 de capacidad útil del embalse.

El promedio ponderado, para el total de la Cuenca, serían dos séptimas partes del material erosionado llegaría a los lagos y el 57.2 por ciento se depositaría en el área útil del embalse, o sea, el 16.3 por ciento del material erosionado. Por lo tanto:

- 1 ha. deforestada en el promedio de la Cuenca resulta en la pérdida de 3.42m^3 de capacidad útil de los embalses.

Estimaciones de costos incrementales de embalse

Nuevos embalses (en base del estudio Yachiyo, 1993)

a) Primera opción en los planes de expansión: embalse en el río Cirí, con 102 Hm^3 de capacidad útil y 28 millones de balboas en costos (precios 1990). Esto equivale a 275,000 balboas por Hm^3, ó 0.275 balboas por m^3.

b) Segunda opción prevista en los planes de expansión del Canal: embalse en el río Trinidad con dos diseños posibles para 392 Hm^3 y 475 Hm^3 y costos de 61 y 93 millones de balboas, respectivamente (precios de 1990). Esto equivale a 155,000 - 195,000 balboas por Hm^3, o entre 0.155 y 0.195 balboas por m^3.

Estos valores han sido actualizados a 1996, en base a un 3 por ciento de incremento anual acumulativo, resultando en los siguientes precios de costos por m^3: Cirí con 0.328 balboas por m^3 y Trinidad con 0.185 - 0.232 balboas por m^3 de 1966.

Capacidad de embalse natural de la vegetación

Considerando (i) 1,500 m^3 por ha. y los valores de construcción de embalses de Cirí y Trinidad, del párrafo anterior el valor de embalse de 1 ha. de bosque es para Cirí B/.277 y B/.348 y B/.492 para Trinidad..

Efecto en la sedimentación

Considerando que:

- 1 ha. deforestada en la cuenca alta del Alajuela aumenta la sedimentación reduciendo la capacidad útil de embalse por 4.34 m^3 por año.
- 1 ha. de reforestación en áreas actualmente sin bosque reduce la sedimentación, aumentando la capacidad útil de embalse en 3.42 m^3 por año.

Tomando los valores de construcción de embalses de Cirí y Trinidad, resulta que el valor anual de el control de sedimentación es (en balboas de 1996 por año)

- Para una ha. deforestada en la cuenca alta del Alajuela:
  Cirí: B/.0.80
  Trinidad: B/.1.01 y B/.1.42

- Para una ha. reforestada en áreas actualmente sin bosque:
  Cirí: B/.0.63
  Trinidad: B/.0.79 y B/.1.12

Debido a que estos son valores anuales, el valor actual de estos beneficios a perpetuidad es (al 10 por ciento de descuento anual):

- Para una ha. deforestada en la cuenca alta del Alajuela:
  Cirí: B/.8.80
  Trinidad: B/.11.11 y B/.15.62

- Para una ha. reforestada en áreas actualmente sin bosque:
  Cirí: B/.6.93
  Trinidad: B/.8.69 y B/.12.32

Figuras

Como se mencionó más arriba, el sistema PoleStar presenta la información en forma de cuadros y figuras. A continuación se muestran algunos de los gráficos generados en la comparación del escenario tendencial y del escenario del Plan Regional, en materia de población, demanda de agua, reforestación, y tierra urbanizada.

Figura 29. Polestar
Escenarios de población
(miles de personas)

