

ECONOMÍA AMBIENTAL Y SU APLICACIÓN A LA GESTIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS



MINISTERIO DE AGRICULTURA



ENVIRONMENTAL RESOURCES
MANAGEMENT



DEPARTMENT FOR
INTERNATIONAL DEVELOPMENT

**ECONOMIA AMBIENTAL
Y SU APLICACIÓN A LA GESTIÓN
DE CUENCAS HIDROGRAFICAS**

1997

Este documento puede ser reproducido y utilizado, citando su correspondiente fuente.

Edición y Revisión: Dr. Samuel Francke
Fotografía Portada: Dr. Samuel Francke

Santiago de Chile, Enero 1998
2º Edición 1.000 Ejemplares
Av. Bulnes 259 Of. 506
Fono: (56-2) 3900242 – Fax (56-2) 3900250
E-mail: sfrancke@conaf.cl

PRÓLOGO

La presente publicación es el resultado de la colaboración entre los gobiernos de Gran Bretaña y Chile en el tema de la Economía Ambiental aplicada a la Ordenación de Cuencas Hidrográficas. Este primer paso hacia la introducción de esta disciplina en el país ha sido dado por CONAF, como institución promotora de la iniciativa, apoyada por la Agencia del gobierno Británico DFID (Department for International Development) en el marco de su Programa de Gestión Ambiental en Chile, impulsado por ERM (Environmental Resources Management).

El significativo aporte británico en tan importante iniciativa para una mejor gestión ambiental sobre las cuencas hidrográficas en Chile, viene a consolidar la labor de CONAF sobre los terrenos y ecosistemas forestales, en un área territorial cercana al 45% de la superficie nacional. En esta área, los problemas ambientales más importantes corresponden a la erosión que afecta a la mitad del territorio nacional en distintos grados, resultando urgente su restauración. Respecto a la desertificación, según estudios de la Universidad de Chile, el desierto avanza hacia el sur del país casi medio kilómetro por año y afecta al 63% de su superficie.

A consecuencia de esto, se producen anualmente millones de toneladas de sedimentos resultantes del proceso de erosión, los que embancan ríos, lagos, puertos y la infraestructura hidroeléctrica y de riego del país. Otros fenómenos potencialmente incidentes en la degradación de las cuencas hidrográficas se refieren a la pérdida anual de 50.000 hectáreas de vegetación por incendios forestales; además, 40.000 hectáreas de bosques son cortadas anualmente con objetivos de aprovechamiento y cerca de 10 millones de metros cúbicos son utilizados como leña por cientos de miles de familias que necesitan satisfacer sus requerimientos dendroenergéticos.

Como resultado de esta situación el país ha sufrido la pérdida de cientos de vidas humanas y miles de millones de dólares a causa de los fenómenos catastróficos y procesos de alteración en el funcionamiento de las cuencas hidrográficas. Por mencionar sólo algunos, en tres eventos catastróficos por alteración de los terrenos forestales en cuencas hidrográficas, han muerto cerca de medio millar de personas, como resultan los casos del Alfalfal (Región Metropolitana), Antofagasta (II Región) y Quebrada Macul (Región Metropolitana).

CONAF ha propiciado las condiciones que permitan revertir la dinámica siempre creciente de los procesos de degradación ya señalados. Por ejemplo, el incentivo de la bonificación a la forestación ha permitido implantar cerca de 2 millones de hectáreas de bosques en suelos erosionados y en un futuro cercano se incentivarán directamente los trabajos de conservación de suelos y aguas en suelos degradados, frágiles y desertificados. Un aporte similar se genera por la protección de las cuencas hidrográficas insertas en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado, administrado por CONAF y que abarca 13,8 millones de hectáreas, es decir, el 20% de la superficie del país.

La ley N° 19.300 sobre Bases del Medio Ambiente faculta a CONAF para pronunciarse sobre las intervenciones en terrenos de montaña o forestales frágiles y por ende sobre los impactos ambientales de tipo sinérgicos a nivel de cuencas hidrográficas. Sin duda que las metodologías desarrolladas en el marco del presente proyecto por expertos británicos, consultores internacionales y profesionales chilenos posibilitarán a CONAF y a las organizaciones relacionadas, el cumplimiento de tan elevada responsabilidad institucional.

En este contexto, la Corporación Nacional Forestal ha venido reforzando su Programa de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas, iniciado hace 25 años, hoy en día dependiente de la Gerencia de Desarrollo y Fomento Forestal, abordando los problemas ambientales a nivel de cuencas hidrográficas con modernas y avanzadas metodologías.

Sin duda que el cumplimiento de los propósitos señalados para el PROYECTO DE ECONOMÍA AMBIENTAL EN ORDENACIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS de evaluar económicamente los impactos ambientales de procesos tales como la erosión, las inundaciones, las sequías, los aluviones, la desertificación, la deforestación, la sedimentación y el éxodo rural resultante del empobrecimiento de la capacidad productiva de los ecosistemas forestales, constituirá un avance trascendental en términos de la orientación técnica y focalización de la gestión de CONAF.

Enfrentamos ahora el desafío institucional de aplicar este nuevo conocimiento en análisis de los proyectos de ordenación de cuencas hidrográficas que ha realizado CONAF, especialmente en la evaluación de proyectos de protección de cuencas abastecedoras de agua potable, protección de infraestructura y cuencas periurbanas, proyectos de restauración hidrológico forestal y en los proyectos de recuperación de tierras degradadas en microcuencas, con el anhelo que sea adecuadamente acogido por las autoridades nacionales de Planificación y Coordinación para ser integrados en sus Políticas sobre Inversión Pública.

Visualizamos también que los resultados finales de los estudios aquí desarrollados, nos permitirán avanzar hacia una segunda etapa en la cooperación técnica chileno - británica. Estamos convencidos que se inicia así un proceso que constituirá un significativo aporte en la definición de nuevas pautas para la evaluación de proyectos, lo que ayudará a elevar las prioridades en la asignación de los recursos requeridos para restaurar la naturaleza degradada y reverdecer Chile.

Director Ejecutivo
Corporación Nacional Forestal

EQUIPO TÉCNICO DEL PROYECTO

DFID (Department for International Development, ex ODA)/ ERM

Richard Longstaff	Jefe Sección III, LACAD/DFID
Jane Lovel	Gerente de Proyectos Ambientales, LACAD/DFID
Mauricio Athié	Director Programa Gestión Ambiental DFID
Ana MacGillivray	Gerente de Proyecto, Consultora ERM
Julie Richardson	Economista Ambiental, Prof. de Univ. Sussex
Christían Callierí	Consultor ERM
Tim Sumner	Consultor ERM
Claudio Huepe	Economista Ambiental, EMG Consultores
Jaime Echeverría	Instructor
Bruce Aylward	Instructor

Corporación Nacional Forestal (CONAF)

José Antonio Prado D.	Director Ejecutivo CONAF
Guillermo Guerra M.	Gerente de Desarrollo y Fomento Forestal
Aída Baldini U.	Jefe Departamento Programas y Proyectos
Samuel Francke C.	Jefe Programa de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas Dirección Seminario-Talleres Economía Ambiental
Wilfredo Alfaro C.	Programa de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas Contraparte Proyecto Economía Ambiental

Edición Componente Ambiental

Ing. For Dr. Samuel Francke C.

Edición Componente Económica

Economista Sr. Claudio Huepe

Descripción General del Proyecto

Nombre: Economía Ambiental Aplicada a la Ordenación de Cuencas Hidrográficas.

Objetivo:

- Proporcionar capacitación básica y aplicada en conceptos, técnicas y metodologías de economía ambiental como herramienta de evaluación de estudios, proyectos y programas de ordenación de cuencas hidrográficas.
- Contribuir a la formulación y desarrollo de estudios de casos que incorporen la valoración económica ambiental de los costos y beneficios de los diferentes proyectos de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas.

Duración: 18 meses, a contar de agosto de 1994 hasta mayo de 1996, incluyendo un seminario y cuatro talleres.

Financiamiento: A cargo del DFID (Department For International Development, ex ODA) y Environmental Resources Management (ERM) por un monto de 100.000 libras esterlinas (US\$ 154.000)

Resultados: 25 profesionales capacitados en materias de Economía Ambiental pertenecientes a CONAF, CONAMA y AGCI.

TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN A LA ECONOMÍA AMBIENTAL Y SU APLICACIÓN A LA GESTIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

- 1.1 Conceptos Económicos Básicos
 - 1.1.1 Criterios de Bienestar Social
- 1.2 Valoración del Medio Ambiente
 - 1.2.1 Valores de Uso
 - 1.2.2 Valores de No-Uso
- 1.3 El Valor de las Cuencas Hidrográficas
 - 1.3.1 Impactos Ambientales Potenciales
- 1.4 Análisis Económico y Gestión de las Cuencas Hidrográficas
 - 1.4.1 Fallas de los Mercados
 - 1.4.2 Fallas de las Políticas de Gobierno
 - 1.4.3 Fallas de las Instituciones
 - 1.4.4 Incentivos Económicos para la Protección de Cuencas Hidrográficas
- 1.5 Técnicas de Valoración del Medio Ambiente
- 1.6 Análisis Costo Beneficio
 - 1.6.1 Definir Límite del Proyecto y del Área de Influencia
 - 1.6.2 Identificar Impactos del Proyecto
 - 1.6.3 Cuantificación Física de los Impactos Importantes
 - 1.6.4 Valoración de los Efectos Físicos Cuantificados
 - 1.6.5 Descuento de los Flujos
 - 1.6.6 Criterio de Decisión
 - 1.6.7 Análisis de Sensibilidad
 - 1.6.8 Restricciones de Sostenibilidad
- 1.7 Críticas a la Economía Ambiental y Análisis Costo Beneficio
 - 1.7.1 Valores Antropocéntricos
 - 1.7.2 Valores Privados y de los ciudadanos
 - 1.7.3 Equidad Intra e Intergeneracional
 - 1.7.4 Valores Agregados
 - 1.7.5 Reduccionismo y complejidad del Ecosistema
 - 1.7.6 Riesgo, incertidumbre e ignorancia
 - 1.7.7 Bibliografía

2. ANÁLISIS DE UN PROYECTO DE CORRECCIÓN DE TORRENTES PARA LA PROTECCIÓN DE INFRAESTRUCTURA MINERA DE LA DIVISIÓN EN EL TENIENTE, CODELCO-CHILE, EN LA CUENCA DEL ESTERO SAPOS

- 2.1 Introducción
- 2.2 Análisis Económico de los Proyectos de Ordenamiento y Gestión de Cuencas
 - 2.2.1 Los métodos de valorización ambiental aplicables a los Proyectos de Ordenamiento y Gestión de Cuencas
 - 2.2.2 El método del daño evitado y su aplicación a los fenómenos torrenciales
- 2.3 Antecedentes de la problemática torrencial de la Cuenca del Estero Sapos
 - 2.3.1 Los fenómenos climáticos
 - 2.3.2 Efectos de la contaminación atmosférica en los recursos naturales de la Cuenca del Estero Sapos
 - 2.3.3 Los procesos erosivos y torrenciales de la Cuenca del Estero Sapos
 - 2.3.4 Análisis de crecidas y los efectos dañinos en la infraestructura productiva minera
- 2.4 Evaluación Económica
 - 2.4.1 Costos y beneficios del proyecto propuesto

- 2.4.2 Estimación de costos y beneficios
- 2.4.3 Evaluación privada del proyecto
- 2.4.4 Evaluación social
- 2.5 Conclusiones
- 2.6 Bibliografía

3. EVALUACIÓN DE UN MODELO PRODUCTIVO PARA RECUPERAR SUELOS FORESTALES DEGRADADOS EN MICROCUENCAS HIDROGRÁFICAS EN LA ZONA SEMIÁRIDA

- 3.1 Introducción
- 3.2 Localización
- 3.3 Definición del problema
- 3.4 Objetivos del Proyecto en Alto Loica
- 3.5 Estrategia y Metodología de evaluación
- 3.6 Descripción de acciones del proyecto
- 3.7 Evaluación del proyecto
 - 3.7.1 Supuestos de la evaluación
 - 3.7.2 Situación sin proyecto
 - 3.7.3 Situación con proyecto
- 3.8 Conclusiones
- 3.9 Bibliografía

4. VALORACIÓN ECONÓMICA DE UN ÁREA SIVESTRE PROTEGIDA: EL SECTOR SONCOR DE LA RESERVA NACIONAL “LOS FLAMENCOS”

- 4.1.1 Introducción
- 4.1.2 Objetivos específicos del estudio
- 4.1.3 Fuentes de valor de las Áreas Silvestres Protegidas
- 4.1.4 El Áreas Silvestre Protegida escogida
- 4.1.5 Antecedentes sobre la Reserva Nacional Los Flamencos
- 4.2 Metodología
 - 4.2.1 Los métodos de valoración disponibles
 - 4.2.2 Decisión acerca de los métodos de valoración a aplicar
- 4.3 Resultados
 - 4.3.1 Estadísticas descriptivas
 - 4.3.2 Método del Costo de Viaje
 - 4.3.3 Método del Valor Contingente
- 4.4 Análisis, conclusiones y recomendaciones
 - 4.4.1 De las estadísticas descriptivas
 - 4.4.2 De los resultados de chilenos y extranjeros
 - 4.4.3 Comentarios generales sobre los resultados del MVC y MCV
 - 4.4.4 Método del Costo de Viaje y sus resultados
 - 4.4.5 Método del Valor Contingente y sus Resultados
 - 4.4.6 De la encuesta y los procedimientos
- 4.5 Conclusiones generales y sugerencias

ANEXO N°1: Mapas de localización de la Reserva Nacional Los Flamencos y sus sectores

ANEXO N°2: Encuesta aplicada

5. ALTERNATIVAS PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL PUEBLO DE PURÉN

- 5.1 Introducción
- 5.2 Objetivos
- 5.3 Metodología
 - 5.3.1 Situación sin proyecto
 - 5.3.2 Situación con proyecto
 - 5.3.3 Bases para el análisis económico
 - 5.3.4 Resultados
- 5.4 Conclusiones
- 5.5 Bibliografía

ANEXO N°1: Mapas de localización de Purén y las Microcuencas

6. RALEO DE RENOVALES EN LA RESERVA FORESTAL MAGALLANES: EFECTOS SILVÍCOLAS E HIDROLÓGICOS

- 6.1 Introducción
- 6.2 Diagnóstico
- 6.3 Objetivos del Estudio
- 6.4 Metodología
 - 6.4.1 Evaluación Técnica
 - 6.4.2 Intervención silvicultural
 - 6.4.3 Evaluación económica
- 6.5 Resultado
 - 6.5.1 Aspecto silvicultural
 - 6.5.2 Aspectos Hidrológicos
 - 6.5.3 Cálculo del VAN
- 6.6 Conclusiones
- 6.7 Bibliografía

7. LECCIONES DE ESTUDIO DE CASOS

1. INTRODUCCION A LA ECONOMIA AMBIENTAL Y SU APLICACIÓN A LA GESTION DE CUENCAS HIDROGRAFICAS

1.1. Conceptos Económicos Básicos

Toda decisión ambiental puede ser vista desde un punto de vista económico, por cuanto implica hacer elecciones y cada elección conlleva necesariamente, en un mundo donde los recursos son limitados, un costo de oportunidad (es decir, el costo de no tomar la opción alternativa). Por ejemplo, si se preserva una cuenca hidrográfica en su estado natural, el costo de oportunidad está dado por los beneficios de desarrollo a los que se renuncia, tales como los ingresos por la venta de madera y productos agrícolas.

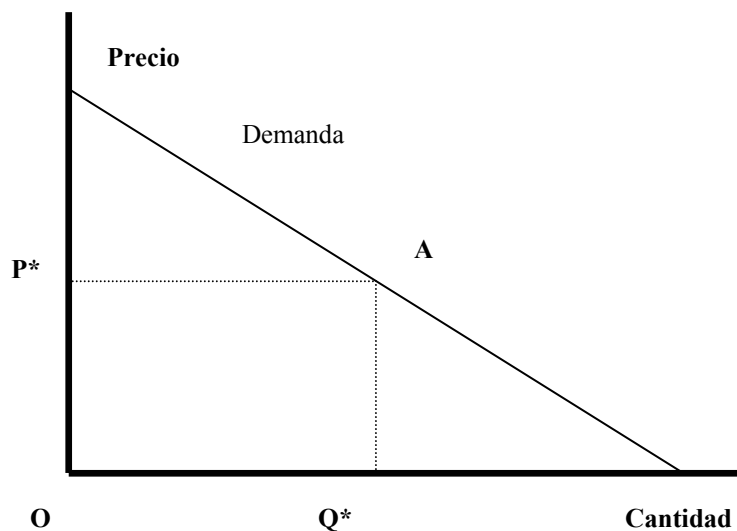
Los economistas se ocupan de investigar las elecciones eficientes, y promover su aplicación, a fin de maximizar los beneficios para la sociedad como un todo. La eficiencia en la asignación de los recursos se alcanza reasignándolos entre sus diferentes usos a fin de aumentar el valor neto del producto generado por estos recursos. Debe notarse, no obstante, que la asignación eficiente de los recursos no implica que la distribución de ingresos en la sociedad sea considerada aceptable¹.

Para medir los beneficios netos sociales se utilizan dos conceptos fundamentales: el excedente del consumidor y el excedente del productor. En un proyecto cualquiera se puede identificar las ganancias o pérdidas de excedentes para los diversos agentes involucrados. A partir de la definición de estos excedentes, es posible estudiar los posibles criterios de bienestar social (es decir, a nivel agregado), que determinen cuando la sociedad, en su conjunto, gana o pierde.

Excedente del consumidor: Dupuit (1844) describió el excedente del consumidor como la diferencia entre el precio pagado cuando se compra un bien y el precio que el consumidor estaría dispuesto a pagar. Por lo tanto, los beneficios netos están asociados a la disposición a pagar por un bien o servicio (la demanda), la cual queda determinada conjuntamente por las preferencias individuales y por la restricción presupuestaria del agente económico. La Figura 1.1^a muestra la relación entre el excedente del consumidor y la demanda de un producto X (que podría ser un servicio o bien ambiental).

¹ Al respecto, Haveman y Weisbrod (1975, pág. 44) expresan la posición más extendida entre los economistas en este tema: “ Para considerar la eficiencia de asignación uno debe ignorar las consideraciones sobre qué personas en particular se benefician o quedan perjudicadas cuando se consideran las alternativas de la asignación de recursos. La cuestión de cómo la asignación de recursos alternativos afectan el bienestar de un grupo particular de personas queda captada por las metas de distribución o equidad”.

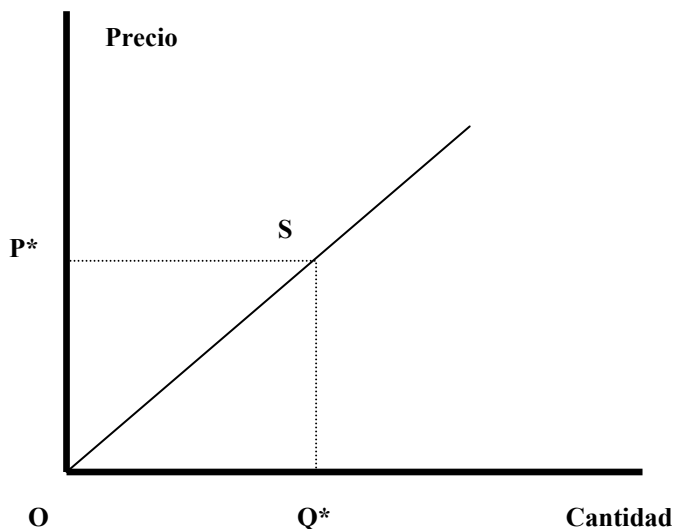
Figura 1.1ª Excedente del consumidor



El consumidor consume la cantidad OQ^* a un precio OP^* . Por lo tanto, el costo total de su consumo es OP^*AQ^* , mientras que el está dispuesto a pagar por dicha cantidad, el monto total de $OBAQ^*$. La diferencia entre este beneficio bruto y el costo total para la persona representa el excedente (beneficio neto) del consumidor, y se visualiza en el triángulo BAP^* .

Excedente del productor : el excedente del productor es una medida de renta económica percibida por el productor por la posesión de factores fijos, lo cual hace que la curva de oferta del productor tenga una "pendiente positiva". El concepto de queda ilustrado en la Figura 1.1b.

Figura 1.1b. Excedente del productor



En la figura anterior se observa que los ingresos totales, dados por $OP \cdot SQ^*$, exceden el costo variable total, representado por OSQ^* , de modo que el excedente resulta ser $OP \cdot S$.

1.1.1. Criterios de Bienestar Social

Al considerar las distintas pérdidas y ganancias en los excedentes del consumidor y del productor para los diversos grupos de personas que pueden verse afectados por un cambio en un recurso ambiental, surge una pregunta clave. ¿Qué criterio puede usarse para decidir si una reasignación de recursos (incluyendo el cambio ambiental) crea un beneficio o una pérdida para la totalidad de la sociedad?

Hanley y Spash (1993) comentan los principales criterios, los cuales se resumen a continuación:

- ***Criterio del Optimo Paretiano***

Es la regla más estricta y requiere que nadie quede peor que antes, y por lo menos una persona tiene que quedar mejor que antes debido a un proyecto o decisión de política. Sin embargo, es difícil concebir políticas que no perjudiquen a alguien, aún cuando beneficien a todos los demás.

- ***Criterio de Indemnización Potencial***

Este criterio reconoce que la mayor parte de las políticas o proyectos generarán ganadores y perdedores y entonces determina que el proyecto se considera económicamente eficiente si los beneficios para los ganadores son mayores que los costos para los perdedores. Este criterio, conocido como el principio Kaldor-Hicks de indemnización potencial requiere que los beneficiados de una acción puedan indemnizar a los perdedores, pero este criterio no requiere que la indemnización se haga efectiva.

Este criterio abre el camino al análisis costo-beneficio (ACB), el cual consiste en contrastar el valor presente de los beneficios con el valor presente de los costos. El bienestar social aumenta si se elige aquellos proyectos con el mayor beneficio neto, siempre que dicho beneficio sea positivo.

- ***Considerar de Forma Explícita la Distribución del Ingreso***

Bajo el criterio Kaldor Hicks, la indemnización no siempre tiene lugar y por ello la toma de decisiones “eficientes”, basadas en el puro análisis costo-beneficio, es totalmente consistente con la desigualdad creciente. Un criterio alternativo enfrenta de forma explícita las cuestiones de distribución al definir una función del bienestar social o sistema de ponderación social. Por ejemplo, la ponderación puede servir para mostrar un juicio de valor en que los pobres deberán beneficiarse más que los ricos. Mucha gente sostiene que argumentar que el no aplicar una ponderación social en el ACB implica la aceptación de la distribución de riqueza e ingresos actual, y relega las decisiones referentes a las cuestiones de distribución a un lugar secundario de preocupación.

1.2. VALORACION DEL MEDIO AMBIENTE

La economía ambiental ha diseñado una estructura analítica para distinguir las fuentes de valor del medio ambiente. Tradicionalmente, se hace una distinción entre los valores de uso y los valores de no-uso, aunque se puede distinguir aún más, como, por ejemplo, entre los valores de uso directo e indirecto o los de uso consuntivo y no consuntivos. Estas distinciones se explican abajo usando como referencia las cuencas hidrográficas.

Es importante destacar aquí la importancia de las cuencas hidrográficas como componente del medio ambiente. Aproximadamente la mitad de la población mundial podría verse afectada por la degradación de las cuencas hidrográficas (el 10% que vive en las laderas y el 40% que ocupa las tierras bajas adyacentes). En las regiones tropicales del hemisferio occidental, por ejemplo, entre un cuarto y un tercio de la población vive en áreas de ladera, y la mitad de las propiedades se sitúan en áreas con pendientes superiores a los 20 grados. Similarmente las tierras en las áreas montañosas del Sudeste Asiático, los Himalayas y África Central y del Este son de vital importancia para el sector agrícola de sus respectivos países.

Aunque la evidencia con respecto a la degradación local de las cuencas hidrográficas es amplia, existe controversia acerca de su magnitud a nivel global así como con respecto a sus causas.

Por ejemplo, no ha consenso en cuanto al grado de degradación de la tierra en los Himalayas, su contribución a la sedimentación aguas abajo y la respectiva influencia de los agentes humanos y naturales.

Sin embargo, en muchas áreas existe una degradación severa. En muchas laderas tropicales es posible encontrar sistemas agrícolas de subsistencia con muy baja productividad y que se llevan a cabo en medio de un rápido crecimiento de la población, pobreza y marginalidad económica. Estas poblaciones son difíciles de alcanzar con los servicios públicos normales. Aquellos que se encuentran bien integrados a mercados nacionales (por ejemplo en Java) frecuentemente responden a señales de los mercados y las políticas que fomentan la degradación de la tierra. Aún en comunidades que parecen estar fuera del alcance de las medidas gubernamentales, algunos aspectos de las políticas nacionales y las instituciones (por ejemplo la distribución de la tierra y el desarrollo de la agricultura) pueden determinar su conducta. El dilema es resumido de la siguiente manera por De Boer (1989):

“la degradación ambiental es tan común en áreas de ladera debido a que los factores sociales y económicos del subdesarrollo se combinan con un recurso tierra en franco deterioro debido al inadecuado uso de este”.

Cambios en la vegetación o en el uso de la tierra (por ejemplo deforestación, arado de pendientes altas y el pastoreo) pueden desencadenar una gran cantidad de procesos interrelacionados: a) mayor exposición de la tierra a los efectos mecánicos de la lluvia y la escorrentía, resultando en erosión del suelo, y en una reducción de la fertilidad debido a la pérdida de nutrientes y de la estructura del suelo; b) mayor escorrentía de agua, provocando erosión en cárcavas e inundaciones; c) menor retención de agua a nivel local, resultando en una reducción en los niveles de los acuíferos subterráneos y escasez de agua en pozos y nacientes a nivel local; d) el transporte de sedimentos produce acumulaciones en ríos y obras de irrigación, deposiciones en represas y lagos, y cambios en los cauces de los ríos lo que aumenta el riesgo de inundaciones, afecta las poblaciones de peces y reduce la capacidad de los embalses y trabajos de irrigación.

No todos estos efectos son negativos en su totalidad. Tierras aguas abajo del área de entrega pueden beneficiarse por la deposición de sedimentos de alta fertilidad durante inundaciones. Algunos sistemas de irrigación y agua potable para usos domésticos pueden depender de altas tasas de escorrentía y por lo tanto se verían beneficiadas por reducciones en la tasa de infiltración y la retención de humedad, aguas arriba.

No obstante, el balance de los efectos del desarrollo sin control en las cuencas hidrográficas es probablemente negativo. Para clarificar este balance es útil llevar a cabo una adecuada clasificación de los valores ambientales de las cuencas según las líneas que se indican a continuación.

1.2.1. Valores de Uso

Se refiere a los valores que la gente obtiene por el uso del recurso de la cuenca hidrográfica. Puede ocasionar una interacción directa con el ecosistema de la cuenca hidrográfica, como puede ser el consumo de agua, pescado y leña. O puede ocasionar el uso no consuntivo como pueden ser los valores obtenidos del transporte de agua, recreación y turismo.

Los valores de uso real pueden incluir los beneficios indirectos derivados de las funciones de protección y de apoyo que la cuenca hidrográfica proporciona aguas abajo a las propiedades, la tierra y las actividades económicas, como puede ser la agricultura. Por ejemplo, las cuencas hidrográficas bien administradas pueden proteger las propiedades y la actividad económica que se encuentra aguas abajo de inundaciones y desprendimientos de tierras. De la misma forma, la función de recarga del agua subterránea de las zonas pantanosas de la llanura aluvial tiene un efecto indirecto a través de toda su reposición del sistema acuífero que proporciona agua potable para uso doméstico y agrícola.

Hay valores de uso que no provienen del uso actual directo o indirecto del recurso. En el contexto de los ecosistemas de la cuenca hidrográfica, estos pueden referirse a su contribución a la cultura y el patrimonio y/o a mantener la diversidad biológica. Este tipo de valor "de soporte" es particularmente difícil de estimar, aunque recientemente se ha realizado algunos avances, en particular en el contexto de estimar el valor de la biodiversidad utilizando los métodos de valoración contingente.

Una forma peculiar de valor de uso es el valor de opción, el cual se refiere al valor de mantener abierta la opción de utilizar un recurso en el futuro. Algunos individuos pueden no estar seguros de que utilizarán un recurso en el futuro, sin embargo, pueden estar dispuestos a pagar para mantener la opción. El precio de opción incluye una cantidad equivalente al valor del uso planeado más una cantidad adicional como prima para garantizar la disponibilidad del recurso (similar a una prima de riesgo).

El valor de opción existe debido a la incertidumbre con respecto a la oferta y la demanda futura del recurso. Un concepto relacionado es el *valor de cuasi-opción*, desarrollado por Arrow y Fisher (1974). El valor de cuasi-opción se basa en la incertidumbre relacionada con la disponibilidad futura de información con respecto a los usos y valores de los recursos naturales amenazados de forma irreversible. Conrad (1980) indica que el valor de cuasi-opción es el valor esperado de la información ganada al retrasar una decisión irreversible. Esto podría aplicarse a, por ejemplo, el represamiento de un río. Sería posible argumentar, si es que existiera incertidumbre con respecto a algunos impactos del proyecto, que vale la pena retrasar la decisión hasta que se conozca la verdadera magnitud de estos.

1.2.2 Valores de No-Uso

Krutilla (1967) sugirió que aunque los individuos no utilicen un recurso, es posible que este sea valioso para ellos. Este valor tiene dos formas. La primera es un *valor de legado*, es decir el deseo de que las futuras generaciones gocen de una cierta dotación de recursos naturales. La segunda es el *valor de existencia*, que se asocia simplemente con el conocimiento de que el recurso existe. Algunos autores no diferencian estos dos conceptos y se refieren al agregado de ambos como valor de existencia. El valor de existencia es independiente de los planes que tenga el individuo de utilizar el recurso en el futuro y se basa principalmente en el altruismo.

Estudios empíricos han demostrado que los valores de existencia pueden ser importantes en las decisiones relacionadas con el uso de los recursos naturales y, en algunos casos, incluso mayores que los valores de uso. Un caso típico de valor de existencia es el bienestar que un individuo deriva de saber que las ballenas existen, aunque posiblemente nunca vea una.

Como puede verse, las categorías económicas son distintas de las que usan ciencias más a menudo asociadas con temas ambientales tales como la ecología. En ecología se utiliza diferentes categorías para clasificar las funciones y el valor de los ecosistemas naturales. Es así como la ecología distingue entre:

- Componentes estructurales: biomasa, especies de flora y fauna, etc.
- Funciones ecológicas: ciclos de nutrientes, funciones microclimáticas, flujo de energía, etc.

No obstante la diferencia, es posible conciliar las categorías económicas y ecológicas, vinculando ambas taxonomías de la siguiente forma:

- Reservas de recursos (*componentes estructurales*): peces, biomasa de madera, animales, alimentos y producción de fibras - valores de uso directo.
- Movimiento / servicios ambientales (*funciones ecológicas*): ayudan o apoyan la actividad económica como la producción agrícola aguas abajo, prevención de inundaciones, mantenimiento de la cantidad y calidad del agua, control de sedimentos - valores de uso indirecto.
- Atributos especiales: tales como la diversidad biológica; no necesariamente se usa la importancia cultural / patrimonial, directa o indirectamente, pero no obstante, parece tener un valor en sí misma - valores de no uso / valores de soporte.

El relacionar los componentes y las funciones ecológicas de las cuencas hidrográficas con los valores económicos de utilización de este modo, proporciona un importante primer paso en la identificación de métodos de valoración económica apropiados, que pueden usarse para asignar valores monetarios a cada componente, función y atributo. En general, los valores obtenidos de casi todos los componentes estructurales o reservas de recursos, se obtendrán de la utilización directa o de la cosecha de estos recursos (p.ej. leña, madera, pesca, pastoreo, cosecha de alimentos, actividades recreativas, navegación / transporte).

Todas las funciones ecológicas parecen tener un valor de uso indirecto, p. ej. el control de crecidas protege la producción agrícola, el valor de la tierra, la propiedad; la retención de los sedimentos previene el atarquinamiento de los sistemas de irrigación. El atributo especial de la biodiversidad podría también tener un valor indirecto de uso al asistir la estabilidad de todo el ecosistema y así sus funciones y recursos. Asimismo, también pueden existir atributos especiales de los lugares que les den valor de existencia.

1.3 EL VALOR DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS

Desde un punto de vista económico las cuencas hidrográficas entregan grandes beneficios a la sociedad, que se originan en una amplia gama de bienes y servicios. En años recientes se ha dado mayor atención a la importancia económica de los beneficios sin valor de mercado. Por ejemplo, se ha enfocado esfuerzos en la investigación sobre la importancia de los bosques tropicales en proveer un habitat que es valioso por su potencial ecoturístico, su capacidad de mitigar los efectos del calentamiento global ² y proveer una fuente de especies para la investigación y desarrollo industrial. Los beneficios sin valor de mercado son muy importantes a la hora de cuantificar los impactos de los programas de manejo de cuencas hidrográficas, y son, principalmente, cuatro:

- protección contra la erosión;
- control de los flujos de agua;
- control de la sedimentación y
- mantención de la diversidad biológica.

El valor económico de la biodiversidad, de la cual un alto porcentaje reside en los bosques tropicales, derivado de nuevos productos industriales, es frecuentemente citado como un importante argumento a favor del manejo integrado de cuencas y la conservación de los bosques. Aylward (1993) repasa estudios acerca del valor de la biodiversidad como insumo en el proceso de investigación y desarrollo farmacéutico y encuentra un rango de valores que oscila desde \$15 hasta \$24.000.000 por especie por año. Aylward indica no sólo que el valor de la biodiversidad se localiza probablemente en el lado bajo de este rango, sino que el valor capturable de la biodiversidad como materia prima industrial es bastante bajo, comparado con el costo de la conservación.

Otro servicio ecológico importante frecuentemente citado como justificación para realizar actividades de conservación de cuencas, es la conservación del suelo y el agua con beneficios locales y nacionales. Por ejemplo, en la evaluación hecha por Ruitenbeek (1989) del proyecto Korup en Camerún, los beneficios derivados de la protección de cuencas hidrográficas eran aproximadamente la mitad del valor total de los beneficios directos de la conservación.

La justificación biofísica para proveer incentivos para la protección de cuencas hidrográficas es bien conocida. Actividades de protección de cuencas estabilizan el suelo, evitando la erosión superficial y deslizamientos masivos (Gregersen *et al* 1987).

² La amenaza que para la economía internacional representa la acumulación de gases de invernadero en la atmósfera y los subsecuentes cambios en las condiciones ambientales ha dirigido a economistas a dedicar esfuerzos considerables en la estimación de la magnitud de estos efectos, los cuales están sujetos a la incertidumbre científica al respecto. Van Kooten *et al* (1992) reportan resultados de otros estudios en los que se sugieren valores para la función de fijación de carbón que oscilan entre los US\$2 y los US\$275 por tonelada de carbón. Fankhauser (1993) sugiere un valor central de US\$20 por tonelada. Si así fuera, el valor de los bosques tropicales como sumideros de carbono es probablemente mayor que los beneficios derivados de otros usos. El Banco Mundial (1993), por ejemplo, estima **que en Costa Rica** los beneficios anuales por hectárea son de \$68.

La degradación del suelo producto de cambios en el uso de la tierra y la cobertura forestal rápidamente reduce el valor productivo de las tierras forestales, frecuentemente de forma irreversible. Además, actividades productivas aguas abajo, como por ejemplo proyectos hidroeléctricos y de riego, se ven afectados de forma negativa por la sedimentación que resulta de cambios en el uso de la tierra en las partes altas.

1.3.1 Impactos Ambientales Potenciales

Bruijnzeel (1990), así como Hamilton y Pearce (1986) especifican una serie de impactos ambientales relacionados con la eliminación de bosques en ambientes tropicales y los cambios en el uso de la tierra en cuencas hidrográficas:

- El flujo total de agua es inversamente proporcional al nivel de cobertura vegetal, con excepción de los bosques nubosos en donde la precipitación horizontal compensa las pérdidas por evapotranspiración.
- Los flujos máximos pueden aumentar si las condiciones hidrológicas de los terrenos permiten que aumente la escorrentía superficial a costa de la subterránea. Esto puede provocar impactos locales de importancia, especialmente inundaciones. Este efecto decrecerá conforme aumente la distancia al sitio y el número de tributarios.
- La escorrentía base (flujo de agua en estación seca) podría aumentar o disminuir, dependiendo del efecto neto de cambios en la infiltración y la evapotranspiración.
- Los tipos de procesos que causan o remueven los sedimentos antes de que se intervenga el bosque serán los que determinen las tasas de sedimentación futuras.
- Con algunas excepciones importantes (como bosques nubosos y grandes cuencas como el Amazonas) cambios en la cubierta forestal probablemente no afecten la precipitación local de forma significativa.
- La calidad del agua se ve por lo general afectada negativamente por la escorrentía de agroquímicos.
- Los impactos hidrológicos negativos de la deforestación tienen más que ver con el uso posterior de la tierra que con la deforestación misma.

La protección de las cuencas hidrográficas es por sí misma un componente del ciclo hidrológico de una región. Establecer las consecuencias físicas y económicas de la degradación de las cuencas también nos permitiría conocer la importancia de los servicios ecológicos que brindan las cuencas intactas. Por ejemplo, la reducción en la cobertura forestal puede modificar el ciclo hidrológico, afectando la cantidad o la frecuencia del movimiento del agua en el sistema. Esto nos lleva entonces a considerar los impactos económicos de dichos cambios. La implicancia práctica de este tema dependerá en primera instancia de la investigación empírica disponible acerca de la hidrología en una región determinada.