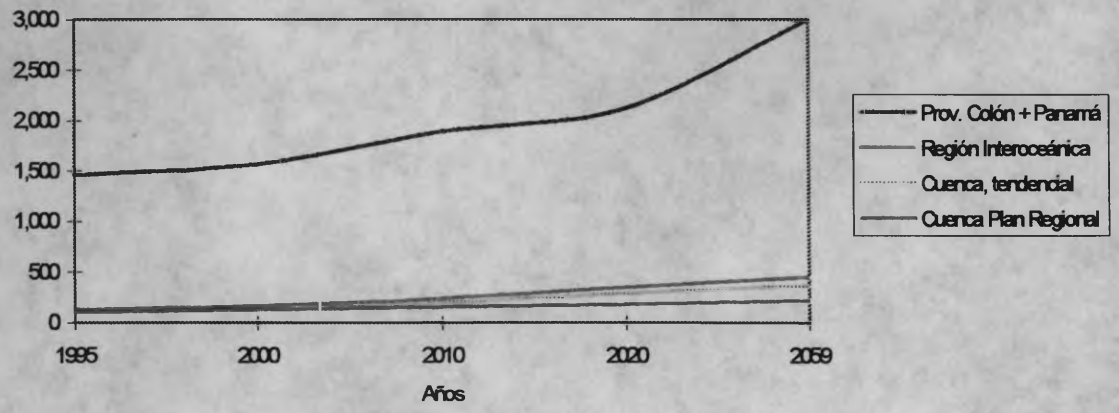


Figura 30. Polestar
Escenarios de demanda de agua

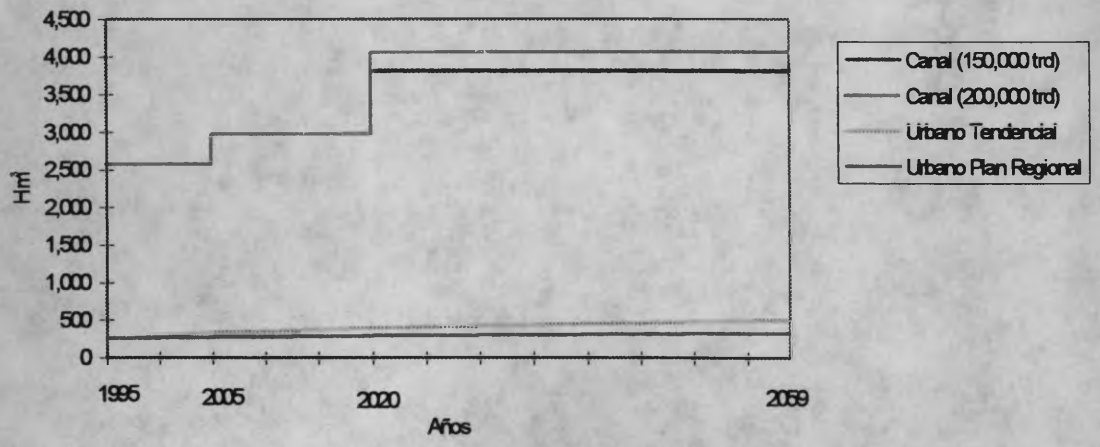


Figura 31. Polestar
Escenarios de reforestación neta

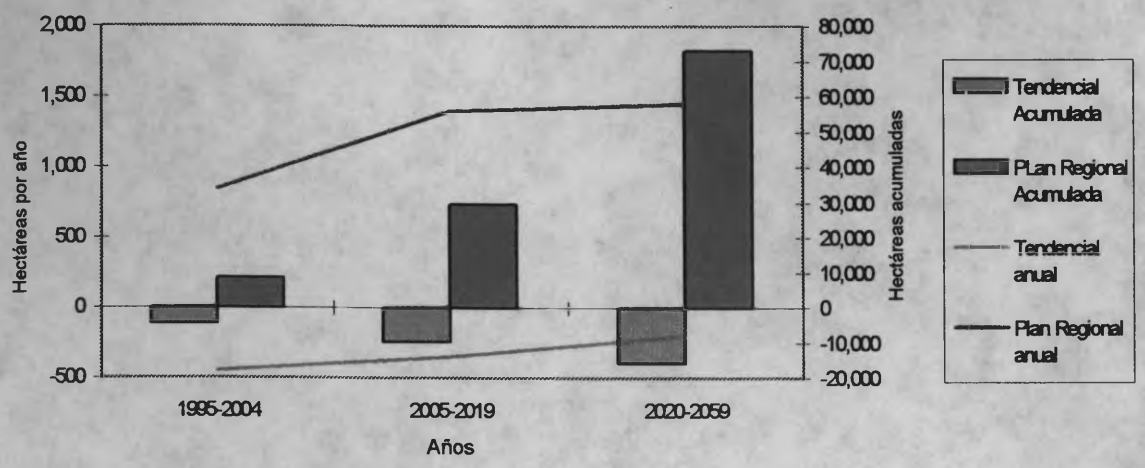
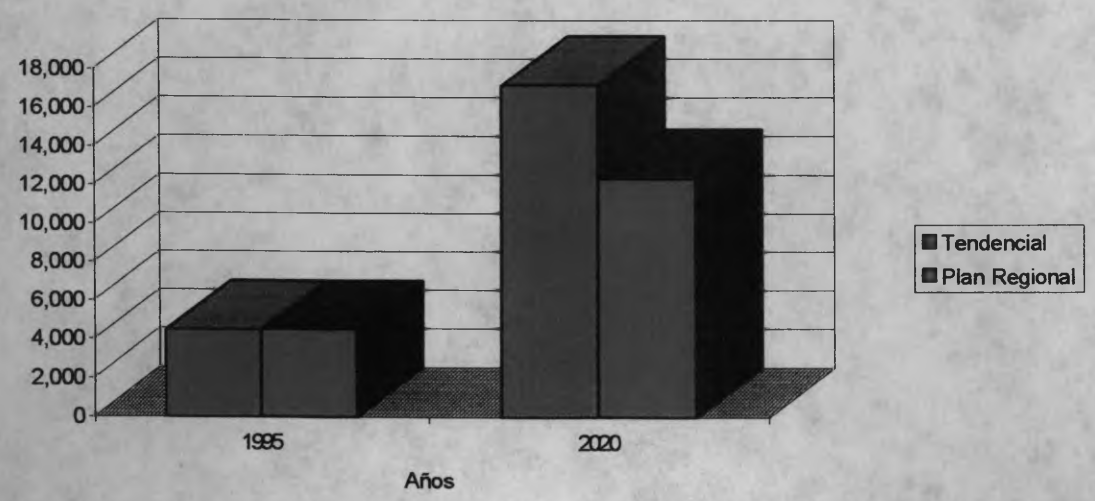


Figura 32. Polestar
Escenarios de tierra urbanizada en la Cuenca
(hectáreas acumuladas al final del período)



BIBLIOGRAFIA

Bibliografía

Intercarib, S. A./ Nathan Associates, (1996). Informe I, Análisis del Uso Actual y Potencial de los Recursos Naturales de la Región Interoceánica, Panamá.

Intercarib, S. A./Nathan Associates, (1996). Informe II, Documento I Final, Plan de Usos del Suelo y los Recursos Naturales de la Región Interoceánica, Panamá.

Stockholm Environmental Institute, (1996). PoleStar System Manual, SEI, Boston

Yachiyo Engineering (1993). The Study of Alternatives to the Panama Canal, Phase 2 Preliminary Engineering and Cost Estimates, 2 vol. Yachiyo Eng. Co. Ltd./ JAICA, Tokyo.

Métodos de valoración ambiental

Estudio sectorial

PARA:
Autoridad de la Región Interoceánica

PREPARADO POR:
Intercarib S.A./Nathan Associates Inc.
Guillermo Rudas

Panamá, 26 de agosto de 1996

Indice

Métodos de valoración ambiental 1
Aspectos metológicos 1
Método de valoración contingente: el caso del ecoturismo 1
Valoración económica de la biodiversidad 4
Valoración del uso potencial de la biodiversidad en la industria farmacéutica 5
Valor agregado a la biodiversidad por la investigación: el caso del instituto Nacional de biodiversidad de Costa Rica 11
Valoración por costos evitados: el servicio de regulación de caudales 13
Capacitación en cuentas ambientales 19
Seminario introductorio sobre economía y ambiente 20
Objetivo general 20
Objetivos específicos y contenidos 20
Metodología 20
Participantes 21
Curso-taller sobre valoración económica y cuentas ambientales 21
Objetivo 21
Contenidos 21
Metodología 21
Bibliografía 22

CUADROS

Cuadro 1 Resumen de literatura sobre el valor farmacéutico de la biodiversidad 10

FIGURAS

Figura 1. Relación entre caudal disponible, cuencas afectadas y costos medios De tratamiento de agua 14
Figura 2. Costo de oportunidad (Ingreso neto potencial) por unidad de área en Bosque 16
Figura 3. Caudal mínimo en función de la cobertura en bosque 18
Figura 4. Estimación de la disponibilidad a pagar por conservar el bosque 19

Métodos de valoración ambiental

ASPECTOS METOLOGICOS

Para ilustrar la aplicación de metodologías de valoración económica del ambiente, en este estudio se incluyen algunos ejemplos de valoraciones específicas realizadas en varios contextos. En primer lugar, se reseña un estudio de valoración contingente orientado a identificar la disponibilidad de pago de los visitantes de una reserva forestal para que esta reserva no sea cambiada de uso, transformándola en un área destinada a actividades agropecuarias.