En resumen, la mantención de la cubierta forestal conserva tanto el suelo como el agua dentro del ecosistema del bosque. La conservación del suelo permite mantener la productividad de las tierras forestales y la prevención de daños a las actividades económicas fuera del sitio, como son la generación de electricidad y riego agrícola. La conservación implica que el bosque se apropia de una parte del agua disponible en el ciclo hidrológico para su propio uso, lo que disminuirá la cantidad total de agua disponible para otros usos. Por lo tanto, los impactos económicos resultantes dependerán de los valores generados por el bosque, y la dirección y magnitud de los efectos aguas abajo.

Aylward y Barbier (1992) han sugerido que los intercambios ("trade-offs") entre las funciones ecológicas serán un elemento importante en el análisis económico de estos servicios. Por lo tanto cualquier consideración del valor económico de la inversión en protección de cuencas hidrográficas deberá examinar las interrelaciones entre los componentes de conservación del suelo y del agua. Tal análisis deberá incorporar la contribución de la conservación de agua y suelo a la producción de otros bienes y servicios tales como los productos forestales aptos y no aptos para madera, ecoturismo, captura de carbono, y beneficios de la biodiversidad.

1.4 ANÁLISIS ECONÓMICO Y GESTIÓN DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS

Tradicionalmente, las decisiones acerca del uso de la tierra cubierta por bosques han sido tomadas considerando los principales usos directos de la tierra que generan beneficios locales y nacionales. Por esta razón bienes como los bosques nativos no son valorados y apreciados por los propietarios y productores agrícolas a nivel local, más bien son vistos como un activo improductivo cuya mantención tiene un alto costo de oportunidad. La degradación de las cuencas hidrográficas continúa siendo generalizada en los países en desarrollo. Esto se debe, por lo menos en parte, a que establecer sistemas de incentivos apropiados para proteger las cuencas, es todavía un problema complejo para los tomadores de decisiones, los científicos y las comunidades. Para ayudar a identificar los incentivos adecuados, es importante comprender el origen de los problemas. Estos se pueden resumir como fallas en los mercados, las políticas gubernamentales y las instituciones.

1.4.1 Fallas de los Mercados

La **inexistencia de mercados** para la mayoría de los "bienes y servicios" derivados del manejo adecuado de una cuenca hidrográfica, tales como la pureza del agua de los ríos y las zonas costeras, hace que no existan algunos de los incentivos necesarios para que los usuarios del recurso tierra hagan un uso óptimo de la tierra. Por ejemplo, la diversidad biológica es una importante fuente de ingresos en muchas áreas y apoya un sector informal que no se refleja en las estadísticas económicas. En el caso de los usos directos, Peters, Gentry y Mendelsohn (1989) utilizaron un análisis de los retornos de productos no-maderables³ del bosque en un trabajo previo para demostrar que el uso tradicional autóctono del bosque en el Amazonas era un uso económico superior a su conversión a plantaciones forestales y tierras ganaderas.

³ No maderables se refiere a que no es necesario cortar árboles del bosque para producirlos; por ejemplo plantas medicinales, ornamentales, leña, frutas, etc.

Por otra parte, muchos de los beneficios derivados del manejo de cuencas son **bienes públicos** lo que hace difícil su incorporación al mercado. Las características de los bienes públicos no permiten excluir a nadie de su consumo, una vez provisto el bien en cuestión.

Asimismo, las actividades productivas de las unidades económicas tienen efectos que son percibidos por agentes económicos ajenos a éstas. Estos efectos se conocen como **externalidades** y se definen como el caso en que un agente económico afecta la utilidad o las posibilidades de producción de otro, en una manera que no es reflejada en el mercado.

Un ejemplo típico de una externalidad en el contexto de cuencas hidrográficas es la sedimentación. Cuando un productor utiliza técnicas que causan la erosión acelerada del suelo y, consecuentemente, sedimentos son depositados en un embalse, está afectando de forma negativa la producción de electricidad y la disponibilidad de agua para riego. Si bien es cierto el productor vende su producto en el mercado no existe un mecanismo de compensación para indemnizar a la compañía productora de electricidad, que se ve afectada con esta situación.

Los ejemplos más comunes de externalidad son los de los productores sobre los consumidores, que incluyen los efectos de la contaminación industrial, el agotamiento de los recursos naturales y la modificación de los ecosistemas. Existen también casos de externalidades causadas por productores sobre otros productores (por ejemplo, la fumigación de cultivos que afecta cultivos de otros propietarios o la contaminación de los ríos que evita las posibilidades de pesca). Si bien las externalidades que más preocupan son negativas, pueden darse casos en que las acciones de un agente económico sean beneficiosas para otro.

Las externalidades tienen un carácter elusivo (Starret, 1974) por lo que en la mayoría de los casos no son consideradas en la toma de decisiones respecto al uso de la tierra. Quien toma la decisión está interesado en maximizar sus beneficios, y no tiene ningún incentivo para preocuparse de los costos que imponga a otros agentes económicos, salvo que la legislación contemplara la externalidad en cuestión y permitiera demandar por los daños ocasionados de esta forma.

1.4.2 Fallas de las Políticas de Gobierno

A pesar que un manejo racional de las cuencas hidrográficas brindaría una gran cantidad de beneficios a la sociedad, frecuentemente las políticas son diseñadas a un nivel nacional, ignorando valores locales de uso, y más bien provocando la existencia de incentivos para la degradación de las mismas (Browder, 1985). Muchas veces las políticas son diseñadas para cumplir un fin, sin tomar en cuenta los efectos adversos de la misma.

Por ejemplo en Costa Rica, se creó la Reserva Forestal Arenal con el objetivo de conservar el bosque y proteger la cuenca hidrográfica. Sin embargo, su creación provocó la colonización de tierras con severas limitaciones para la producción agrícola en la cuenca superior. El efecto neto entonces fue negativo, pues por un lado se protegió un área pero por otro se promovió la degradación de áreas sensibles desde el punto de vista ecológico.

En algunas regiones, la existencia de subsidios gubernamentales para el desarrollo agrícola puede asimismo incentivar a los propietarios a cultivar en tierras marginales, acelerando la degradación de la cuenca (Barbier 1989, ch 4). A veces, en un esfuerzo para asegurar la integridad de áreas críticas algún tipo de reserva forestal de carácter público es creado. Sin embargo, el nivel de protección brindado es frecuentemente mínimo, debido a limitaciones de presupuesto. Mantener tierra ociosa simplemente con el propósito de proteger una cuenca es visto como un lujo para algunos países en desarrollo donde la tierra arable es escasa, la presión poblacional aumenta y la productividad agrícola es baja.

Estas políticas inadecuadas pueden tener una intención clara de afectar el sector recursos naturales, como por ejemplo incentivos a la agricultura, subsidios forestales y otros. Sin embargo, pueden ser no intencionales y afectar a la conservación de cuencas de manera indirecta, como las políticas macroeconómica, comercial y fiscal.

1.4.3 Fallas de las Instituciones

En algunos países, factores institucionales como los sistemas de tenencia de la tierra y la perspectiva de ser compensado por reclamos de tierras puede dirigir a colonos a invadir tierras cubiertas de bosques nativos. En otros casos, como por ejemplo en Cuz Cuz, propietarios no consideraban un proyecto de conservación de suelos como propio, sino de CONAF, lo que hizo que perdieran el interés por implementarlo.

El crédito también puede introducir una serie de problemas. Por ejemplo, en la década de los sesentas organismos financieros internacionales en América Central exigían para autorizar préstamos al sector ganadero que los pastos fueran "hechos" en áreas cubiertas de bosque. El objetivo era ampliar la frontera agrícola y se utilizó el crédito como medio indirecto de lograrlo. Años después se empieza a reconocer el gran costo ambiental-económico de dicha política institucional.

1.4.4 Incentivos Económicos para la Protección de Cuencas Hidrográficas

Si los mercados, las políticas y las instituciones no son capaces de asignar los recursos de manera óptima cuando se trata de una cuenca hidrográfica, es posible argumentar a favor de brindar incentivos económicos que eliminen esas distorsiones. Cuando se considera soluciones potenciales a las dificultades asociadas con proveer un nivel "socialmente óptimo" de protección de cuencas es muy importante expandir la discusión de los distintos sistemas de manejo para que estos incluyan todo el rango posible. Entre estos encontramos:

- Propiedad privada, con fines de lucro.
- Propiedad pública, áreas protegidas como Parques Nacionales. sistemas mixtos públicos/privados, propiedad privada con incentivos como impuestos, subsidios etc., diseñados para promover la conservación del suelo y del agua o para mitigar situaciones que promueven la degradación de la cuenca
- Propiedad común manejada por grupos colectivos de propietarios y residentes en la cuenca
- Manejo privado de organizaciones sin fines de lucro

Independientemente de cual de estos regimenes se aplique, la existencia de algún tipo de compensación financiera, o transferencia de recursos, como pago por los beneficios extra-mercado que brindan las cuencas, aumentaría sustancialmente 1 probabilidades de éxito de las actividades de conservación. Si los beneficios indirectos provistos por la función ecológica de la cuenca pudieran s comercializados directamente o negociados por compensación financiera, incentivo claro para el mantenimiento de las cuencas sería desarrollado. Esto ser el caso si el costo de oportunidad de la tierra no fuera demasiado alto (no hay us que sean muy rentables por unidad de superficie) y si la mayoría de los beneficios de proteger la cuenca son recibidos.

Bajo estas condiciones sería posible desarrollar un sistema de incentivos en don los beneficiarios aguas abajo compensan financieramente a aquellos que en 1 partes altas llevan a cabo actividades de protección de la cuenca hidrográfica. P ejemplo, contratos entre los administradores de la cuenca y los beneficiarios agua abajo, o el desarrollo de derechos de propiedad que permita recibir pago por generación de servicios ecológicos,

Cualquier sistema de incentivos deberá enfrentar varios problemas. En primer lugar, la negociación y el acuerdo nunca son gratuitos. Evidencia económico reciente en acuerdos ambientales internacionales sugiere que la exitosa conclusi de acuerdos que incluyen compensación financiera depende del número y diversidad de agentes económicos, la existencia de condiciones que fomenten los viajeros gratuitos ("free riders") en estos acuerdos, y el grado en el que los agentes tengan diferentes costos de eliminación de actividades dañinas y en la inversión actividades de conservación (Barrett, 1990).

En segundo lugar, un esquema tendrá más probabilidades de éxito si las actividades de conservación de la cuenca son llevadas a cabo por una sola entidad, como por ejemplo una comisión forestal o un propietario de grandes extensiones de tierra.

También es posible agrupar a varios agentes en un solo cuerpo representativo, como una asociación comunal o de productores, lo cual también es válido para los consumidores de un servicio. Sin embargo, si los costos de hacer cumplir el sistema son demasiado altos, o el retorno de la compensación demasiado baja para muchos de los agentes participantes en el sistema, entonces los incentivos para la participación podrán desaparecer, y aquellos que no participan tratarán de ser viajeros gratuitos en este, durante el mayor tiempo posible.

Basado en lo anterior, se puede notar la importancia de valorar adecuadamente los bienes y servicios ambientales, pues ponen en su contexto las posibilidades y la importancia de cualquier decisión.

1.5 TÉCNICAS DE VALORACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

A fin de utilizar los principios económicos ya establecidos al momento de evaluar proyectos con componentes ambientales, debería incorporarse los valores de los bienes y servicios ambientales al análisis económico igual que cualquiera de los bienes y servicios que normalmente se intercambian en los mercados. Sin embargo, se ha notado que para muchos bienes y servicios ambientales no existen mercados o los valores no están claramente definidos. La economía ambiental, como se ha visto, intenta extender el marco de trabajo tradicional, donde los costos y beneficios se miden por los cambios en el excedente del consumidor y productor, acercándose por mercados relacionados o hipotéticos.

El proceso implica obtener la disposición a pagar (DAP) por cambios ambientales (o a aceptar compensación por ellos) usando la información contenida en los mercados sucedáneos o por encuestas directas o cuestionarios. La obtención de una estimación de la DAP requiere el uso de técnicas específicas. La valoración basada en la demanda se conoce a veces como valoración ambiental del beneficio. Otros métodos contemplan el impacto del cambio ambiental en la producción en cuanto a los cambios en productividad y excedente del productor, los cuales son llamados a menudo valoración ambiental del costo. El Cuadro 1.5a muestra los diferentes métodos de valoración existentes.

Cuadro 1.5a Valoración Ambiental del Costo y Beneficio

Métodos del Costo	Método de la Producción Método de los Costos de Reposición (se puede aplicar a salud humana por la vía de los costos de tratamientos de salud)
Métodos del Beneficio	Método de los Gastos Preventivos Método de los Precios Hedónicos Método de los Costos de Viaje Método de la Valoración Contingente

A continuación se presenta una breve descripción de cada uno de estos métodos de estimación de la disposición a pagar.

Método de la Producción.

Este es el método más usado y en muchos aspectos el más claro. Mide los cambios en la productividad de los sistemas naturales y artificiales que resultan de los cambios en las condiciones ambientales. Los precios reales de mercado pueden utilizarse para valorar los impactos en el producto, pero en otros casos se pueden utilizar los precios de servicios/bienes alternativos o sustitutos. En el contexto de la cuenca hidrográfica puede utilizarse para valorar los impactos en agricultura, pesca, generación de energía hidroeléctrica, productos forestales y transporte de agua.

Método del Costo de Reposición.

Usa el cambio en el gasto asociado a la reposición, mantenimiento o restauración de los bienes ambientales como medida de daño ambiental. El método puede aplicarse con éxito para estimar los servicios ecológicos que proporciona la cuenca hidrográfica. Por ejemplo, el valor de las funciones del mantenimiento de la calidad del agua pueden calcularse por el costo de reponer esta función con instalaciones de tratamiento de agua.

Método de los Gastos de Prevención.

Valora el perjuicio causado por la degradación ambiental según los costos que el consumidor y/o los productores están dispuestos a pagar para prevenir el daño. La disposición a incurrir en gastos para evitar algún daño se toma como una indicación de la disposición a pagar, mínima, por la protección ambiental. En el contexto de la cuenca hidrográfica se puede utilizar para valorar la calidad del agua, inundaciones, deforestación y el riesgo de erosión del suelo, por medio de los gastos en prevenir cualquiera de estos eventos.

Método de los Precios Hedónicos.

El ecosistema de la cuenca hidrográfica a menudo proporciona servicios de protección a las tierras y propiedades de los alrededores. Además, las propiedades situadas en bellos lugares en las áreas de la cuenca hidrográfica adquieren una prima adicional en el precio debido a los valores estéticos y recreativos que tales lugares conllevan. El método de precios hedónicos intenta captar el deseo adicional de pagar por estos valores de protección, valores recreativos y valores estéticos asociados al ecosistema de la cuenca hidrográfica a través de un análisis detallado del mercado de la tierra y/o propiedad en el área local.

Método de Costos de Viaje.

Este método es bastante específico para valorar los lugares recreativos. El principio básico es que se ocasionan costos en viajar hasta el lugar y éstos pueden usarse como una representación de la disposición a pagar por visitar el lugar. El método de costos de viaje puede utilizarse para asignar valor a cualquier atributo recreativo del sistema de la cuenca hidrográfica, como pueden ser las actividades relacionadas con la ornitología y la pesca.

Método de Valoración Contingente.

Este método busca obtener información acerca de las preferencias y valores ambientales directamente de la persona individual con el uso de encuestas, cuestionarios y técnicas experimentales. El método puede aplicarse al valorar cualquier aspecto ambiental de la cuenca hidrográfica, pero el método está sujeto a cierto número de distorsiones que pueden reducir su credibilidad frente a los responsables de la toma de decisiones.

Estos métodos pueden ser utilizados en función de los costos o beneficios inducidos o los costos evitados. Respecto a este último concepto, existen muchas de las funciones de los servicios ecológicos que apoyan o protegen la actividad y propiedad económica pueden ser evaluadas en base a "los costos de los daños que se evitan" si este servicio se degradara o perdiera completamente. Por ejemplo, el valor de los esfuerzos de la ordenación de las cuencas hidrográficas para controlar el flujo del agua y las inundaciones puede evaluarse en base al daño que se evita en la tierra agrícola, edificios e infraestructura, sanidad y seguridad.

1.6 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

El análisis costo beneficio (ACB) es la técnica más aplicada a nivel de proyectos para evaluar la conveniencia social de realizarlos. En lo fundamental, esta técnica consiste en comparar el valor presente de los beneficios con el valor presente de los costos y comparar ambos. En la medida que los beneficios actualizados excedan los costos actualizados, el proyecto resulta en un mejoramiento de la curva de posibilidades de la economía; es decir, permite acceder a niveles más altos de bienestar.

Una variante del ACB, el análisis costo-efectividad puede usarse para la apreciación de proyectos cuando:

- Los costos/beneficios ambientales son difíciles de medir;
- El objetivo del proyecto es encontrar la alternativa de menos costo para conseguir un estándar ambiental determinado por alguna limitación ecológica determinada.

Si los responsables de la adopción de decisiones no están convencidos de la fiabilidad de los métodos de valoración ambiental o no se dispone de los recursos para realizar una valoración amplia, entonces el análisis costo-efectividad puede convertirse en el método de apreciación de un proyecto. Por otra parte, si un objetivo ambiental es una restricción firme, entonces el análisis costo-efectividad se puede usar para averiguar la forma menos costosa de cumplir dicha restricción; sea esto un estándar ambiental acordado o un marco ecológico. En el análisis costo-efectividad el estándar ambiental o la restricción queda expresada en términos físicos (p.ej. lograr un cierto grado de calidad del agua) y se consideran varias formas de cumplir este estándar. El proyecto con el menor costo será el preferido.

Se puede estructurar un ACB en ocho pasos que se definen a continuación y seguidamente se describen.

- Definir el límite del proyecto y del área de influencia.
- Identificar los impactos del proyecto.
- Cuantificación física de los impactos importantes.
- Valoración monetaria de los efectos físicos cuantificados.
- Descuento de los flujos.
- Aplicar un criterio de decisión.
- Análisis de sensibilidad
- Restricciones de sostenibilidad.

1.6.1 Definir Limite del Proyecto y del Área de Influencia

El primer paso requiere que el proyecto y sus límites se definan claramente. Esto implica definir los efectos en el lugar o fuera de él, y determinar la población y el período de tiempo sobre los que se agregarán los costos y beneficios. Para ello, se debe considerar al menos lo siguiente:

- el estado actual del recurso de la cuenca hidrográfica;
- un diagnóstico de las amenazas actuales y las causas de degradación;
- un resumen de las alternativas del proyecto;
- un resumen que muestre como se va a ejecutar y evaluar el proyecto.

En el caso de los proyectos de ordenación de las cuencas hidrográficas, es muy importante establecer el sistema de límites para identificar los recursos y actividades que se dan en el sistema y aquellos que ocurren fuera de él.

1.6.2 Identificar Impactos del Proyecto

El segundo paso consiste en identificar los impactos del proyecto; estos incluirán:

- los recursos empleados en realizar el proyecto (mano de obra, equipos, transporte, materiales, energía, etc.);
- impactos en y fuera del lugar de los cambios en la utilización del suelo o prácticas de la cuenca hidrográfica;
- impactos económicos y sociales más amplios como el efecto en el empleo de la localidad; impactos en los precios del suelo y de la propiedad; desplazamiento de la población y otros.

Para identificar los impactos ambientales, se usan las técnicas tradicionales de los estudios de impacto ambiental, tales como las listas de verificación y las matrices de impacto. Las listas de verificación son listados de características (ambientales, sociales, económicas) que pueden ser afectadas por un proyecto. Por su parte, las matrices son básicamente un tipo más avanzado de listas de verificación bidimensional que permiten la identificación de la relación causa-efecto entre las actividades e impactos específicos del proyecto. La Matriz Cuantificada y Graduada se construye en la matriz simple interactiva al especificar la "magnitud" e "importancia" del impacto de cada casilla.

1.6.3 Cuantificación Física de los Impactos Importantes

La tercera etapa se hace en tres partes: determinación de los impactos importantes, determinación de su naturaleza de costo o beneficio y sus características temporales y distributivas, y cuantificación física.

Los métodos de EIA que pueden utilizarse para decidir los impactos que son relevantes/importantes, incluyendo las listas de verificación de escala (en las que se adjuntan clasificaciones subjetivas a los impactos identificados); y matrices graduadas (que estiman la magnitud e importancia de los impactos).

En seguida, se debe determinar la perspectiva cronológica del proyecto en la que se agregarán costos y beneficios, habiendo previamente definido cuales son los costos y cuales los beneficios, según si disminuyen o aumentan la calidad o cantidad de un recursos o si perjudican o aumentan directamente el bienestar de las personas. En el aspecto temporal, frecuentemente ocurre que los beneficios ambientales ocurren en el mediano y largo plazo, mientras que los costos de la ejecución inmediata se dan en los primeros años del proyecto. Por lo tanto, es importante pensar en un largo plazo largo, de tal vez 50 - 100 años. Asimismo, si se va a incorporar algún objetivo social dentro de la apreciación del proyecto, es importante establecer cuáles son los grupos en la sociedad que corren con los gastos y quiénes obtienen las ganancias. Según los objetivos del proyecto, se puede usar varias categorías socioeconómicas para clasificar a los beneficiarios y a los perdedores (ocupación, ingresos o sexo).

Finalmente, se debe determinar las cantidades físicas de flujo de costo-beneficio de un proyecto con el paso del tiempo. En el contexto de los proyectos de ordenación de las cuencas hidrográficas esto puede suponer las estimaciones de los cambios en la pérdida del suelo, relaciones de producción erosión-cosecha, así como cambios en la calidad y flujo del agua.

1.6.4 Valoración Monetaria de los Efectos Físicos Cuantificados

La cuarta etapa del ACB consiste en la valoración monetaria de los efectos físicos cuantificados para convertirlos a una unidad común. Se puede usar los precios de mercado para asignar el valor monetario a todos los bienes y servicios comerciados para así comparar, por ejemplo, las toneladas de madera con las horas de mano de obra. No obstante, como ya hemos visto en secciones anteriores, no existen mercados formales para muchos de los bienes y servicios ambientales, y cuando éstos existen, puede que el precio dominante no refleje el verdadero valor socioeconómico (o disposición a pagar) recurso.

El asignar los valores económicos a los impactos físicos requiere tres tareas importantes:

- Pronosticar cualquier cambio significativo en el nivel esperado del precio y los cambios relativos de los precios para los flujos de valor que se extienden al futuro, en términos reales y nominales (es importante tener en cuenta que los valores para el ACB deben calcularse en términos reales).
- Corregir los precios de mercado cuando existen distorsiones tales como políticas monopólicas, intervenciones del gobierno en la economía o externalidades que no hayan sido tomadas en cuenta por el mercado. Los ajustes deben asegurar que los precios de mercado sean transformados en precios sociales (llamados también "precios sombra").
- Calcular los valores económicos cuando no existen precios. Las técnicas de valoración ambiental permiten obtener el valor económico de los impactos ambientales.

1.6.5 Descuento de los Flujos

La quinta etapa del ACB involucra ordenar los costos y beneficios del proyecto en un marco temporal y luego el descuento de los flujos. La mayor parte de las decisiones de ordenación ambiental tienen una dimensión del tiempo muy importante, por lo que añadir el tiempo a nuestro análisis convierte el análisis estático en un problema de eficiencia dinámica donde la meta es el sacar el mayor partido a los beneficios netos que podrían recibirse de todas las formas posibles de asignación de un recurso durante algún periodo.

La selección de la tasa de descuento y el periodo relevante de tiempo son parámetros cruciales en cualquier ejercicio de evaluación del proyecto. La ponderación implícita del presente sobre el futuro se conoce como descuento y la tasa al que la ponderación cambia es la tasa de descuento. Desde la perspectiva económica existen dos razones básicas para realizar descuentos:

- la preferencia social por el tiempo: las personas simplemente prefieren el presente en lugar del futuro debido a impaciencia, riesgo de muerte, incertidumbre sobre el futuro y la disminución (marginal) de la utilidad del consumo.
- el costo social del capital: se debe descontar los flujos futuros a la tasa que se habría recibido de haber invertido dichos recursos.

1.6.6 Criterio de Decisión

La sexta etapa del ACB implica aplicar algún criterio de decisión para seleccionar la alternativa adecuada. El objetivo básico del análisis de costo-beneficio es seleccionar proyectos que posean los mayores beneficios sociales netos. El criterio de decisión más aceptado es el del Valor Actual Neto (VAN), en que se evalúa si la suma de las ganancias descontadas excede las pérdidas descontadas. Si esto es así, se puede decir que el proyecto representa un desplazamiento eficiente en la asignación de recursos, en cuanto a que los beneficiarios podrían inden-tinizar en potencia a los perdedores.

El valor actual neto de un proyecto se calcula de la siguiente manera:

$$VAN = \sum \frac{B_t}{(1+r)^t} - \sum \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

donde B_t representa los beneficios de cada período t y C_t los costos de cada período, de modo que se decide aceptar el proyecto si $VAN > 0$. Existen algunas variaciones en tomo a este criterio de decisión, de acuerdo a disponibilidad de financiamiento o por la tasa de retorno interna del proyecto, pero el principio básico del VAN sigue siendo válido.

1.6.7 Análisis de Sensibilidad

El penúltimo paso de un análisis costo-beneficio es el análisis de sensibilidad. Se ha visto que la decisión de aceptar o rechazar un proyecto basada en el VAN depende en gran medida de las predicciones acerca de ciertas variables o parámetros clave. Está claro, que ninguna de estas predicciones se realiza con una previsión perfecta, y cuanto más se extiendan los costos y beneficios hacia el futuro menos fiables serán estas estimaciones.

El objetivo básico del análisis de sensibilidad es descubrir a qué parámetros es más sensible el VAN. El análisis de sensibilidad supone volver a calcular el VAN cuando los valores de ciertos parámetros clave cambian. Estos parámetros incluirán:

- tasa de descuento
- cantidades y cualidades físicas de insumos/producto
- precios sombra
- longevidad del proyecto

1.6.8 Restricciones de Sostenibilidad

Por último, el desarrollo de un ACB adecuado requerirá la posible introducción de si el proyecto tiene consecuencias importantes sobre restricciones de sostenibilidad generaciones futuras. El concepto de desarrollo sostenible es un término que se ha popularizado mucho en la última década, y que se refiere al desarrollo que permite a la generación actual maximizar su bienestar sin afectar la posibilidad de las generaciones futuras de hacer lo mismo. En el ACB, como señala Page (1977):

"bajo la regla de eficiencia todo se ve desde el punto de vista de la generación actual, son sus preferencias de tiempo y todo se descuenta de vuelta a ellos".

Entre las restricciones más importantes se encuentra la idea de mantener el capital natural constante. Una regla para mantener el capital natural constante sería prohibir cualquier proyecto con costos ambientales netos. Pearce et al (1990) sostiene que esto sería una limitación exagerada y que un enfoque alternativo sería insistir en que se realizara otro proyecto (un *proyecto sombra*) que tiene un beneficio ambiental neto, por lo menos igual al costo ambiental del proyecto de desarrollo original. De forma más general, ante una cartera de proyectos, la suma de los daños ambientales netos no sería mayor que la suma de los beneficios ambientales netos. Este requisito puede interpretarse como una restricción del análisis costo-beneficio.

Una alternativa a la proposición de Pearce es el enfoque Krutilla Fisher, que introduce un principio de precaución en la apreciación de proyectos para reducir el riesgo de daño ambiental irreversible y revertir el sesgo actual hacia el desarrollo a costa de los beneficios de protección. Este enfoque se basa en hacer los siguientes ajustes a flujos de costos y beneficios:

- Aplicar una tasa de crecimiento anual a los beneficios de conservación: esto supone que los beneficios de la conservación probablemente ascenderán con el tiempo, debido a que el agotamiento de los recursos naturales y la disminución de la calidad ambiental aumentan la *escasez relativa* de los recursos restantes.
- Aplicar un factor de obsolescencia tecnológica a los beneficios de los proyectos de desarrollo: esto supone que los beneficios de desarrollo probablemente fallarán con el tiempo, ya que el cambio tecnológico hará que los desarrollos actuales parezcan menos atractivos con el paso del tiempo.

Esto presenta un principio de precaución para el desarrollo futuro y presenta tasas de descuento diferencial a los beneficios de desarrollo y conservación netos. Este enfoque tiene menor aceptación en general, dada la decisión arbitraria que puede acompañar a las tasas de crecimiento de los beneficios y de obsolescencia tecnológica.

1.7 CRITICAS A LA ECONOMÍA AMBIENTAL Y AL ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

Se ha comenzado a aceptar de manera bastante generalizada el aporte que representa el análisis económico para la adecuada gestión de los temas ambientales. No obstante, persisten algunas críticas a los fundamentos teóricos que merecen ser mencionadas no por que invaliden los aportes de la economía ambiental, sino que permiten ponerla en perspectiva respecto a los otros aportes en la toma de decisiones, tales como las consideraciones éticas, legales, tecnológicas y políticas.

1.7.1 Valores Antropocéntricos

Muchos de los métodos de valoración ambiental están basados en revelar las preferencias de las personas o la disposición a pagar por los recursos y servicios ambientales. De ahí que los recursos ambientales sólo tienen un valor económico si la gente los pide directamente o si se utilizan en la producción de bienes y servicios que la gente exige (apoyado por la capacidad de pagar).

El uso de preferencias humanas como la base de la asignación de recursos ambientales es tema de muchos debates morales. Para empezar, ¿Deberían ser las preferencias que guían la valoración ambiental y el análisis costo-beneficio, las preferencias que tienen las generaciones actuales, (y que a menudo están mal informadas)? ¿O deberían relacionarse a las preferencias que las personas individuales tendrían que tener? ¿Cómo se relacionan las preferencias y deseos humanos a las necesidades humanas y no humanas?

1.7.2 Valores Privados y de los Ciudadanos

El comportamiento de la gente y sus preferencias están influidos por su papel doble como consumidores y ciudadanos. El comportamiento del consumidor individual estará más bien caracterizado por interés propio. No obstante, la valoración de la gente como ciudadanos puede ser diferente de su valoración privada cuando se reconocen intereses y valores más amplios. Una de las objeciones a la valoración ambiental motivada por el interés propio y la disposición a pagar de la persona es que puede no captar los valores de ciudadanos y de bien público que son característicos de muchos servicios y bienes ambientales.

1.7.3 Equidad Intra e Intergeneracional

Una comparación sencilla de costos y beneficios todavía supone que algunas personas saldrán beneficiadas y que otras saldrán perjudicadas. En principio, los beneficiarios podrían más que compensar a los perjudicados (en generaciones actuales o futuras), pero en la práctica esta compensación a menudo no ocurre.

Por ello, los proyectos que muestran una proporción alta de beneficio/costo pueden ser deseables por motivos de eficiencia económica pero no ser deseables por motivos de distribución. Además, el criterio de disposición a pagar es una opción limitada por la capacidad de pagar. La gente puede necesitar, desear o querer todo tipo de servicios y bienes, incluyendo los ambientales, pero su capacidad de satisfacer estas "preferencias" se ve limitada por sus ingresos.

1.7.4 Valores Agregados

Algunas personas sostienen que la agregación de las ofertas de la disposición a pagar resta el proceso de negociación en la adopción de decisiones democrática entre los diferentes grupos de interés. También está sesgada a mantener el *status quo* y a apoyar a aquellos con ingresos y riqueza que a su vez pueden apoyar las ofertas de la disposición a pagar, con la capacidad de pagar. ¿Cuáles son las alternativas?

“Los críticos como Sagoff (1988) han discutido que el ACB debería ser sustituido como herramienta en la adopción de decisiones por el proceso democrático normal. Lo que él quiere decir es que los ciudadanos eligen a los funcionarios para que lleven a cabo síis deseos relacionados con las decisiones cotidianas sobre la asignación de recursos. Los grupos de interés son grupos de personas que piensan igual y que se unen para ejercer presión a favor de unas alternativas particulares. Cuando se consideran grandes asignaciones de recursos o cuando se planea un proyecto especialmente polémico, se realiza una consulta pública más explícita como puede ser la acción judicial o investigaciones públicas⁵.

1.7.5 Reduccionismo y Complejidad del Ecosistema

La valoración ambiental y el ACB se originan en el marco de trabajo neoclásico que ve a la economía como a una máquina que está construida por la suma de sus partes. Estas partes pueden sumarse o restarse sin cambiar la naturaleza global del sistema de relaciones subyacente. El paradigma que surge de la economía ecológica discute fuertemente en contra de esta visión atomística~mecanística del mundo ya que no refleja el comportamiento de los ecosistemas que muestran sinergia, antagonismo y efectos cumulativos.

“Si los ecosistemas son tan complejos que las personas están mal informadas o no pueden comprender los efectos ambientales de acciones económicas presentes o futuras, entonces las preferencias reveladas o presentadas son una guía poco adecuada para la política, como puede ser la de recalentamiento global” .⁵

1.7.6 Riesgo, Incertidumbre e Ignorancia

Con frecuencia las decisiones relacionadas con el medio ambiente están caracterizadas por el riesgo y la incertidumbre. El riesgo se refiere a las situaciones donde se pueden asignar las probabilidades a los estados alternativos de la naturaleza. La incertidumbre se refiere a las situaciones donde se conocen los resultados, pero se desconoce la probabilidad de su acaecimiento. El análisis costo beneficio trata la incertidumbre por medio del análisis de sensibilidad (que cambia los valores clave del parámetro) y ocasiona diferentes marcos hipotéticos. El riesgo se calcula al utilizar los valores esperados que supone multiplicar el resultado de un estado determinado de la naturaleza por su probabilidad de acaecimiento.

⁵ Hanley y Splash (1993); pág.264

Se ha criticado el considerar al riesgo de esta forma, basado en que no es apropiado para algunos riesgos ambientales que están caracterizados por probabilidades muy bajas junto a resultados catastróficos y de alto costo. Esta crítica se ha orientado en particular, hacia las valoraciones ambientales de energía nuclear y de cambios climáticos.

1.7.7. Bibliografía

Aylward B. A, (1993): *A Case Study of Pharmaceutical Prospecting*, en "The Economic Value of Species Information and its Role in Biodiversity Conservation: Case Studies of Costa Rica's National Biodiversity Institute and Pharmaceutical Prospecting" (Aylward, B A, Echeverría j, Fendt L and Barbier E B.) A Report to the Swedish International Development Authority by the London Environmental Economics Centre and the Tropical Science Center in collaboration with the National Biodiversity Institute of Costa Rica, London, UK.

Aylward B. A. and E. B. Barbier, (1992): Valuing Environmental Functions in Developing Countries. *Biodiversity and Conservation* 1 (34).

Banco Mundial, (1993): *Revisión del Sector Forestal de Costa Rica* 89. División de Operaciones Agrícolas y de Recursos Naturales. Oficina para México y Centroamérica.

Barbier E. (1989): *Economics, Natural-resource Scarcity and Development*. Earthscan, London.

Barrett S. (1990): *The Problem of Global Environmental Protection*. Oxford Review of Economic Policy, 6, 1, pp 68-79.

Biswas A.K. y Agarwala (1993): *Environmental Impact Assessment for Developing Countries*. Butterworth, Heinemann.

Biswas A.K. and Geping Q. (1987): *Environmental Impact Assessment for Developing Countries*. Tycooly International, London.

Bridger G.A. and Winpenny J.T. (1983): *Planning Development Projects: A Practical Guide to the Choice and Appraisal of Public Sector Investments*. HMSO, London.

Browder (1985): *Subsidies, Deforestation, and the Forest Sector in the Brazilian Amazon*, report to the World Resources Institute.

Bruijnzeel L. A. (1990): *Hidrology of Tropical Forests and Effects of Conversion: A State of Knowledge Review*. Paris: UNESCO. International Hydrological Programme. 223 p.

Dupuit J. (1844): *On the Measurement of the Utility of Public Works*. Annales des Pontset Chausees, 2nd Series, Vol 8: reprinted in English in D. Munby (ed), Transport: Selected Readings, Harmondsworth: Penguin Books Ltd. 1968

Echeverria J., M. Hanrahan y R. Solórzano, (1995): *Valuation of Non Priced Ammenities Provided by the Biological Resources Within the Monteverde Cloud Forest Preserve, Costa Rica.* Ecological Economics.

Fankhauser S. (1993): *Evaluating the Social Cost of C02 Emissions.* CSERGE Working Paper, Centre for Social and Economic Research on the Global Environment, University College, London and University of East Anglia.

FAO (1987): *Guidelines for Economic Appraisal of Watershed Management Projects.* Gregersen, Brooks, Dixon and Hamilton. FAO Conservation Guide No. 16, Rome.

Gregersen H. M, et al. (1987): *Guidelines for Economic Appraisal of Watershed Management Projects.* Vol 16 of *FAO Conservation Guide.* Rome: FAO.

Hamilton L. y A. Pearce, (1986): *Biophysical Aspects in Watershed Management. Watershed Resources Management: An Integrated Framework udth Studies from Asia and the Pacific.* Ed C W Howe. 1st ed. *Studies in Water Policy and Management.* Boulder: Westview Press.

Hanley N. y Spash C.L. (1993): *Cost-Ben4ffit Analysis and the Environment.* Edward Elgar.

Haveman R.H. y Weisbrod B.A. (1975): *The Concept of Benefits in Cost-Benefit Analysis: "th emphasis on water pollution control activities,* in Peskin H.M. and Seskin E.P, *Cost Benefit Analysis and Water Pollution Policy,* Washington DC: The Urban Institute.