En relación con la valoración de la biodiversidad, se presenta inicialmente un esquema metodológico orientado a establecer el valor potencial del material biológico con fines de uso farmacéutico. Esta presentación está acompañada de un resumen de los principales estudios que a nivel mundial han recurrido a esta técnica para estimar el valor de la biodiversidad. Complementariamente, se ilustra la manera en que una actividad en investigación en materia de diversidad biológica le agrega valor a este recurso.

Por último, se presenta un ejemplo de aplicación del método de costos evitados. Con base en este método, se valora un ecosistema boscoso en su función de regulador de caudales en una cuenca hidrográfica. A partir de establecer la relación existente entre los costos de conservar la función reguladora del caudal y los beneficios que esta función reporta para los usuarios del agua, se identifica la disponibilidad de pago de estos usuarios para que se conserve el recurso boscoso.

Método de valoración contingente: el caso del ecoturismo[1]

La Reserva de Bosque de Niebla de Monteverde, de aproximadamente 10,000 hectáreas, tiene una enorme diversidad biológica siendo el hábitat de varias especies endémicas, algunas en peligro de extinción, tales como el quetzal resplandeciente (*pirus bairdii*) y el jaguar (*Panthera onca*). Hay seis zonas de vida con base en el sistema de clasificación de Holdrige, habitadas por más de 100 mamíferos, 400 especies de pájaros y 120 especies de reptiles y anfibios, alrededor de 2,500 especies de plantas y varios miles de insectos.

El estudio que aquí se reseña busca evaluar dos alternativas de uso del suelo: (i) conservar el área en su estado actual de Reserva biológica, o (ii) usarla alternativamente para la agricultura. El bosque actualmente existente suministra una gran cantidad de servicios ambientales con aspectos públicos y semiprivados, tales como la regulación de aguas, la conservación del endemismo con uso potencial e incierto, el hábitat de la vida silvestre y los servicios estéticos y recreacionales. El bosque también suministra beneficios económicos

---

[1] Ejercicio de valoración económica de los recursos ecoturísticos en la Reserva del Bosque de Niebla de Monteverde (Costa Rica). Adaptación libre del trabajo *Valuation of Non-Priced Amenities Provided by the Biological Resources within the Monteverde Cloud Forest Preserve, Costa Rica*, preparado por Jaime Echeverría, Michael Hanrahan y Raúl Solórzano (San José, Centro de Ciencias Tropicales, julio 15 de 1994).

directos las comunidades vecinas, derivados del turismo. El uso alternativo implica la remoción (destrucción) del bosque y la conversión del suelo hacia pastos u otros usos agrícolas. Para valorar el actual uso del suelo en el bosque se recurre al método de valoración contingente, confrontando las características de los visitantes nativos de Costa Rica con los extranjeros.

El estudio presenta dos objetivos relacionados con la medición de la disponibilidad a pagar por conservar el bosque:

a) Estimar el valor de las amenidades ambientales suministradas por la reserva;
b) Comparar y contrastar el valor contingente asignado por los visitantes costarricenses, con los visitantes extranjeros (65 por ciento de los cuales son de los EEUU;
c) Verificar si hay diferencias entre la disponibilidad a pagar una sola cantidad de dinero o hacer pagos por cuotas anuales.

La Reserva tuvo 32,213 visitantes entre junio de 1991 y febrero de 1992. El método de valoración contingente fue aplicado a 575 de estos visitantes. La encuesta contenía las siguientes preguntas: una oferta simple de SI o NO ("tómelo o déjelo") sobre una suma de dinero (licitación) alrededor del recurso natural, el ingreso anual del hogar, la edad, el sexo y el nivel de educación. De las 575 respuestas obtenidas, 351 tenían completas sus respuestas. La gran mayoría de las encuestas incompletas no tenían respuesta a las preguntas sobre la oferta o sobre el ingreso. Por otra parte, un estudio previo y los registros de la Reserva indicaban el número de visitantes por día, la participación de diferentes nacionalidades, la edad, el ingreso y otras características de los visitantes.

La oferta formulada se refirió a si el encuestado estaba dispuesto o no a pagar una determinada cantidad de dinero, por cuotas anuales o por una sola vez, para que la Reserva se conservara en bosque y no pasara a usos agrícolas o ganaderos. Cada entrevistado recibía esta sola pregunta, para que contestara SI o NO, en relación con una suma A seleccionada aleatoriamente por el entrevistador. El rango de las sumas sobre las cuales se hizo la indagación empezó en B/.10 y fue ascendiendo de B/.10 en B/.10 hasta llegar B/.200.

Este procedimiento parte del supuesto de que existe una función de utilidad que tiene como argumentos el ingreso (M), el estado de la naturaleza con o sin la Reserva Forestal de Monteverde (S) y un conjunto de factores condicionantes, medidos en este caso por el nivel de educación (E). De esta forma la función de utilidad queda expresada como:

$$V(S, M; E) \qquad (1)$$

En relación con la pregunta sobre la disponibilidad a pagar una suma A para conservar la Reserva, cada entrevistado tenía dos opciones: (i) contestar NO y enfrentar una perdida del recurso en proceso de valoración (S=0) y mantener su ingreso constante; o (ii) contestar SI y tener su ingreso reducido en una suma equivalente a A, pero disponer del recurso en el futuro (S=1).

Se asume que cada entrevistado está dispuesto a pagar la suma A por conservar el recurso, si su nivel de utilidad con recurso disponible y con su ingreso disminuido [V(1, M-A; E)] es mayor o igual a la situación sin el recurso pero con su ingreso sin modificar [V(0, M; E)]. Es decir, cada entrevistado contesta SI únicamente si su nivel de utilidad es mayor en la segunda opción que en la primera.

La probabilidad de que un entrevistado conteste SI a la pregunta de valoración es

$$Pr = G \,.\, (dV) \qquad (2)$$

donde G es una función de probabilidad para el componente aleatorio de utilidad y dV es la diferencia de la utilidad esperada mencionada arriba. De esta forma:

$$dV = [V(1, M\text{-}A; E)] - [V(0, M; E)] \qquad (3)$$

Una aproximación de la probabilidad de que un entrevistado esté dispuesto a pagar la cantidad A especificada, está dada por G(dV(A)). Una persona estaría dispuesta a pagar una cantidad A, si su excedente del consumidor equivalente (ES) es mayor o igual a A, así que G(dV(A)) se aproxima a la probabilidad de que ES ≥ A. Lo más importante aquí es que el valor del recurso —la Reserva Forestal— puede ser expresado aproximadamente por el valor esperado del excedente del consumidor equivalente, E(ES).