Irvin G. (1985): *Modern Cost Bmffit Methods: An Introduction to Financial, Economic and Social Appraisal of Development Projects.* Macmillan.

Jacobs M. (1993): *The Green Economy: Environment, Sustainable Development and the Politics of the Future.* Pluto Press.

Nurick R.L. y Rícharadson J. (1994): *Environmental Valuation: Theory, Techniques and Applications.* Wye College, London University.

Page T. (1977): *Conservation and Economic Efficiency.* Resources for the Future.

Pearce D., Markandya A. and Barbier E. (1990): *Sustainable Development.* Edward Elgar, Cheltenham, Uk.

Pearce D.W. (1983): *Cost Benefit Analysis.* Macmillans.

Pearce D.W. and Nash C.A. (1981): *The Social Appraisal of Projects: A Text in Cost Benefit Analysis.* Macmillan Education Ltd, Basingstoke.

Pereira H. C. (1989) *Policy and Practise in the Management of tropical Watersheds.* Westview Press, Boulder, CO and Press, London.

Peters C. M, A. H. Gentry and R. O. Mendelsohn (1989). Valuation of an Amazonian Rainforest. *Nature* 339.29 June (655)

Potter C. Y Richardson J. (1993): Economics for Environmental Management. Wye College, University of London.

Ruitenbeek J. (1993): Social Cost-Benefit Analysis of the Korup Project, Cameroon. World Wide Fund for Nature and the Republic of Cameroon. Report, London, UK: WWF.

Sagoff M. (1988): The Economy of Earth. Cambridge: Cambridge University Press.

Van Den Bergh J. And Nijkamp P. (1991): Operationalising Sustainable Development: Dynamic Ecological Economic Models. *Ecological Economic* 1 (1): 11-34

Van Kooten et al. (1992): Economics of Reforestation in British Columbia when Benefits of CO₂ Reduction are Taken Into Account, Forest Economics and Policy Analysis Unit, University of British Columbia, Vancouver, BC.

Veloz et al (1985): The Economics of Erosion Control in a Subtropical Watershed: A Dominican Case. *Land Economics* 61.2 (145).

Winpenny J. T. (1992): Values for the Environment: A Guide to Economic Appraisal. HMSO.

ESTUDIO DE CASO A:

**ANÁLISIS DE UN CASO DE CORRECCIÓN DE TORRENTES PARA LA PROTECCIÓN
DE INFRAESTRUCTURA MINERA**

DIVISIÓN EL TENIENTE, CODELCO – CHILE, CUENCA DEL ESTERO “SAPOS”

**Rolando Rodríguez L.
Msc Forestal - CONAF**

**Verona D' Arcangelli
Ingeniero Civil – CONAMA**

1996

2. ANALISIS DE UN PROYECTO DE CORRECCION DE TORRENTES PARA LA PROTECCION DE INFRAESTRUCTURA MINERA DE LA DIVISION EL TENIENTE, CODELCO-CHILE, EN LA CUENCA DEL ESTERO SAPOS

Rolando Rodríguez Leiva
M. Sc. Forestal CONAF

Verona D'Arcangelli
Ingeniero Civil CONAMA
(Mayo 1996)

2.1. Introducción

La ciencia económica ha desplegado en las últimas décadas importantes esfuerzos en el desarrollo de técnicas para valorar proyectos de mejoramiento ambiental. En ese ámbito se encuentra la investigación de métodos de valoración ambiental aplicables a los proyectos de cuencas y en particular, a los proyectos de corrección de torrentes.

Uno de los aspectos centrales de esta tarea ha sido la aplicación del análisis costo-beneficio a los proyectos de mejoramiento ambiental. El presente trabajo entrega los fundamentos del análisis costo-beneficio y los aplica a un proyecto de corrección de torrentes en la cuenca del Estero Sapos. Esta cuenca forma parte de la superficie destinada a la producción industrial de El Teniente, mina de cobre subterránea que genera ventas sobre 900 millones de dólares al año y ocupa más de 8.000 personas, siendo de vital importancia económica para el país.

La cuenca del Estero Sapos, o Quebrada Sapos, debido a condiciones naturales y distintas alteraciones ambientales de carácter antrópico, presenta desequilibrios hidrológicos que dan origen a diversos procesos torrenciales de gran magnitud y que en forma periódica amenazan con la destrucción parcial o total de instalaciones industriales y viales de El Teniente.

2.2. Análisis Económico de los Proyectos de Ordenamiento y Gestión de Cuencas

2.2.1. Los Métodos de Valoración Ambiental Aplicables a los Proyectos de Ordenamiento y Gestión de Cuencas

Las metodologías de valoración de bienes y servicios ambientales desde el punto de vista económico se sustentan en un criterio fundamental: la disponibilidad a pagar, que refleja las preferencias de la gente por los cambios, positivos o negativos, de la calidad ambiental. La preferencia de una persona por un determinado bien o servicio se valora directamente en el mercado; como no existen mercados para los bienes y servicios ambientales, se ha desarrollado diversos instrumentos metodológicos de valoración ambiental.

Un tema importante para el ambiente y los recursos naturales es la degradación física de las cuencas hidrográficas, puesto que éstas cumplen importantes funciones ecológicas y ambientales.

Desde el punto de vista técnico, la degradación ambiental a nivel de cuenca hidrográfica, se puede caracterizar por fenómenos tales como la desaparición de la cubierta vegetal, la erosión, la sedimentación y la alteración del régimen hidrológico, debido a prácticas inadecuadas del uso de la tierra.

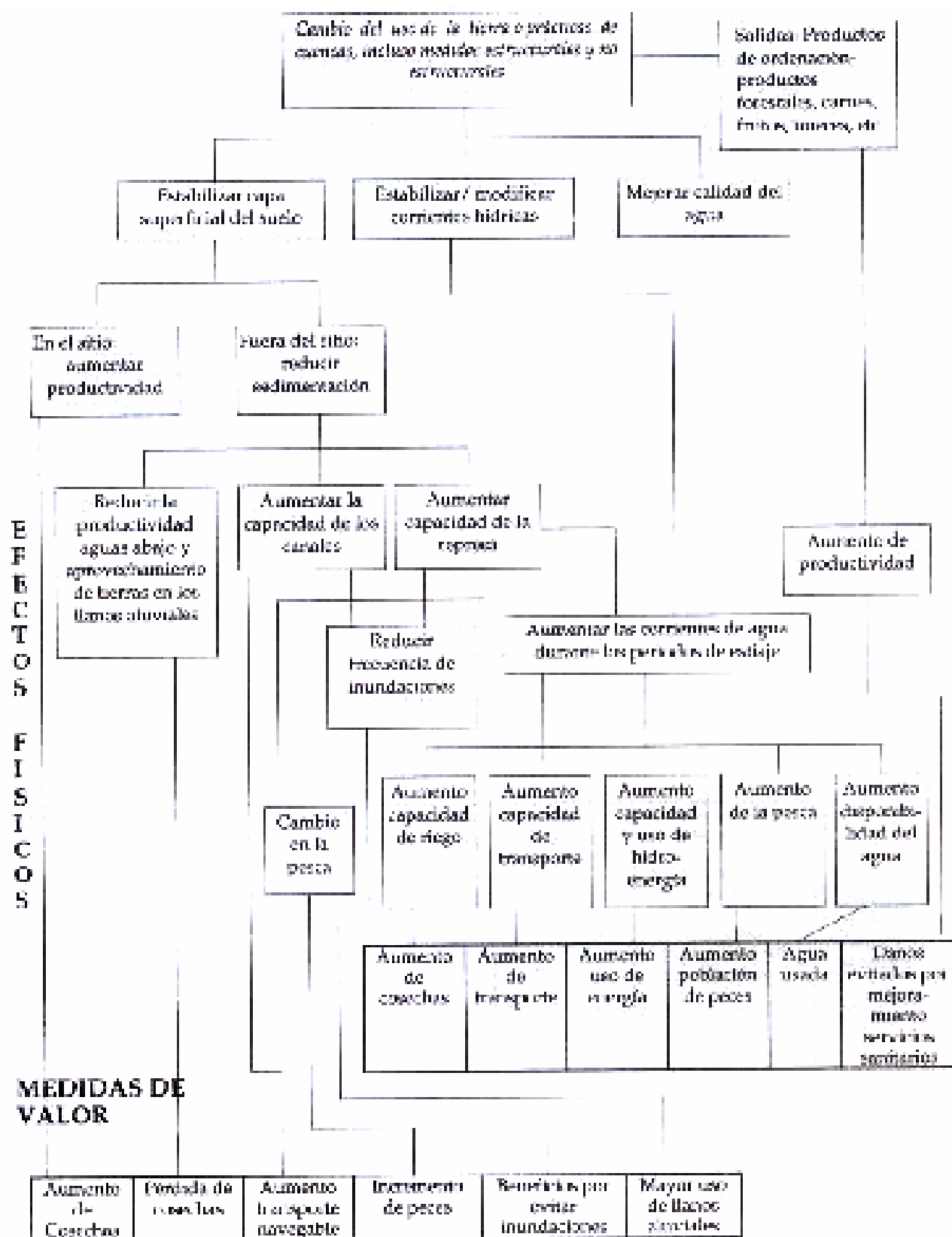
En términos económicos, estas prácticas constituyen una externalidad, puesto que un agente puede afectar la función de utilidad de otro productor o consumidor, sin que sus acciones necesariamente se reflejen en los mercados.

Un proyecto de gestión de cuencas busca, como objetivo central, fomentar el uso correcto y deseado de la tierra restaurando aquellas tierras que se encuentren en un estado de degradación inaceptable para la sociedad. La formulación técnica de estos proyectos en general no presenta mayores dificultades, sin embargo resulta en extremo difícil determinar los efectos físicos del proyecto.

Un aporte importante es el de Gregersen (1987) quien ha propuesto un esquema de los probables efectos que tendría en una cuenca hidrográfica la implementación de medidas y prácticas de ordenación, tal como se presenta en la figura 2.2.a.

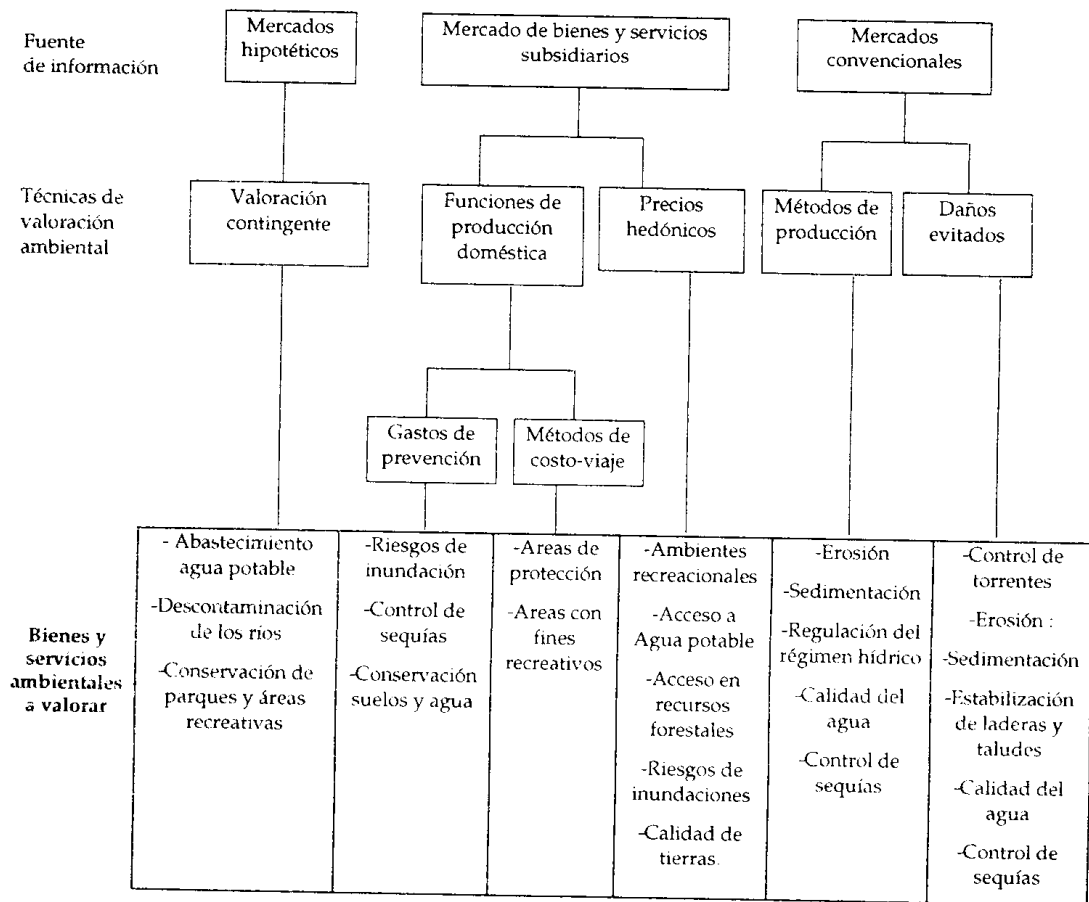
Se dispone de diversos instrumentos metodológicos para determinar los probables efectos que resultan de la implementación de diversas medidas y prácticas de ordenación de cuencas hidrográficas, los que en términos económicos resultan en bienes y servicios que es necesario valorar.

Figura 2.2ª Actividades de Ordenación de Cuencas



Otro de los aspectos que resultan de vital importancia, para el análisis económico de los proyectos de ordenación y gestión de cuencas, es la valorización de los bienes y servicios ambientales que genera la implementación de estos proyectos. Este es precisamente el aporte de la economía ambiental, que ha desarrollado diversos métodos de valoración ambiental, los cuales son presentados por Pierce et al. (1994) de manera sistemática y que ha sido adaptado por el autor, para presentar el posible rango de aplicaciones que pudiera resultar útil para el análisis económico de los proyectos de ordenación y gestión de cuencas.

Figura 2.2 b Técnicas de valoración ambiental aplicable a la implementación de algunas prácticas de ordenación de cuencas



2.2.2. El Método del Daño Evitado y su aplicación a los Fenómenos Torrenciales

Los fenómenos torrenciales son una consecuencia evidente de la degradación de las cuencas hidrográficas, puesto que al alterarse el régimen de caudales máximos se producen fenómenos de erosión, transporte y depósito de sedimentos con diversos efectos económicos. Por ello, parece razonable la utilización del método de daños evitados como instrumento de análisis económico de este tipo de proyectos.

Este método puede analizar la posibilidad que los bienes ambientales estén relacionados con algún bien privado de una forma concreta; esta relación, puede expresarse por medio de una función de producción de la actividad afectada, en la que el bien ambiental, en este caso el régimen de caudales máximos, se combina con el resto de los factores de producción. Analizando el comportamiento maximizador de beneficios de la empresa afectada, sería posible estimar las elasticidades de respuesta ante un cambio en la calidad ambiental, que permita valorar el cambio en el bienestar generado por el proyecto.

2.3. Antecedentes de la Problemática torrencial de la Cuenca del Estero Sapos

La cuenca del estero Sapos es tributaria del Río Coya y se ubica en la Precordillera y Cordillera Andina de la Sexta Región del Libertador O'Higgins, la cual presenta características físicas y de degradación ambiental, que se presentan en forma sumaria.

2.3.1. Los Fenómenos Climáticos

El área en estudio corresponde a dos tipos climáticos: un clima con estación seca prolongada y otro denominado clima de hielo por efecto de la altura. La estación meteorológica de Colón, cercana a la cuenca del Estero Sapos, destaca en el diagrama ombrotérmico para el período 1980-1991 un período húmedo de 7 meses y un período seco de 5 meses de duración, con temperaturas promedio mensuales de 9.4°C (período húmedo) y de 15,4°C (período seco).

Las precipitaciones líquidas promedio mensuales para el período son de 57 mm. En tanto, las precipitaciones sólidas, altura de nieve y agua nieve, alcanzan promedios mensuales en el período 1982-1991 del orden de los 48.0 cm y de 22..5 mm. respectivamente; el promedio anual correspondiente es de 420.4 cm y 203.1 mm.

En esta zona son característicos los fenómenos aluvionales, los que se explican porque en cortos períodos de tiempo (de tres a 8 días) la presión atmosférica y la temperatura ambiente disminuyen en forma creciente y constante, pudiendo aumentar hasta en un 100% la intensidad pluviométrica; por ello, los aluviones se asocian con un frente de Baja Presión (BP) que penetra con fuerza hacia la cuenca Sapos con dirección S-N, coincidiendo con la orientación de la cuenca del Río Coya. De esta forma, las masas de aire frías penetran sobre masas de aire cálido, generando precipitación líquida de gran intensidad, sobre los 2.000 m.s.n.m. Por lo tanto, la lluvia caída le da carácter de torrencialidad a los cursos de agua como las Quebradas Sapos, Quebrada Embalse y Olla Blanca.

2.3.2. Efectos de la Contaminación Atmosférica en los Recursos Naturales de la Cuenca del Estero Sapos

Diversos focos emisores a la atmósfera afectan a la cuenca del Estero Sapos. De acuerdo a un estudio del Centro de Investigación Minera Metalúrgica (1995), los principales contaminantes atmosféricos son el anhídrido sulfuroso (SO₂), el material particulado respirable (PM-10) y el arsénico (As). Estos contaminantes son emitidos principalmente por las chimeneas del reverbero, convertidores y emisiones gaseosas fugitivas, según las magnitudes que se señalan en el *Cuadro 2.3a*, a continuación.

Cuadro 2.3^a Emisiones de SO₂, PM-10 y As en cada foco emisor. Fundición Caletones (Período 1992-1994).

Foco Emisor	Emisiones SO ₂ (g/s)	Emisiones PM-10 (g/s)	Emisiones As (g/s)
Chimenea Reverbero	5.377	4	4
Chimenea Convertidores	19.674	48	24
Fugitivas	932	2	1
Total	25.982	54	29

Fuente: CIMM (1995)

El principal impacto sobre la vegetación y los suelos es producto de las emisiones al ambiente de anhídrido sulfuroso, compuesto que forma ácido sulfúrico (H₂SO₄) en presencia de agua, por lo cual, en contacto con la humedad atmosférica, produce el efecto de neblina ácida cuya precipitación inhibe la regeneración natural y en desarrollo de los vegetales; es por ello, que se observa la pérdida total de la escasa cubierta vegetal de la cuenca.

Las concentraciones de anhídrido sulfuroso se entregan en el *Cuadro 2.3b*, en la página siguiente. De acuerdo a los antecedentes expuestos se puede indicar que por la legislación chilena e internacional, lo que ha obligado a la autoridad a decretar la zona como saturada según la Ley de Bases del Medioambiente. A modo de ejemplo, el número de días en que se supera la norma diaria para el anhídrido sulfuroso en la localidad de Coya fue de 55 días en promedio para los años comprendidos entre 1992 y 1994.

Cuadro 2.3b Concentraciones promedios anuales de SO₂ estaciones de la red de monitoreo División El Teniente

Estación	Norma Anual (µg/Nm ³)	Concentración Media Anual (µg /Nm ³)			
		1992	1993	1994	Promedio
Caletones	80	1.676	2.404	1.748	1.943
Colón	80	1.867	1.822	2.815	2.168
Sewell	80	1.417	2.307	261	1.866
Coya	80	134	187	20	194

2.3.3. Los Procesos Erosivos y Torrenciales de la Cuenca del Estero Sapos

El estudio de la dinámica de las geoformas requiere de la identificación y explicación de los diversos procesos presentes y en los cuales participan los agentes generadores de las geoformas en un área definida. En la cuenca del Estero Sapos se identificaron procesos nivales, heredados, torrenciales, de movimiento en masa y gravitacionales. En el Cuadro 2.3c se resume los procesos morfogenéticos presentes en el área.

Del *Cuadro 2.3c* se deduce que la geomorfología dinámica presente en el área muestra una diversidad de procesos que impactan principalmente al recurso hídrico, ya sea en forma pluvial o nival, y alteran la consistencia de los materiales. Esto último se debe a la hidratación de los depósitos, lo que, en conjunto con la gravedad, genera diferentes modalidades de desplazamiento de partículas.

Cuadro 2.3c Procesos morfogenéticos en la cuenca del Estero Sapos

Proceso	Agentes	Morfogénesis
Nival	Acción hídrica en forma de nieve	Estrías Grietas de secamiento
Torrencial	Acción hídrica en: Escurrimiento difuso Escurrimiento concentrado elemental	Levigación Regueras Cárcavas Hundimientos en paquetes Lupas de soliflucción
Movimiento en masa	Variaciones mecánicas Influencia de la gravedad	Cicatriz de Desprendimiento Reptación Caída de rocas

Fuente: Sánchez (1993)

Cuadro 2.3d Superficie de procesos morfogenéticos.

Carácter (E/S)	Proceso	Geoforma	Superficie	
			Has	%
Erosión	Nival	Estrías	1197.1	69.4
Erosión		Grietas de secamiento	118.4	6.9
Erosión	Torrencial	Levigación	118.4	6.9
Sedimentación		Regueras	52.4	3.0
Sedimentación		Cárcavas	1.5	0.1
Sedimentación	Mov. Masa	Hundimiento en paquete	1.4	0.1
Sedimentación		Lupas de soliflucción	26.3	1.5
		Cicatriz desprendimiento	20.0	1.2
		Reptación	243.9	14.1
	Gravitacional	Caída de rocas	48.0	2.8
		Vegas	14.7	0.9
Total superficie			1.723.7	100.0

Fuente: Sánchez (1993)

Se puede apreciar que los procesos nivales afectan al 76,3% del área, en tanto los procesos torrenciales afectan el 10%, los procesos de movimiento en masa afectan el 16,9% y los procesos gravitacionales, con el 2,8%, completan el resto del área.

Entre los procesos "no nivales", es evidente la mayor presencia de los procesos de movimiento en masa, dado que ellos se presentan en diferentes modalidades.

2.3.4. Análisis de Crecidas y los Efectos Dañinos en la Infraestructura Productiva Minera

Como se ha indicado, los diversos fenómenos erosivos que se presentan a nivel de laderas y cauces, se activan y profundizan al presentarse caudales de crecidas, producto de tormentas para distintos períodos de retorno. Esto posibilita el transporte de materiales en grandes volúmenes, los que se depositan en zonas productivas de alto valor económico para la División El Teniente.

El transporte de materiales expone a parte de la infraestructura a riesgos de daños. A partir de antecedentes históricos se determinó los sectores susceptibles de ser afectadas y dañados.

- Portal Sapos
 - Vía Férrea Teniente ocho Colón-Sewell de acceso a la mina
 - Bocatoma de captación de recursos hídrico del Estero Sapos y cañería para abastecimiento de Colón.
 - Sifón y acueducto Sapos
 - Línea concentrado Sewell-Colón

- Sector Sapos y Polvorín
 - Embalse para abastecimiento de agua industrial de Colón y Concentrador.
 - Puente Oeste Sapos.
 - Tramo 5 Colón-Sewell con amenaza el acceso a Chapa Verde.
 - Puente-Pirihuin, que une el camino Caletones-Sewell.

A su vez, crecidas con períodos de retorno mayores a 20 años paralizan la producción de mineral durante días al obstruirse la vía del ferrocarril Teniente Ocho y la vía Colón-Sewell.

2.4. EVALUACION ECONOMICA

2.4.1. Costos y Beneficios del Proyecto Propuesto

Principios Generales

Los costos del proyecto están constituidos por las inversiones que se deben efectuar para las distintas alternativas técnicas, esto es, los distintos dimensionamientos de las obras, de acuerdo a los períodos de retorno de diseño utilizados. Los beneficios serían el valor de evitar los daños en la infraestructura

En este caso los beneficios del proyecto se asocian a los siguientes aspectos (MIDEPLAN, 1992):

- Beneficios directos. Proviene de reducir los daños resultantes de la acción directa del torrente sobre la infraestructura que se evitan gracias al proyecto. El monto directo de este tipo de daños equivalen a la inversión necesaria para recuperar la infraestructura al nivel operativo previo a la catástrofe.

- Beneficios indirectos. Reflejan el impacto del proyecto en el resto de la economía de la empresa. Los beneficios indirectos más relevantes serían el evitar la interrupción de faenas en la industria, en el transporte, en las telecomunicaciones y en las inversiones para emergencias.

Detalle de Costos

- Inversión: Tratamiento Biológico-Mecánico de Areas de Aporte
Programa de Corrección Torrencial
- De Conservación y Mantenimiento: Programas biológicos y mecánicos
Obras civiles de corrección de torrentes

Detalle de beneficios

- Control Caudales de Crecidas: es un valor de uso indirecto que se valorará por el método de los daños evitados.
- Modificación Régimen Hídrico: es un valor de uso directo que se valorará por el método de la producción.
- Recreación: es un valor de uso indirecto que se valorará por el método del costo de viaje.

2.4.2. Estimación de Costos y Beneficios

El enfoque de valoración de daños evitados comienza su análisis a partir de curvas de caudales máximos en función de la probabilidad excedencia y de curvas de daños en función de caudales lo cual, permite construir curvas de daños -probabilidad de excedencia.

El valor actual neto del proyecto desde el punto de vista de la evaluación privada, corresponde a la diferencia entre el valor actualizado de los daños esperados y el costo actualizado de los tratamientos biológico-mecánicos y las obras civiles de corrección de torrentes, para un período de retorno dado. Por lo cual, el VAN privado queda definido por la expresión siguiente:

$$VAN^t = \sum_{i=1}^n (DEi - CCI) / (1+r)^i - (I^{ct} + I^{tb})$$

donde:

VAN^t	:	Valor actual neto para un período de retorno dado.
DEi	:	Daños evitados esperados en el período de retorno i .
I^{ct}	:	Inversión en el programa de corrección torrencial
I^{tb}	:	Inversión en los tratamientos biológico-mecánicos
CCI	:	Costos de mantención en el período i .
n	:	Horizonte de la evaluación.
r	:	Tasa de descuento

Por su parte, la evaluación social, queda definida por la incorporación de beneficios que no considera la evaluación privada, por lo que el VAN social queda definido por:

$$VAN^s = \sum_{i=1}^n (DE_i - BA_i - CC_i) / (1+r)^i - (I^{ct} + I^{tb})$$

donde:

VAN^s : Valor actual neto Social para un período de retorno dado.
 BA_i : Beneficios derivados de la modificación del régimen hídrico anual.

De acuerdo a lo anterior, de la superposición de las curvas de beneficios y costos actualizados en función del período de retorno, se podrá obtener el VAN máximo que define la escala óptima del proyecto.

El proyecto de protección de la cuenca del estero Sapos introduce cambios en el régimen de escorrentía anual de la cuenca en estudio, de manera que en la época de máximos caudales (Septiembre a Febrero) éstos son menores respecto de la situación sin proyecto, y en épocas de caudal mínimo o de flujo base (Marzo a Agosto) aumentan, debido al aumento de flujo subsuperficial de la cuenca.

Lo anterior introduce, en una situación promedio, un aumento del caudal disponible para uso potable e industrial en la zona en los meses de invierno y una disminución de éste en el resto del año. Esta redistribución de la disponibilidad anual del recurso hídrico, puede ser valorizada con el costo marginal por metro cúbico de agua destinada a esos fines, y su valor actualizado constituye un beneficio neto del proyecto ya que las obras civiles de toma y tratamiento del agua ya existen. La estimación de la variación del régimen de escorrentía anual del análisis de los recursos hídricos de la cuenca.

2.4.3. Evaluación Privada del Proyecto

Generales

A la evaluación privada del proyecto corresponde considerar sólo los costos y beneficios de la corrección de torrentes. La información relativa a los costos del proyecto, se presenta parcializada según programa e incluye un resumen de los ítems más relevantes.

Estimación de la inversión del proyecto

La inversión del proyecto se asocia a las actividades del programa de tratamiento a las áreas de aporte y del programa de corrección torrencial.

Cuadro 2.4ª Estimación de la inversión en el programa de tratamiento a las áreas de aporte de sedimentos (en pesos)

Repoblación con acamellonado	53.084.792
Repoblación con ahoyado manual	15.873.235
Riego y vigilancia	34.664.355
Cercado	31.616.838
Subtotal	135.239.220
Costo ensayo exclusión	1.236.240
Costo barreras muertas	71.005.688
Total Inversión	207.481.148

Cuadro 2.4b Estimación de la inversión en el programa de corrección torrencial para distintos períodos de retorno (en pesos)

	Tr = 50 años	Tr = 20 años
Mano de obra	128.124.000	128.124.000
Operarios	93.060.000	93.060.000
Supervisión	35.064.000	35.064.000
Maquinaria para movimiento de tierra	134.354.354	90.261.228
Excavación diques	28.274.400	14.781.228
Excavación caminos de accesos	106.080.000	75.480.000
Materiales y equipos	493.594.656	219.147.156
Fundaciones	99.468.600	42.688.800
Diques H-30	319.704.000	140.632.800
Fierro	31.601.016	13.623.876
Moldajes	34.925.040	14.305.680
Compra y arriendo de equipos	7.896.000	7.896.000
Gastos generales	89.102.280	89.102.280
Personal de apoyo	15.480.000	15.840.000
Ensayo de materiales	6.000.000	6.000.000
Combustibles	6.000.000	6.000.000
Estudios de topografía	45.570.000	45.570.000
Instalación de faenas	6.000.000	6.000.000
Condiciones de seguridad	10.052.280	10.052.280
Costos financieros	50.710.520	31.598.080
Utilidades del contratista	89.588.586	55.823.274
Total Inversión	985.474.442	614.056.018

Dada la información, es posible establecer la inversión total del proyecto para los distintos períodos de retorno, según se muestra en el Cuadro 2.4c.

Cuadro 2.4c Inversión total del proyecto según período de retorno

Probabilidad de excedencia	Período de retorno (años)	Inversión del proyecto (pesos)
0,02	50	1.052.656.484
0,05	20	923.785.196
0,10	10	734.115.812

Estimación de los costos de conservación

Los costos de conservación se estimaron en un 5% respecto de la inversión de cada componente del proyecto suponiendo además que los trabajos de mantenimiento y conservación deben realizarse cada xi años, según se presenta en el Cuadro 2.4d, a continuación.

Cuadro 2.4d Metodología para la estimación de los costos de conservación y mantenimiento.

Componente del Proyecto	Inversión	Costos de conservación	xi (años)
Tratamientos Biológico-Mecánicos	I^{tb}	$0,05 I^{tb}$	5
Obras Civiles	I^{ct}	$0,05 I^{ct}$	10

De acuerdo con la información el cuadro presentado, cada 5 años se deberá invertir para conservar los tratamientos biológico-mecánicos de la cuenca y cada 10 años en las obras civiles. Por tanto, para el cálculo del VAN, la estimación de los costos de conservación se entrega la información en el cuadro siguiente

Cuadro 2.4e Estimación de los costos de conservación y mantenimiento

Año	Inversión (Miles de Pesos)	Costos de Conservación
5	207.481	$0,05 I^{tb}$
10	821.537	$0,05 (I^{tb} + I^{ct})$
20	207.481	$0,05 I^{tb}$
25	1192.955	$0,05 (I^{tb} + I^{ct})$

Estimación de los beneficios anuales del proyecto

De acuerdo con el capítulo de análisis de los efectos hidrológicos del proyecto en la cuenca, se tiene la información que se presenta en el Cuadro 2.4f, a continuación.

Cuadro 2.4f Caudales de crecidas con y sin proyecto

Tr (años)	Q Sin / Proyecto (m³/s)	Q Con / Proyecto (m³/s)	Diferencia (m³/s)
5	50.8	29.3	21.6
10	77.5	50.3	27.2
20	106.2	74.2	32.1
50	147.7	110.1	37.5
100	182.2	141.5	41.2

Para estimar los daños es necesario asociarlos al nivel de caudal correspondiente. Para ello, se solicitó a la División El Teniente una cuantificación y valoración de daños de crecidas asociadas a períodos de retorno de 50,20 y 10 años. Los daños evitados equivalen a los costos de reposición de la infraestructura y los indirectos al valor que se estima por la paralización de la producción en la cuenca Sapos. Con la información recibida, se preparó los cuadros siguientes.

Cuadro 2.4g Costos de reposición de la infraestructura según período de retorno. Cuenca del estero Sapos (en pesos)

	Tr=50 años	Tr=20 años	Tr=10 años
Habilitación Quebrada Wisapos	28.438.830	9.476.610	9.476.610
Reparación Acueducto Sewell	32.943.090	16.471.545	16.471.545
Conducción Vía Colón-Sewell	163.251.750	65.300.700	45.300.700
Conducción Relave Coya-Sapos	93.246.300	31.082.100	31.082.100
Reparación Bocatoma Portal Sapos	20.752.970	20.752.970	20.752.970
Habilitación Sifón Acueducto Sapos	181.399.990	72.559.990	52.559.000
Línea Concentrador Sewell-Colón	1.416.960	1.416.960	1.416.960
Obras de emergencia de agua	27.611.450	11.044.580	11.044.580
Normalización Vía Férrea Teniente 8-sapos	76.967.250	50.028.715	
Normalización cauce quebrada Pirihuin	150.163.730	75.081.865	35.080.000
Total Costos de Reposición	776.192.320	353.219.035	223.187.465

Por otra parte, los beneficios indirectos provienen de evitar la paralización de la producción del mineral durante 5 días de producción y considerando que por la vía férrea Teniente 8 circula el 69,15% del mineral, los costos indirectos serían de \$3.586.665.270 para un período de retorno de 50 años y de \$2.097.162.070 para un período de 20 años. Por tanto, los costos totales que se suponen evitados por el proyecto serían la suma del costo total de reposición de la infraestructura más los costos de paralización de la producción, que se presentan en el cuadro siguiente:

Cuadro 2.4i Monto de daños según período de retorno

Caudal de crecidas /m ³ /s	Período de retorno (años)	Monto de daños (pesos)
147,7	50	4.359.857.590
106,2	20	2.097.162.060
77,5	10	223.187.465

Para ajustar los daños a los distintos niveles de crecidas, es necesario construir la curva de monto de daños-crecidas máximas. Con los puntos obtenidos del cuadro anterior se obtuvo la regresión de mejor ajuste:

$$(y+1)^{1/4} = a + b / Q$$

donde:

- y = monto de daños (pesos)
- a,b = coeficientes de la regresión
- Q = caudal de crecidas (m³ /s)

La ecuación obtenida es⁶:

$$y = (69.6217-3526.43537Q)^4-1$$

Con la regresión obtenida se obtiene los montos de daños asociados al caudal respectivo que se entrega en el cuadro siguiente.

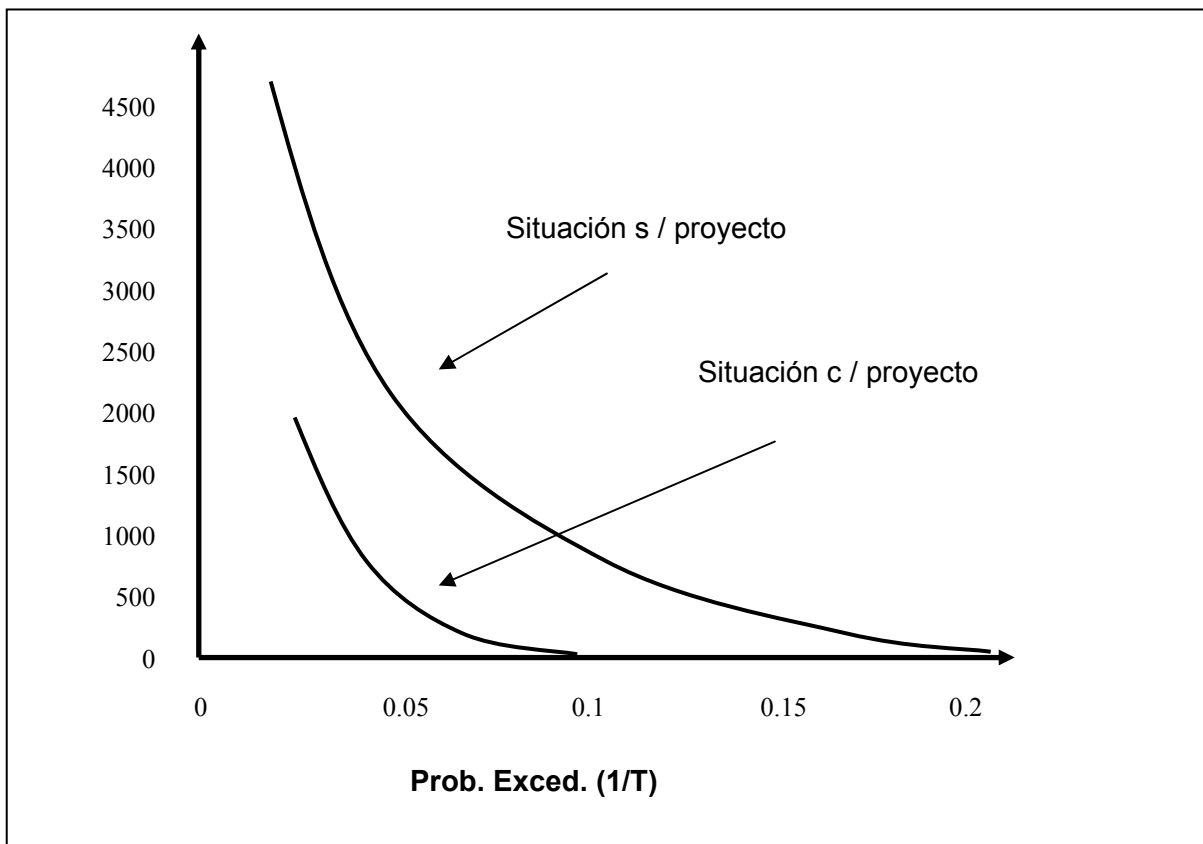
⁶ La regresión presenta un R²= 0.9923

Cuadro 2.4j Monto de daños-crecidas máximas. Cuenca Sapos

Caudal (m ³ /s)	Período de retorno (años)	Monto de daños (Miles de Pesos)
50,8	5	0
77,5	10	338.420
106,2	20	1758.620
147,7	50	4379.383

Se pueden estimar los mismos daños en función de la probabilidad de excedencia, que es el recíproco del período de retorno, lo cual se muestra en la *Figura 2.4a*:

Figura 2.4a Curva de Daños v/s probabilidades de excedencia



Por lo tanto, para la estimación del año anual, que está constituida por el área conformada entre los valores con y sin proyecto del gráfico anterior, se puede calcular como la esperanza matemática de los daños. Para ello, se considera que la probabilidad de excedencia del daño (P_r) es el recíproco del período de retorno (T_r) y la probabilidad de daños es $[(D_i + D_{i-1})/2]$ la que se multiplica por el delta de la probabilidad. Los resultados del cálculo del daño anual, para las situaciones con y sin proyecto, se entregan en los cuadros siguientes.