Empíricamente dV se puede estimar aproximadamente como:

$$dV = \beta_0 + \beta_1 \log A + \beta_2 \log M + \beta_3 \log E \qquad (4)$$

donde A es la cantidad en balboas puesta en consideración mediante el proceso de "tómelo o déjelo", M es el ingreso anual en balboas y E es el nivel de educación expresado en años. De esta forma:

$$E(ES) = \int G(dV(A))\, dA \qquad (5)$$

Un estimado del excedente equivalente de Hicks se obtiene del valor esperado del excedente equivalente. De esta forma el valor esperado del excedente del consumidor — E(ES) — es el valor expresado por la ecuación 5, el cual se calcula (i) multiplicando la probabilidad de una respuesta SI relacionada con una determinada cantidad A, por el valor de dV (ecuación 4) para la misma cantidad A y (ii) sumando este resultado para todos los valores de A. De esta forma, el excedente equivalente esperado — E(ES)— se define como la disponibilidad de pago de los consumidores por prevenir la pérdida del bien ambiental en cuestión —la Reserva— el cual podría ser disfrutado si efectivamente se realiza el pago.

A partir de la información recolectada con la encuesta, este estudio empleó un modelo *logit de selección dicotómica* para la estimación econométrica de la disponibilidad de los consumidores a pagar para prevenir la pérdida del bosque.

Considerando el conjunto de las 351 encuestas disponibles, la disponibilidad a pagar estimada para cada uno de los encuestados considerado individualmente resultó de B/.121.05. Expandiendo este valor para las 32,213 personas que visitaron la Reserva durante el período durante el cual se aplicó la encuesta —y asumiendo, de manera conservadora, que las 224 personas que no suministraron la información completa tienen una disponibilidad a pagar equivalente a cero— el valor anual agregado por los visitantes a la Reserva por efecto de sus beneficios que para ellos representa la visita asciende a B/.2,380,263 —es decir a B/.121.05 x 32.213 visitantes x (351/(351+224)). Si los visitantes obtienen estos beneficios por una sola vez, el valor presente neto de un flujo de beneficios para 32,213 visitantes

anuales —usando una tasa de descuento real del 6 por ciento y un período de 50 años— equivale a B/.37.517,374 y representa la disponibilidad a pagar por los visitantes de manera agregada para evitar la pérdida de la Reserva por la vía de su conversión a otro uso.

De manera similar, se evaluaron las disponibilidades a pagar de los visitantes costarricenses (42 encuestados con respuestas completas) y de los extranjeros, por separado. El resultado arrojó que mientras los costarricenses están dispuestos a pagar B/.137.41, la cifra estimada para los extranjeros asciende sólo a B/.118.76 —con una diferencia estadísticamente significativa de B/.18.65, equivalente al 13.6 por ciento. De todas formas, esta diferencia se hace aún más notoria si se relaciona con el nivel de ingresos de los dos grupos de encuestados: el ingreso promedio anual de los costarricenses entrevistados resultó de B/.19,086, equivalente sólo al 34 por ciento del ingreso de B/.56,687 de los extranjeros. De esta forma, en relación con sus ingresos los visitantes costarricenses están dispuestos a pagar 3.4 veces más que los extranjeros por preservar la Reserva.

Finalmente se estiman las disponibilidades a pagar bajo las dos modalidades: como un pago único o como pago por cuotas anuales. En este sentido, se obtuvieron disponibilidades de pago por una sola vez de B/.130.43, mientras que, para pagos únicos, este valor se estimó en B/.110.64. —con una diferencia igualmente significativa.

Valoración económica de la biodiversidad

Los beneficios económicos generados por un ecosistema biodiverso —o por sus componentes— frecuentemente son clasificados en valores de usos directo e indirecto, y en valores de opción y de no-uso.

Los *valores de uso directo* se derivan de los bienes y servicios que se usan directamente en actividades productivas o en el consumo humano. Aquí se incluyen todos los usos que se pueden derivar directamente del bosque: la obtención de fauna y flora silvestre para alimentación o usos medicinales por parte de la población directamente relacionada con el bosque; la extracción maderas y de otras especies (resinas, cortezas, semillas, etc.) para autoconsumo o para fines estrictamente comerciales; el bosque destinado a usos que no implican su consumo físico, tales como los usos contemplativos o de recreación pasiva; la recreación activa, tales como la cacería deportiva; la obtención de material genético para la ingeniería genética y la biotecnología con fines de uso por diversos tipos de industrias (farmacéutica, agrícola, etc.). Estos valores de uso directo —y especialmente los que implican un uso de consumo físico del recurso— dependerá en buena medida no sólo de la disponibilidad de cada recurso en el bosque, sino también del nivel de sostenibilidad con que se explote.[2]

Los *valores de uso indirecto* se originan en las funciones ecosistémicas que soportan y protegen la actividad económica. Aquí se incluyen, por ejemplo, los beneficios derivados de la conservación de la cobertura boscosa en términos de la protección de las cuencas hidrográficas, la consecuente prevención de la erosión y la regulación de los caudales superficiales y de las aguas subterráneas. La valoración de este tipo de servicios está directamente relacionada con las ventajas que se derivan para la actividad económica —y para la población en su conjunto— de la conservación de estos servicios ecosistémicos.

---

[2] En términos generales, el nivel de sostenibilidad con que se explote un recurso renovable está directamente relacionado con la existencia de niveles de extracción inferiores a la capacidad regenerativa del recurso.

Adicionalmente a los valores de uso directo e indirecto, los ecosistemas boscosos pueden tener *valor de opción y valor de existencia.* En la literatura económica se hace referencia a dos tipos de valores de opción: valor de opción propiamente dicho y valor de cuasiopción. El valor de opción es asociado a la incertidumbre con respecto al futuro valor de uso directo e indirecto del recurso. El valor de cuasiopción refleja aspectos inter-temporales de decisiones irreversibles de explotar los recursos naturales actuales y el papel que juega la información y el conocimiento dentro de estas decisiones. El valor de opción sugiere una prima de riesgo atribuible al recurso propiamente dicho, en términos de los beneficios ya conocidos que se perderían si el recurso boscoso pierde sus capacidad de suministrar los bienes y servicios de uso directo e indirecto actualmente identificados. Mientras tanto, el valor de cuasiopción transmite esta prima asociada con la perspectiva de obtener mayor información a través del tiempo. De esta forma expresa la opción de obtener en el futuro beneficios no conocidos en la actualidad, pero que potencialmente existen mientras exista el ecosistema que los soporta y que pueden ser perdidos si se toman decisiones irreversibles que comprometan la existencia del bosque.