Cuadro 2.4k Probabilidad de ocurrencia del valor del daño esperado en la situación sin proyecto. Cuenca Sapos

Probabilidad de Excedencia	Daño (Miles de Pesos)	Beneficio anual $(D_i + D_{i-1})/ 2\Delta P$
0,20	0	0
0,10	338420	16.921
0,05	1758620	52.426
0,02	4379383	92.070

Cuadro 2.4l Probabilidad de ocurrencia del valor del daño esperado en la situación con proyecto. Cuenca Sapos.

Probabilidad de Excedencia	Daño (Miles de Pesos)	Beneficio anual $(D_i + D_{i-1})/ 2\Delta P$
0,20	0	0
0,10	0	0
0,05	238.354	5.959
0,02	1997.083	33.532

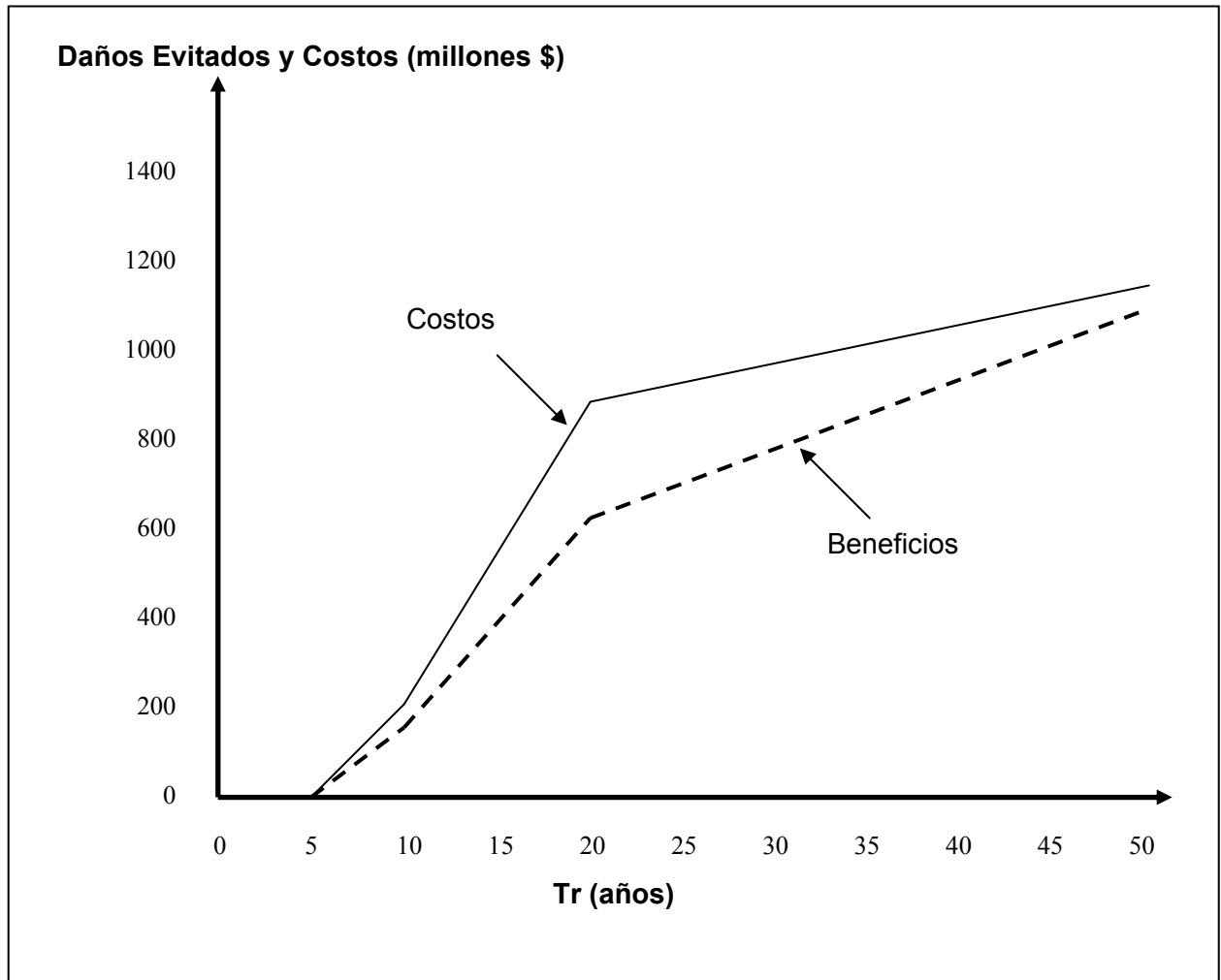
Dadas las estimaciones de los beneficios anuales para las situaciones con y sin proyecto, y con una tasa privada de (10%), se puede concluir que los beneficios netos anuales del proyecto son los que se muestran el Cuadro 2.4m.

Cuadro 2.4m Beneficio neto anual en función al período de retorno.

Período de Retorno	Beneficio Neto Anual
10	16.921.000
20	63.388.000
50	121.926.045

Los beneficios y costos para diferentes períodos de retorno, se pueden observar en la Figura 2.4b.

Figura 2.4b Evaluación privada de beneficios y costos para distintos períodos de retorno.



Se resume los resultados de la evaluación privada en el cuadro siguiente

Cuadro 2.4n Resultados de la evaluación privada

Período de retorno (años)	VAN Privado (Miles de Pesos)	T.I.R. (%)
10	-56.459	7.8
20	-235.009	7.6
50	-53.562	9.7

2.4.4. Evaluación Social

Generales

Para desarrollar la evaluación social del proyecto se consideró, además de los costos y beneficios asociados a la corrección de torrentes, los beneficios que se derivan de la modificación de la escorrentía anual de la Cuenca Sapos.

Corrección de los montos de inversión del proyecto de acuerdo a los precios sociales.

Obtención de los costos sociales. Para aplicar correctamente el análisis costo/beneficio al proyecto, se siguió la metodología propuesta por MIDEPLAN, al respecto. Las correcciones son las siguientes.

- Costo social de la mano de obra. Se obtiene según la fórmula:
$$PS = g \times PB,$$

donde:

PS : precio social de la mano de obra
g : factor de corrección según tabla
PB : costo privado

De acuerdo a las categorías de MIDEPLAN, se tiene el siguiente cuadro

Cuadro 2.4° Corrección de precios de mano de obra

Categoría de mano de obra	Factor de ajuste (g)
Calificada	1.00
Semicalificada	0.73
No calificada	0.66

- Precio social de la divisa. El precio social de la divisa se calcula sobre la base del tipo de cambio del dólar acuerdo del Banco Central y su ajuste es el siguiente:

$$Tcs = F \times TCof$$

El factor de ajuste es 1,06.

- Tasa de descuento. La tasa social de descuento representa el costo en que incurre la sociedad cuando el sector público extrae recursos para financiar sus proyectos y equivale al 12%.
- Impuestos. Los impuestos desde el punto de vista de la evaluación social constituyen una transferencia de recursos en la sociedad, por tal motivo, se procede a descontar del precio de los ítem de insumos y materiales del proyecto el 18% del impuesto al valor agregado.

Aplicando estos criterios a los costos privados, se obtiene los resultados que se entregan en el Cuadro 2,4p.

Cuadro 2.4p Inversión del programa de tratamiento a las áreas de aporte de sedimentos (en pesos)

Repoblación con acamellonado	53.084.792
Repoblación con ahoyado manual	15.873.235
Riego y vigilancia	34.664.355
Cercado	31.616.838
Subtotal	135.239.220
Costo ensayo exclusión	1.236.240
Costo barreras muertas	71.005.688
Total Inversión	207.481.148

A su vez, con los mismos criterios se estimó a precios sociales la inversión en el programa de corrección torrencial, la que se entrega en el cuadro siguiente:

Cuadro 2.4q Estimación inversión del programa de corrección torrencial a precios sociales.

	Tr = 50 años	Tr = 20 años
Mano de obra	97.135.020	97.135.020
Operarios	62.071.020	62.071.020
Supervisión	35.064.000	35.064.000
Maquinaria para movimiento de tierra	110.170.608	74.014.207
Excavación diques	23.185.008	12.120.607
Excavación caminos de accesos	106.080.000	61.893.600
Materiales y equipos	405.136.111	180.089.151
Fundaciones	81.654.252	35.004.816
Diques H-30	262.157.280	115.318.896
Fierro	25.912.833	11.171.578
Moldajes	28.638.533	11.730.658
Compra y arriendo de equipos	6.863.203	6.863.203
Gastos generales	89.102.280	89.102.280
Personal de apoyo	15.480.000	15.480.000
Ensayo de materiales	6.000.000	6.000.000
Combustibles	6.000.000	6.000.000
Estudios de topografía	45.570.000	45.570.000
Instalación de faenas	6.000.000	6.000.000
Condiciones de seguridad	10.052.280	10.052.280
Costos financieros	50.710.520	31.598.080
Utilidades del contratista	89.588.586	55.823.274
Total Inversión	841.843.115	527.762.012

Con base en la información acumulada, es posible establecer los costos del proyecto para los distintos períodos de retorno, según se muestra en el cuadro siguiente.

Cuadro 2.4r Estimación de la inversión total del proyecto a precios sociales según período de retorno

Período de retorno (años)	Costos del proyecto (pesos)
50	963.634.546
20	649.553.445
10	121.791.433

Corrección de precios privados a los costos de conservación del proyecto

Con los criterios ya expuestos, se estimaron los costos del programa de conservación con los precios sociales, lo que se entregan en el cuadro siguiente:

Cuadro 2.4s Estimación de los costos sociales de conservación

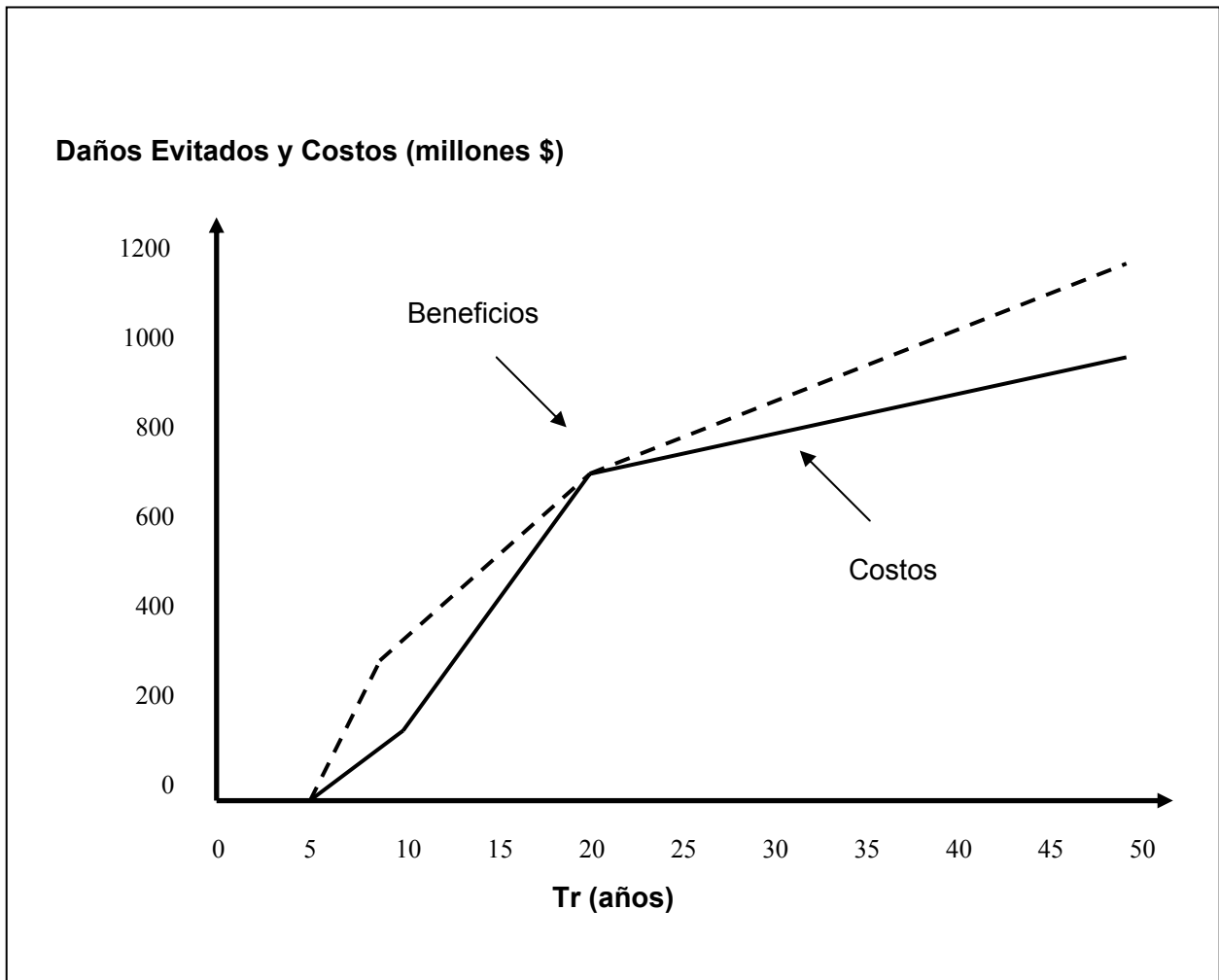
Año	Inversión (Miles de Pesos)	Costos de Conservación
5	121.791	0.05 I ^{tb}
10	771.344	0.05 (I ^{tb} +I ^{ct})
20	121.791	0.05 I ^{tb}
25	1085.426	0.05 (I ^{tb} + I ^{ct})

Incorporación de beneficios no considerados en evaluación privada

Esta modificación implica un volumen adicional de agua disponible en un año promedio que se ha estimado en 246.240 m³ por año, a un precio social de \$81 por m³ que corresponde al costo marginal de producir agua para los usos ya señalados en la cuenca, lo que adiciona un monto de \$19.945.440 al año.

Los beneficios y costos sociales para distintos períodos de retorno, se pueden observar en la *figura 2.4c*.

Figura 2.4c : Evaluación social: beneficios y costos para distintos períodos de retorno



Con todos los antecedentes entregados, se puede concluir con la entrega de resultados de la evaluación social según se ve en el cuadro siguiente.

Cuadro 2.4t Resultados de la evaluación social

Período de retorno (años)	VAN Social (Miles de pesos)	T.I.R. (%)
10	176.457	17.4
20	23.324	12.3
50	184.641	13.3

2.5. CONCLUSIONES

En virtud de los resultados entregados, es posible obtener las siguientes conclusiones.

- Los resultados de la evaluación privado indica que a nivel de las tasas de descuento sugeridas por la División El Teniente de CODELDO-CHILE (10%) y considerando como índice de rentabilidad el VAN , el proyecto sería rentable en períodos de retorno sobre 50 años. Si se considera como índice de rentabilidad la T.I.R. y las tasas de interés de mercado que se observan del orden del 8%, el proyecto es rentable para un período de retorno de 50 años. Esto implica que si el proyecto incluye obras civiles de corrección torrencial, éstas deben diseñarse para caudales con períodos de retorno mayores a 50 años.
- Si se considera como índice de rentabilidad el VAN, los resultados de la evaluación social indican que el proyecto es rentable para todos los períodos de retorno estudiados. Sin embargo, el VAN se incrementa para el período de retorno de 10 años, en que se consideran sólo los efectos del programa de tratamiento a las áreas de aporte de sedimentos. Además el VAN se hace máximo para un período de retorno de 50 años, cuando se consideran las obras civiles que se proponen para la corrección de torrentes. Si se considera la TIR como índice de rentabilidad, el proyecto resulta rentable para todos los períodos de retorno, pero se hace máximo cuando éste es de 10 años.
- Se debe destacar la importancia de la diferencia de los VAN privado y sociales al momento de intentar entender por qué la empresa voluntariamente no llevará a cabo este proyecto. Esto abre un espacio natural para la acción de una entidad estatal, que considere los aspectos privados y sociales del proyecto.

2.6. BIBLIOGRAFIA

Centro de Investigaciones Minero Metalúrgicas (1995): Estudio de impacto ambiental planta de ácidos sulfúricos fundición Caletones. División El Teniente CODELCO-CHILE. Informe Final. Rancagua, Chile.

Espildora, B. et al. (1981): Informe de consultoría sobre recursos hídricos en la cuenca del río Coya. División El Teniente, CODELCO CHILE. Rancagua Chile

Cregersen, H.M.,K.N. Brook, J.A. Dixon & L.S. Hamilton (1987): Guidelines for economic appraisal of watershed management proyecto. FAO Conservation Guide 16. Rome: Food and Agriculture Organization (FAO)

Pearce, D., D. Whittington & S. Georgiou (1994): Economic values and the environment in the development world. A Report to the United Nations Environment Programme. London and Chapel Hill. U.S.A.

Ministerio de Planificación y Cooperación (1992): Inversión pública, eficiencia y equidad. Santiago, Chile.

Rodriguez, R. & H. Barrueto (1993). Proyecto para el control de la dinámica torrencial de la cuenca del estero Sapos. Corporación Nacional Forestal VI Región, Rancagua, Chile

Sánchez, P. (1993): Informe técnico geomorfología dinámica en la cuenca del estero Sapos. Corporación Nacional Forestal. Rancagua, Chile

ESTUDIO DE CASO B:

**EVALUACION DE UN MODELO PRODUCTIVO PARA RECUPERAR SUELOS
FORESTALES DEGRADADOS EN MICROCUENCAS HIDROGRAFICAS EN ZONA
SEMIARIDA**

Erosión en praderas de secano costero

**Norberto Parra Sanzana
CONAF R.M.**

**Wilfredo Alfaro Catalán
CONAF Oficina Central**

1996

3. EVALUACION DE UN MODELO PRODUCTIVO PARA RECUPERAR SUELOS FORESTALES DEGRADADOS EN MICROCUENCAS HIDROGRAFICAS EN ZONA SEMIARIDA

Norberto Parra Sanzana
CONAF R.M.