Finalmente existen valores de no-uso, o valores de existencia, del recurso. Estos representan beneficios derivados para una persona por el solo conocimiento de que el recurso continúa existiendo. Aquí se incluye la percepción de las personas del bosque como un sistema con valor intrínseco. También se hace referencia al valor que le otorgan las personas al bosque como un recurso que debe ser conservado para que lo disfruten otros, o como un legado que debe ser transferido a las generaciones futuras para que ellas disfruten de su existencia. Igualmente estos valores de existencia hacen referencia a los beneficios culturales, religiosos y hereditarios derivados de la existencia del bosque.

Para ilustrar algunos procedimientos que pueden ser empleados para valorar los valores de uso de la biodiversidad, en esta sección se recurre a dos tipos de experiencias analíticas. En primer lugar, se hace una breve reseña del método empleado para estimar el valor de la biodiversidad con base en los beneficios económicos derivados del uso potencial de sustancias biológicas con principios activos, susceptibles de ser desarrollados por la industria farmacéutica. En relación con esta opción de valoración, se presenta un resumen de los principales estudios que a nivel mundial han empleado este método de valoración.

En segundo término, se presentan los resultados de un ejercicio puntual de valoración de la biodiversidad en términos de los beneficios derivados de las actividades de un instituto de investigación en Costa Rica, los cuales expresan el valor agregado a la diversidad biológica por las actividades de investigación misma.

Valoración del uso potencial de la biodiversidad en la industria farmacéutica

El valor medicinal de las plantas ha sido reconocido desde tiempos inmemoriales y aún hoy en día continúan desempeñando un papel fundamental en la medicina del mundo occidental. Al respecto se estima que alrededor de la cuarta parte de las prescripciones médicas en los E.E.U.U. depende de drogas basadas en material fitoquímico.[3] Por otra parte, la mayoría de las medicinas preparadas con base en material vegetal se basan en recursos provenientes de las zonas templadas, puesto que allí se ha concentrado la investigación durante muchos años.

---

[3] Farnswoth, N.R. and Soejarto, D.D., "Potential Consecuence of Plant Extintion in the United States on the Current and Future Availability of Prescription Drugs", *Economic Botany,* 39(3), pp. 231-240 (citado por Principe, 1993).

Sin embargo, el número de drogas nuevas que pueden desarrollarse a partir de material genético del bosque tropical es potencialmente muy elevado (Principe, 1993).

Una forma de aproximarse a la valoración de la biodiversidad consiste en estimar el potencial farmacológico de plantas, microbios, organismos acuáticos e insectos existentes en zonas tropicales.[4] Curas para enfermedades conocidas o desconocidas pueden obtenerse del acervo genético actualmente disponible en estas zonas. Se ha calculado que el total de especies disponibles para ser estudiadas en las selvas tropicales oscila entre 1 y 100 millones de especies. Esto implicaría que la biodiversidad nunca será completamente explorada o explotada y que consecuentemente se debe poner especial atención a su potencial cuando se desarrollan proyectos que puedan afectarla negativamente.

Adicionalmente, es necesario tener en cuenta que el potencial farmacológico de la biodiversidad existente en los bosques tropicales es más importante que el de los climas templados. Mayores niveles de estrés derivados de una gran competencia y depredación entre especies, resultan en respuestas biológicas de gran complejidad bioquímica.

El valor de la biodiversidad puede ser estimado exclusivamente con base en el precio de mercado de las drogas derivadas de fitoquímicos. Sin embargo, es claro que este valor de mercado subestima beneficios sociales de la biodiversidad, tales como los beneficios directos por reducción de los costos médicos, los beneficios indirectos por aumento de ingresos de la economía, los beneficios intangibles por disminución del dolor, la pena y el sufrimiento, y la disponibilidad individual a pagar por una mejora en la salud. Por lo tanto, el valor económico de una droga es notablemente mayor que su valor de mercado.

Por otra parte, los costos incurridos en el proceso de prospección farmacéutica serían los generados por la protección de la biodiversidad, la recolección e identificación de muestras bióticas y los procesos de investigación y desarrollo -I&D- farmacéuticos.

Algunos estimados establecen beneficios anuales privados entre B/.0.585 millones y B/.2.6 millones y beneficios sociales entre B/.1.05 millones y B/.23.7 millones por cada especie no examinada (a precios de 1990).[5] La gran incertidumbre que expresan estos órdenes de magnitud no constituye una limitación para el proceso de valoración. Tan sólo aconseja prudencia en el manejo de la biodiversidad, más aún si se tiene en cuenta que la desaparición de ecosistemas y especies es un proceso irreversible.

Una primera distinción entre material bruto (p.e. plantas secas), material procesado y compuesto mercadeable es necesaria para iniciar el proceso de valoración de biodiversidad. El material bruto es lo que estrictamente correspondería a lo que se denomina como biodiversidad. El material procesado o información sobre especies corresponde a lo llamado muestras bióticas, producto de un proceso de recolección e identificación. Por último, el compuesto mercadeable es el resultado de un proceso de investigación y desarrollo que aísla las propiedades bioquímicas de diferentes especies y sintetiza un producto final que sale al mercado.

Una alternativa para estimar el valor de la biodiversidad consiste en la creación de dos mercados implícitos para describir productos raramente transados en mercados formales: un mercado para especímenes de biodiversidad (material en bruto) y otro para las actividades de investigación y desarrollo (I&D).[6]

---

[4] El valor de la biodiversidad estimado a partir de su contribución al descubrimiento de nuevas drogas (prospección farmacéutica) constituye tan sólo un componente del valor económico total de la biodiversidad. Otros valores como el de existencia, legado, cuasiopción no se valoran en este caso.

[5] Aylward, 1993, Table 1.

[6] La metodología que se expone a continuación está desarrollada en Aylward (1993).

Los otros dos mercados necesarios para el análisis —el mercado de muestras bióticas (especímenes procesados e información sobre especies) y el de drogas terminadas— ya existen y se incorporarían directamente en la evaluación. No obstante, adolecen de fallas de mercado que dificultan una interpretación totalmente adecuada de los resultados. Esta limitación, unida a las dificultades para valorar algunos de los beneficios sociales antes mencionados, hacen necesario restringir el análisis a una estimación de los beneficios brutos obtenidos por los laboratorios por concepto de venta de drogas derivadas de plantas. Adicionalmente, se pueden hacer estimaciones del valor social del impacto positivo del desarrollo farmacéutico sobre las condiciones de salud de la población mundial.

La valoración de biodiversidad, desde este punto de vista, requiere la estimación de dos tipos de rendimiento: (i) el valor presente de los ingresos por venta de drogas y (ii) los rendimientos en las tres fases del proceso de prospección (I&D, producción de muestras bióticas y protección de biodiversidad).

Un análisis costo-beneficio basado en los rendimientos netos de la inversión que hacen las compañías farmacéuticas, no refleja el valor económico total. Sin embargo, constituye una aproximación al límite inferior del valor de la biodiversidad.

Los beneficios brutos obtenidos por las compañías farmacéuticas están dados por,

$$BB_{pp} = \sum_{t=0}^{n} \frac{V_t}{(1+i)^t}$$

donde,

BB_{pp}	=	beneficios brutos de las empresas farmacéuticas
V_t	=	valor esperado de las ventas en el año t
n	=	número de años en los cuales la droga produce ganancias
i	=	tasa de descuento

La dimensión temporal estará determinada por la duración de la patente.

Los costos privados para la compañía farmacéutica serían,

$$CP_{pp} = CP_{i\&d} + CP_{mb}$$

donde,

CP_{pp}	=	costos privados de prospección
$CP_{i\&d}$	=	costos privados de investigación y desarrollo
CP_{mb}	=	costos privados de muestras bióticas

Los beneficios netos privados serían entonces,

$$BNP_{pp} = BB_{pp} - CP_{pp}$$ [7]

[7] Este cálculo requiere la utilización de parámetros generales para actividades de investigación y desarrollo, extrapolados a la industria farmacéutica mundial.

Estos beneficios privados netos pueden ser distribuidos en las distintas fases del proceso de prospección como sigue:

$$BNP_{i\&d} = \left(\frac{CP_{i\&d}}{CP_{pp}} \right) * BNP_{pp}$$

y

$$BNP_{mb} = \left(\frac{CP_{mb}}{CP_{pp}} \right) * BNP_{pp}$$

Paralelamente al procedimiento anterior, se pueden calcular los beneficios netos sociales. Los costos sociales incurridos serían la protección de biodiversidad (CS_{pd}) y los costos de la información taxonómica (CS_{it}). Por tanto,

$$CS_{pp} = CS_{pb} + CS_{mb} + CS_{i\&d}$$

donde:

CS_{pp}	=	costos sociales de prospección
CS_{pb}	=	costos sociales de protección de la biodiversidad
CP_{mb}	=	costos sociales de muestras bióticas
$CP_{i\&d}$	=	costos sociales de investigación y desarrollo

y

$$CS_{mb} = CP_{mb} + CS_{ti}$$

donde:

CP_{mb}	=	costo privado de obtención de muestras bióticas

Finalmente se estiman unos beneficios netos sociales iguales a,

$$BNS_{pp} = BS_{pp} - CS_{pp}$$

que se distribuirían en tres fases según el mismo esquema utilizado para el caso de los beneficios netos privados.

A partir de los resultados obtenidos, es decir de los beneficios netos privados y sociales, se puede calcular el valor de una especie. Este cálculo requiere de un ajuste de los beneficios netos a través de una probabilidad de éxito $P_{(i)}$ o tasa esperada de éxito para una especie *i* dada. Esta tasa reflejaría el número esperado de especies que una compañía necesitaría examinar con el fin de obtener un compuesto mercadeable. Los beneficios netos atribuibles a la protección de la biodiversidad serían:

$$BNS_i = P_{(i)} * BNS_{mb}$$

donde,

$P_{(i)}$ = Probabilidad de éxito de encontrar una especie útil.

La literatura especializada reporta una $P_{(i)}$ que oscila alrededor de 1:10,000. Pero dada la especificidad de la selva tropical y su alto nivel de biodiversidad, esta probabilidad puede ascender a 1:2,000.[8] Dos caminos se pueden tomar para incluir esta información: el primero consistiría en analizar los extremos del rango y el segundo en utilizar simulaciones tipo Montecarlo con el fin de determinar unos órdenes de magnitud de los beneficios sociales de la protección de la biodiversidad.[9] Este procedimiento se aplica convencionalmente en el cálculo del valor de cada especie estudiada.

Con el ánimo de mostrar la variabilidad de estimaciones que resultan de valorar la biodiversidad con base en sus principios farmacológicos, en la Cuadro 1 se reseñan los principales estudios que han aplicado este tipo de métodos.

---

[8] Principe, Peter. *Monetizing the Pharmacological Benefits of Plants*. US Environmental Protection Agency, US-EPA, 1991.

[9] Adicionalmente habría que tener en cuenta el número de muestras requeridas para el proceso de I&D y el número de compañías que estarían investigando las mismas especies.

Cuadro 1 Resumen de literatura sobre el valor farmacéutico de la biodiversidad

Referencia	Farnsworth and Soejarto (1985)	Principe (1989)	McAllister (1991)	Principe (1989)	Ruitenbeek (1989)	Harvard Business School	Pearce - Puro-shothaman (1992)	Simpson et al (1993)	Aylward (1993)	Fernández (1994)	Reid et al (1993)
Biodiversidad valorada	plantas	plantas	árboles	plantas	Especies de Camerún	Especies de Costa Rica	Plantas de bosque húmedo	plantas	plantas	plantas	Muestras bióticas
Cobertura de los valores	E.E.U.U.	OECD	global	OECD	no especificado	no especificado	OECD	no especificado	E.E.U.U. /Costa Rica	no especificado	no especificado
Tipo de información	venta de drogas	venta de drogas	venta de drogas	valor de vidas salvadas	costos de renovación de patentes	regalías por venta de drogas	venta de drogas y valor de vidas salvadas	renta neta requerida desde la prospectiva por crear un valor de la tierra	retornos netos de la prospectiva farmacológica	retornos netos de la prospectiva de una sola droga	regalías por venta de drogas
Tipo de valor	anual	anual	anual	anual	anual	VPN	anual	VPN	VPN	VPN	VPN
Valor por ítem en miles de USB/.	200	200 E.E.U.U. 600 OECD	0.250	37,500	7.5	0.253	1.95 - 350	197-19,887	40 - 459	40 - 459	no especificado
Tasa de éxito para descubrir una nueva droga	1:250	1:2,000	3:100	1:5,000	no especificado (10:500)	1:10,000	1:1,000 o 1:10,000	1:n+1 (4)	1:10,000	1:10,000	1:40,000
Valor por especie no detectada (USB/. de 1991)	2,580,000	474,000	7,500	23,700,000	15 - 150	253	585 - 1,050.000		21 (1) 166 (2) 233 (3)		52 - 46,000,000

(1) Por muestra biótica, en escenario de costos privados.
(2) Por especie, en escenario de costos sociales
(3) Por muestra biótica de acuerdo al modelo de regalías
(4) n es el número de especies colectadas
VPN: Valor presente neto, OECD:Organización Económica para el Comercio y el Desarrollo.

Fuente: UNEP (1996) con base en Aylward (1993), Simpson (1993) y Fernández (1994)

Valor agregado a la biodiversidad por la investigación: el caso del Instituto Nacional de Biodiversidad de Costa Rica[10]

Beneficios económicos del inventario nacional de biodiversidad.

El inventario nacional de biodiversidad adelantado por INBio genera numerosos resultados que conducen a beneficios económicos, tales como;

- información sobre las especies
- una colección de referencia de las especies
- formación de capital humano
- educación ambiental en las comunidades locales

La información es generada a través de la colección y conservación de especímenes, junto con información obtenida en los lugares de recolección. Esta información tiene gran valor para los investigadores en la recolección de especímenes similares con el propósito de investigación científica.

Los beneficios derivados de estas dos colecciones —la física y la de información— se van acumulando a favor del INBio y del país en su conjunto. El INBio usa estas colecciones y la información generada por el inventario en la proyección de sus propias actividades, apoyando acciones comerciales realizadas por el Instituto. Adicionalmente se derivan beneficios para la economía en su conjunto, por ejemplo, con el incremento de la probabilidad de que científicos extranjeros seleccionen a Costa Rica como lugar de especial interés para sus investigaciones. Los científicos extranjeros pueden venir a Costa Rica expresamente para estudiar las especies que se encuentran reseñadas en las colecciones, o pueden estar atraídos por la disponibilidad de recursos adecuadamente catalogados que evitan su necesidad de llevarlos a cabo con su propia investigación taxonómica.

Un estudio realizado por Laarman y Perdue (1989)[11] mide los beneficios para la economía de Costa Rica como resultado de las actividades de "turismo científico" de la Organización para Estudios Tropicales (Organization for Tropical Studies —OTS) en Costa Rica. Los autores encuentran que los ingresos netos recibidos por la economía costarricense directamente atribuibles a la OTS están entre B/.1.9 y B/.3.4 millones por año, para un total estimado de B/.10 millones anuales como resultado del efecto multiplicativo de los gastos turísticos.

Los programas de investigación realizados con base en las actividades sobre la biodiversidad realizados por el INBio generan también considerables beneficios de formación de capital humano. Los beneficios de la formación de capital humano se expresan

---

[10] Síntesis adaptada de la estimación del valor a los beneficios derivados de la investigación del Instituto Nacional de Biodiversidad de Costa Rica (INBio), presentada en Aylward, B., Echeverría, J., Fendt, L. y Barbier, E., *The economic value of species information and its role in biodiversity conservation: Costa Rica's National Biodiversity Institute* (London Environmental Economics Centre, DP 93-06, December 1993).

[11] Laarman, J.G. and Perdue, R.R., *Tropical Science and Tourism: The Case of OTS in Costa Rica.* Tourism Management, 1989 (citado por Aylward et. al., 1993).

en los cambios en la productividad del trabajo y en las mejores condiciones en las expectativas de ingreso.

Beneficios de la perspectivas de uso de la biodiversidad.

Una vez que está desarrollado, el inventario de especies puede ser usado por el sector público y privado en programas de investigación orientados a encontrar usos no tradicionales o novedosos para la biodiversidad. Los ingresos obtenidos por estos usos alternativos pueden ser invertidos para fortalecer los programas de investigación y de conservación de la misma biodiversidad.

Por el momento, los esfuerzos de INBio para alcanzar perspectivas comerciales se han centrado en convenios de investigación conjunta para el desarrollo y empleo de muestras bióticas en programas diseñados para aislar materiales útiles para uso farmacéutico y agroquímico.

Los pagos percibidos por la actividad de investigación orientada al desarrollo de muestras bióticas representan los principales beneficios tangibles de estos convenios. Este es el caso de convenios suscritos por el INBio con organizaciones comerciales.

El primero de estos convenios fue suscrito con la Merck & Co. en septiembre de 1991. Durante dos años INBio recibe B/.1 millón a cambio de un número indeterminado de plantas, insectos y muestras ambientales. Adicionalmente INBio recibirá una cifra indeterminada de regalías —como porcentaje de las ventas netas— sobre cualquier producto comercializable que sea producido con base en las muestras de Costa Rica. Como parte del contrato, Merck está suministrando también aproximadamente B/.183,000 para ser usados en la compra de equipo para desarrollos de facilidades de preparación del material y extracción de las muestras en Costa Rica. Los procesos de preparación de muestras y extracción de los químicos se realizan conjuntamente entre el INBio y la Universidad de Costa Rica, instituciones que dispondrán de los laboratorios al terminar el contrato. Además, el contrato establece formación en los E.E.U.U. de personas adscritas al INBio. En síntesis, el contrato con Merck le genera al INBio cuatro beneficios distintos: pagos por las muestras; regalías; formación física de capital o transferencia de tecnología; y formación de capital humano o capacitación.

Tal como se observa, el contrato contempla no sólo beneficios financieros, expresados en los dos primeros ítems, sino que también transfiere un *know-how* bajo la forma de transferencia tecnológica y capacitación. Basados en las características de la colección del INBio y en tasas precedentes en otras instituciones coleccionistas, se estima que el instituto suministrará a la Merck entre 1,000 y 3,000 muestras durante los dos años del contrato. De acuerdo con estimativos disponibles, y asumiendo que se suministren 2,000 muestras, el valor presente esperado de las regalías podría representar entre B/.350,000 y B/.1.5 millones. De esta forma, es posible afirmar que los beneficios derivados de los pagos directos por las muestras y los beneficios en capital físico y humano son tan importantes —si no más, teniendo en cuenta la certidumbre— que las regalías que puedan ser recibidas.

Valoración por costos evitados: el servicio de regulación de caudales[12]

La destrucción del bosque tropical tiene impactos determinantes sobre la regulación de los sistemas hídricos, con los consecuentes efectos sobre todos los ecosistemas relacionados. La regulación hidrológica por su parte repercute sobre diversas actividades humanas tales como el transporte acuático, los sistemas productivos agropecuarios y piscícolas, la generación hidroeléctrica y el suministro de agua para los acueductos.

Los procesos de deforestación están muchas veces asociados con la ampliación de la frontera agrícola y con la extracción insostenible de recursos maderables. Los procesos de colonización presionan aceleradamente sobre regiones con cobertura boscosa y poco recomendables para la actividad agropecuaria. En estas áreas de alta fragilidad ecosistémica se desarrollan procesos de cambio acelerado de uso de suelo. Se destruye la cobertura boscosa para instaurar cultivos transitorios y, ante una acelerada pérdida de la capacidad productiva agrícola, rápidamente se destina el suelo a la actividad ganadera extensiva de baja capacidad de carga. En muchas ocasiones este proceso se refleja en la concentración de la propiedad, asociada con un mayor desplazamiento de la población de colonos hacia nuevas áreas cubiertas de bosque para continuar la deforestación.

El objetivo de este aparte es presentar una metodología de estimación del valor del bosque, originado en su capacidad de regulación de caudales. En primer lugar, se hace una reflexión sobre las incidencias que la regulación de caudales, derivada de la conservación del sistema de bosques en la cuenca alta, tiene para un tipo de usuarios en particular: los sistemas de acueducto.[13] Se parte del supuesto de que a mayor cobertura boscosa, los costos de operación de los acueductos se disminuyen. Esto obedece al impacto combinado de dos factores: una mayor disponibilidad de agua, especialmente importante en las épocas secas, lo que atenúa la necesidad de ampliar las redes de captación hacia cuencas más alejadas; y un control del contenido de sedimentos en los caudales —derivados de los procesos de erosión— que terminan por incidir sobre los requerimientos de procesos de purificación del agua.

En el otro extremo, se analiza el comportamiento de los costos de conservación de las cuencas. Un especial énfasis se le asigna en este análisis al comportamiento de los costos de oportunidad del uso del suelo en bosques protectores de la cuenca: a medida que se aumenta la superficie en bosque protector, es necesario incorporar más áreas de mejores condiciones agronómicas y por tanto con mayor productividad agropecuaria potencial.

Para relacionar los costos de protección de la cuenca con los beneficios que derivan de esta protección los usuarios del agua, es preciso conocer la relación que existe entre distintos niveles de cobertura boscosa y el comportamiento de los caudales. Para tal efecto, se presentan aquí estimativos realizados para el caso de las cuencas en Colombia, que permiten medir la incidencia del área en bosque sobre la regulación de caudales.

Finalmente, integrando estos tres tipos de análisis —beneficios para los usuarios del agua, costos de protección de la cuenca e impactos de la protección sobre los caudales de agua—,

---

[12] Valoración económica del servicio de regulación de caudales prestado por el bosque en las cuencas hidrográficas. Extractado y adaptado de Rudas, Guillermo, "Uso del Agua e Incentivos Económicos para la Conservación de Cuencas Hidrográficas", *Cuadernos de Desarrollo Rural,* 34, pp. 7-23.

[13] Un análisis similar podría hacerse para otros dos usuarios del agua: las hidroeléctricas y los distritos de riego. Sin embargo, para simplificar la presentación, aquí se hace referencia principalmente a los acueductos.

se llega a un modelo que permite estimar el valor del bosque con base en la disponibilidad a pagar de un acueducto por la conservación de la cuenca de donde se abastece.

Beneficios para los acueductos por la conservación de las cuencas

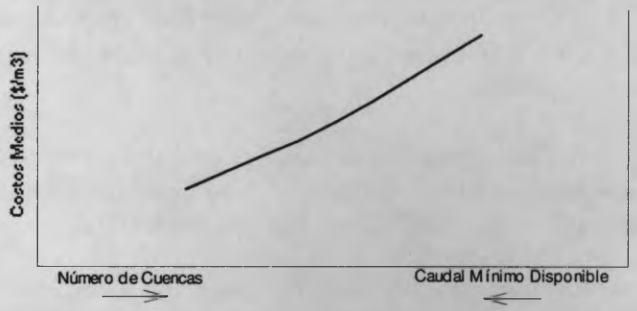
La conservación de las cuencas con su cobertura boscosa original, o la recuperación de cuencas deterioradas reconstruyendo ecosistemas boscosos, tiene impactos positivos sobre los flujos de agua en dos direcciones: (i) protegiendo los suelos sobre la erosión, y por tanto atenuando los contenidos de sólidos suspendidos en el agua que se traducen en elevados niveles de sedimentos en el caudal; y (ii) regulando el volumen de los caudales, impidiendo de esta manera caídas vertiginosas del caudal mínimo durante las épocas secas.

Para abastecer a una población determinada, un sistema de acueducto depende del volumen de agua disponible en las cuencas en donde se abastece del recurso. Si en las épocas de baja precipitación los caudales no alcanzan los niveles adecuados, es preciso recurrir a los sistemas de almacenamiento construidos para tal fin. Y finalmente, si por efecto de un deterioro continuo de la cuenca en uso no se puede garantizar que los sistemas de almacenamiento vigentes sean suficientes para un adecuado suministro, el acueducto se ve obligado a desplazarse a una cuenca más alejada. Este proceso será reiterativo en la media en que las nuevas cuencas de ampliación de la red de captación estén sometidas a las mismas presiones que conducen a su deterioro. Para enfrentar esta situación, la empresa debe asumir un proceso de ampliación de sus redes de abastecimiento.

La construcción de nuevas bocatomas y de sus respectivas redes de conducción para captar agua de cuencas más alejadas, implica una ampliación de la planta instalada por parte de la empresa. Cada vez que tiene que desplazarse a una nueva cuenca, la empresa debe incrementar sus inversiones para tratar el mismo volumen de agua. Esto se reflejará necesariamente en un incremento de los costos medios y de los costos marginales en el mediano plazo.

Las decisiones de ampliar las redes de acopio dependen de la disponibilidad de agua en los momentos críticos: a medida que se disminuyen los caudales mínimos, la empresa tiene que recurrir a nuevas cuencas para abastecerse de agua, incrementándose los costos medios y los costos marginales. De manera inversa, si se conservan o recuperan las cuencas, se incrementarán los caudales mínimos y se evitarán los costos de ampliación de las redes de captación. Estos costos evitados se constituyen entonces en beneficios para la empresa de acueducto (ver Figura 1).

Figura 1. Relación entre Caudal Disponible, Cuencas Afectadas y Costos Medios de Tratamiento de Agua



Fuente: Elaborado por el Consorcio, 1996