Wilfredo Alfaro Catalán
CONAF Oficina Central
(1996)

3.1. INTRODUCCION

Este trabajo presenta la evaluación de una parte de la ejecución del "Control de Erosión y Forestación en cuencas Hidrográficas de la Zona Semiárida", realizado por CONAF y la Japan International Cooperation Agency (JICA). El presente estudio surge de los talleres efectuados en el marco del proyecto de "Economía Ambiental aplicada a la ordenación de cuencas Hidrográficas", dictados por la Corporación Nacional Forestal (CONAF) en 1995 y 1996, en Santiago de Chile. Por simplicidad se acotó la evaluación a una microcuenca hidrográfica, por lo que se consideró sólo el área, los tratamientos y rubros productivos ubicados dentro de los límites geográficos de la Cuenca N°2.

3.2. LOCALIZACION

El proyecto se encuentra ubicado en la localidad de Alto Loica, comuna de San Pedro, provincia de Melipilla, Región Metropolitana. Está a unos 130 Km. al Sur Oeste de la ciudad de Santiago, por la carretera que conduce a Melipilla y luego por el camino a la Centro Hidroeléctrica Rapel.

El proyecto se encuentra localizado en la zona semiárida de Chile, la cual se extiende desde la IV a la VII Región del país y abarca una superficie de aproximadamente de 11.827.500 ha.

3.3. DEFINICION DEL PROBLEMA

La zona presenta suelos, vegetación, régimen hídrico y nivel de vida altamente degradados. Se observa pobreza en la comunidad rural, donde las familias, en su mayor parte, se encuentran viviendo en una economía de subsistencia y sin trabajo permanente para al menos uno o dos integrantes de la familia.

En un diagnóstico preliminar, realizado en 1993 por el sistema de cuadernos participativos de las familias rurales, se detectó aproximadamente 20 problemas principales. Algunos de estos se presentan a continuación, listados de mayor a menor según el puntaje obtenido en la evaluación:

- Carencia de energía eléctrica (dos años después ya existe energía eléctrica);
- Escasez de agua para riego y agua potable;
- Falta de recursos financieros necesarios para la producción;
- Deficiencias en calidad de las viviendas;
- Baja producción de los cultivos en general, excepto frutilla en algunos casos;
- Falta de preparación técnica e información acerca de los métodos de producción;
- Escasez de vegetación forestal y frutal en general;
- Malas vías de acceso como caminos vecinales, huellas, etc.;
- Falta de comunicación telefónica, radio u otro medio;
- Aislamiento de los centros, comerciales, educacionales, salud y otros;
- Escuelas y liceos muy lejos y escasos medios de transportes;
- Mala calidad de los productos obtenidos en el lugar;
- Falta de organización gremial formal y legal

La producción actual está basada en la ganadería rústica, con técnicas elementales, de ganado menor (ovejas) y mayor (vacunos y caballares). Mantienen una sobrecarga animal por superficie de pastoreo, lo que hace cada vez más escaso el alimento vegetal y de menor calidad.

Los suelos son de clase de uso VI y VII, preferentemente forestales, graníticos, superficiales, con el horizonte B a la vista en varios sectores, y caso sin cubierta vegetal por el excesivo uso extractivo durante mucho años. Se observa erosión generalizada, desde los grados medios a fuerte y muy fuerte, con cárcavas superficiales y profundas.

El sistema productivo actual tiene clara tendencia a continuar con la degradación y la desertificación, por lo que sin intervención los problemas en referencia cada vez serán más graves hasta llegar a ser irreversibles en un plazo no muy lejano.

3.4. OBJETIVOS DEL PROYECTO EN ALTO LOICA

El objetivo principal del "Proyecto de Recuperación y Conservación de Suelos Forestales en Alto Loica" es el de recuperar suelos altamente degradados para así elevar la producción y mejorar la calidad de vida de las familias rurales. Para ello, se usan técnicas de control de erosión y forestación en las microcuencas hidrográficas.

Adicionalmente, a través del proyecto se intenta enseñar las técnicas de la construcción de obras de control de erosión y de la forestación al mayor número de personas (propietarios de las tierras afectas, trabajadores en general, profesionales relacionados, estudiantes, visitas, etc.). Asimismo, se intenta difundir y extender las técnicas para la construcción de las obras de control de erosión y la forestación en la medida que se puedan adaptar a otras localidades o regiones.

En lo posible, el proyecto desea establecer un modelo de producción silvoagropecuaria eficiente y sustentable en el tiempo para propietarios rurales, a fin de permitirles alcanzar un alto nivel de calidad de vida por el uso de la tierra que es de su propiedad.

3.5. ESTRATEGIA Y METODOLOGIA DE EVALUACION

Para cumplir con el objetivo principal del proyecto, se debe establecer un sistema productivo con tratamientos de conservación de suelos, la cual debe ser acompañada de una evaluación económica social ambiental ex-ante y ex-post. Ex-ante, porque es necesario calificar la iniciativa de inversión antes de realizar el proyecto fin de decidir sobre la correcta asignación de fondos públicos, basándose en estimaciones de costos y beneficios futuros. Ex-post, para lograr una evaluación de los resultados efectivos del proyecto, más allá de lo que originalmente se esperaba.

Actualmente, el proyecto se encuentra en plena ejecución, por lo que el presente ejercicio de evaluación económica se base en costos estimados y algunos costos conocidos. Esto muestra la importancia de obtener antecedentes y parámetros, contables y no contables, que permitan evaluar, costos, beneficios y externalidades positivas y negativas que aparezcan con la ejecución del proyecto.

La metodología de evaluación comprende dos partes; a saber:

- Evaluación privada
- Evaluación social-ambiental

La primera parte considera los precios de mercado, productos alternativos, niveles de insumos, para una demanda y oferta incluyendo las distorsiones propias del lugar en que nunca ha existido un mercado en equilibrio y transparente. Sin embargo, marca las pautas de las funciones de oferta y demanda del lugar, lo que resulta representativo para la provincia de Melipilla. La producción se vende en el mismo predio a comerciantes que revenden a consumidores o otros comerciantes en Supermercados, en la feria Lo Valledor, La Vega, etc.

3.4. DESCRIPCION DE ACCIONES DEL PROYECTO

En la localidad de Alto Loica se planificó realizar tratamiento de conservación y recuperación de suelos y forestación en tres microcuencas, de acuerdo a los trabajos específicos que se describen a continuación:

- **Microcuenca N°1**
 - Cortinas corta viento;
 - Bosque ganadero;
 - Bosque para protección de laderas y riberas;
 - Construcción de zanjas de infiltración y surcos de desviación en baja densidad

- **Microcuenca N°2**

- Forestación;
- Cortina cortaviento en entorno completo de la microcuenca;
- Bosque ganadero y conservación de laderas;
- Plantación para protección de riberas;
- Zanjas de infiltración;
- Muros de contención e infiltración;
- Obra lineal, sacos de tierra y caña de maíz;
- Diques de gavión;
- Dos aforadores;
- Tranque de tres mil metros cúbicos;
- Estanque para riego por gravedad;
- Cinco terrazas agrícolas;
- Bomba para elevar agua con energía solar;
- Estación meteorológica;
- Diques de madera;
- Camino operacional interior;
- Cerco de malla y alambre de púa en contorno de la microcuenca;
- Tres "escorrentímetros" para medir pérdida de suelos;
- Estudios complementarios, como: temperatura del suelo, análisis de suelos, HP, inventario vegetal, planos topográficos, etc.

- **Microcuenca N°3**

- Cortinas corta viento;
- Bosque silvo-pastoral;
- Bosque ganadero y de protección de laderas;
- Plantación para protección de riberas;
- Zanjas de infiltración;
- Canales de desviación;
- Obras de cubierta, con caña de maíz, sarmiento de vid, ramas de Eucalyptus, malla rachel, malla marimber, etc.;
- Cuatro ensayos de hidrosiembra;
- Diques de madera impregnada.

- **Microcuenca N°4**

- Microcuenca testigo, sin tratamiento de conservación y protección y sin forestación.
- Instalación de un aforador para medir caudales y turbiedad

3.7. EVALUACION DEL PROYECTO

3.7.1 Supuestos de la Evaluación

Por simplicidad, la evaluación económica está referida sólo a la Microcuenca N°2, con una superficie de 20 hectáreas. No obstante, servirá de patrón para la evaluación de cualquier otra microcuenca. En esta microcuenca, se realizará una selección de las actividades más relevantes para aproximarse a un modelo productivo sustentable que permita recuperar los suelos y recursos naturales degradados.

La evaluación considera costos e ingreso actualizados para obtener un valor actualizado Neto (VAN) - llamado también Valor presente Neto (VPN). En atención a las inversiones motivadas por la ejecución del proyecto, se opta por comparar los VAN para la situación sin proyecto y con proyecto, en dos opciones técnicas.

- Sin proyecto: dejar tal como se está explotando actualmente
- Con proyecto:

Opción 1. Incluye la construcción de un embalse de 3.500 m³, aproximadamente y sistema de riego para los cultivos agrícola (frutillas) y forestación, descrita anteriormente).

Opción 2. Incluye la construcción de un embalse para riego, tratamiento al suelo con zanjas de infiltración, diques y surcos de desviación y forestación según lo descrito.

3.7.2. Situación sin Proyecto

En este caso, se puede calcular el VAN de la siguiente manera:

$$VAN_{sp} = \sum_{t=1}^n \left\{ \frac{(I_t - C_t) - (C_{us_t} + C_{ex_t})}{(1 + r)^t} \right\}$$

donde:

I_t : ingreso bruto en el año t (venta de corderos, vacunos, caballos, cerdos y ocasionalmente, ave).

C_t : costos al final del año t (operacionales, ya que en este caso los propietarios no pagan impuestos a la renta, intereses por créditos u otros).

r : tasa anual de actualización o descuento, 12% (la tasa social)

C_{us_t} : costo por uso, erosión, degradación y pérdidas de suelo.

C_{ex_t} : costos externos al sistema (crecidas, sedimentación bajo la microcuenca, falta de agua en verano y deterioro ambiental).

3.7.3. Situación con Proyecto

En este caso, se puede calcular el VAN de la siguiente manera:

$$VAN_{cp} = \sum_{t=1}^n \left\{ \frac{(I_t - C_t) - (C_{us_t} + C_{ex_t}) + /- Ext}{(1 + r)^t} \right\}$$

donde las mismas abreviaciones son usadas que en el caso anterior, y en que Ext representa el valor de las externalidades nuevas (no existentes antes del proyecto).

Los enfoques de valoración están referidos a la producción y costos de reposición simplificados. La metodología incorpora el enfoque de los "Costos de Daños Evitados", y calcula el costo de conservación, reparación y restauración de los recursos económicamente valiosos: los suelos, los recursos naturales renovables (agrícolas, ganaderos y forestales) y los recursos recreacionales.

Esta metodología de valoración necesita apoyarse muy estrechamente de métodos de valoración y especialmente del método de producción privada.

En este caso, para calcular el valor de la externalidad del proyecto, se determinó el valor de la cantidad de nutrientes que se pierden en 40 toneladas de suelos por erosión por hectárea cada año, y se multiplicó por el precio por kilo de fertilizante equivalente las cantidades de nutrientes principales para las plantas a cultivar: $q \times p$ (donde q son los kilos de fertilizante por ha. y p es el precio comercial de cada kilo).

Los resultados de la evaluación se presentan en el Cuadro 3.7, a continuación.

Cuadro 3.7 Flujo de Caja Resumido (en pesos netos actualizados).

	Situación sin proyecto	Situación con proyecto Opción Técnica N°3	Situación con proyecto Opción Técnica N°2
COMPONENTES PRIVADOS			
Producción ganadera			
Ingresos	3.785.706	3.785.706	3.785.706
Costos	-202.394	-202.394	-202.394
Producción agrícola			
Ingresos	46.899.562	46.899.562	0
Costos	-29.325.085	-29.325.085	0
Obras de conservación			
Costos	-1.289.143	0	0
ANÁLISIS DE PRECIOS SOMBRAS			
Obras familiares-Costo de Oportunidad	-9.321.866	-9.321.866	-9.321.866
ANÁLISIS AMBIENTAL			
Pérdidas de nutrientes	-137.807	-137.807	-74.071
Pérdida de Producción por Sedimentos	-11.339.884	0	
VAN Privado	3.583.312	21.157.789	19.868.646
VAN Privado por hectárea	179.166	1.057.889	993.432
VAN Social	-5.876.361	358.232	10.472.709
VAN Social por hectárea	-293.818	17.912	523.636

Nota: Los antecedentes detallados utilizados para los cálculos y tablas se encuentran disponibles y en poder de los autores

3.8. CONCLUSIONES

- Tanto los antecedentes sobre los ingresos como sobre los costos deben ser revisados y mejorados con un mayor número de muestras para aproximarse cada vez más a la realidad de esta localidad, en la cual se está trabajando en condiciones económicas muy extremas.
- Es necesario recabar mayor información sobre las externalidades, tanto positivas como negativas en el transcurso del tiempo y los cambios causados por las actividades del proyecto. Por ejemplo la turbiedad ha disminuido 10 veces, en dos años de tratamiento, medida después de las precipitaciones.
- Los campesinos forestales de Alto Loica han subsistido por muchos años y pueden seguir por muchos más, ya que los costos, en la opción sin proyecto, están muy por bajo el nivel mínimo de producción actual y el costo real, tanto social como ambiental, se está "cargando" a los recursos naturales, erosión del suelo, explotación sin manejo ni técnica de la cubierta vegetal. La forma de actual del campesino local es vender lo que se coseche incurriendo en el mínimo gasto posible.
- La función de producción del tipo $y = Ak^a + L^{1-a}$ (donde K: capital, L: es mano de obra y A: iniciativa empresarial), en Alto Loica se caracteriza por estar sesgada hacia el factor mano de obra, con un mínimo de capital (y a menudo no hay prácticamente capital).
- La alternativa de producción viable en el mediano y largo plazo, para una familia de cuatro personas y 20 ha. como en este caso, más probable podría ser:
 - Forestación y ganado seleccionado
 - Cultivo de frutillas, en un área de 0,5 a 1.0 ha.
 - Tratamiento de recuperación y conservación de suelos, zanjitas, surcos de desviación, cercado en torno a las 20 ha. con malla y alambre de púa, y un sistema de riego moderno, en lo posible de pozo profundo (40 a 60 m.) con bomba eléctrica.
- En base a la evaluación económica, privada, social y ambiental, no se visualiza una solución fácil para lograr los objetivos del proyecto. Sin embargo sería importante, evaluar las microcuencas números: tres, uno y cuatro, para comparar los VPN o TIR opciones con menor intensidad de los tratamientos.

3.9. BIBLIOGRAFIA

Azqueta O.D. (1994): Evaluación Económica de la Calidad Ambiental.

CONAMA (1993): Principios de Evaluación del Impacto Ambiental

Overseas Development Administration, (ODA) y Corporación Nacional Forestal (CONAF) (1995 -1996): Taller de Economía Ambiental, en Ordenación de Cuencas Hidrográficas en Zona Semiarida. Santiago, Chile.

Varios autores (1996): Apuntes internos de Post Título: Microeconomía, Macroeconomía, Evaluación Privada de Proyectos, Evaluación Social de Proyectos. U. de Chile, Fac. de Cs. Físicas y Matemáticas, Ingeniería Industrial.

ESTUDIO DE CASO C:

**VALORACION ECONOMICA DE UN
AREA SILVESTRE PROTEGIDA:**

Daniel Muñoz

CONAF Oficina Central

Gabriela Omegna

CONAF Oficina Central

Alejandro Santoro

CONAF II Región

4. VALORACION ECONOMICA DE UN AREA SILVESTRE PROTEGIDA: EL SECTOR SONCOR DE LA RESERVA NACIONAL "LOS FLAMENCOS"

Daniel Muñoz
CONAF Oficina Central
Gabriela Omega
CONAF Oficina Central
Alejandro Santoro
CONAF II Región
(Mayo de 1996)

4.1. Introducción

En 1984 se creó en Chile el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE), el cual es administrado por la Corporación Nacional Forestal (CONAF), entidad dependiente del Ministerio de Agricultura. Hoy el SNASPE está compuesto por 49 Reservas Nacionales, 35 Parques Nacionales y 13 Monumentos Naturales, con una superficie de aproximadamente 14,5 millones de hectáreas.

Los recursos financieros de los que dispone CONAF para el SNASPE se encuentran en el presupuesto anual de la Corporación, el cual es parte del presupuesto del Ministerio de Agricultura, el que -a su vez- es parte del Presupuesto F8iscal de la Nación.

Para la conformación del Presupuesto de la Nación el gobierno reconoce como prioritarios los sectores de Obras Públicas, Defensa, Educación, Salud y Vivienda. En el presupuesto del ministerio de Agricultura de CONAF tiene menos prioridad que las otras entidades de él dependientes (INDAP, SA, INIA). Dentro del presupuesto de la CONAF, el SNASPE tampoco tiene una alta prioridad (menos del 20% del presupuesto de la institución).

¿Se justificaría darle al SNASPE una mayor prioridad y consiguientemente, asignarle los recursos presupuestarios que éste demanda anualmente? La respuesta va asociada a una larga lista de argumentos; entre los más importantes de ellos se cuentan los siguientes:

- La experiencia mundial indica que la existencia de **Sistemas de Áreas Silvestres Protegidas es uno de los mecanismos más efectivos para asegurar la preservación del medio ambiente y, a través de ello, aportar significativamente a la viabilización del desarrollo sustentable de los países y del planeta.**
- **El SNASPE chileno representa un 19% del territorio nacional - sin considerar el territorio antártico - y el presupuesto actual para su administración es insuficiente desde el punto de vista de las necesidades operativas.**

El presupuesto 1996 para funcionamiento del SNASPE fue de unos \$1.500 millones aproximadamente, distribuidos entre Personal ((\$1.150 millones) y Bienes y Servicios de consumo (\$350 millones), lo que corresponde a unos \$150 por ha/año y 15 millones anuales por Área Silvestre Protegida (ASP). Si se considera sólo el presupuesto para Bienes y Servicios (gastos de operación excluyendo sueldos) **la asignación presupuestaria se reduce a unos \$25 por ha/año y \$3,5 millones por ASP/año.**

El personal de terreno del SNASPE es de unas 400 personas, lo que representa una dotación promedio aproximada de 4 personas por ASP. El costo promedio anual es de aproximadamente \$2 millones por persona en las ASP, siendo el salario neto promedio mensual inferior a \$150.000 por persona.

Los salarios son bajos en relación a la responsabilidad que tienen los guardabosques y, si bien es posible mejorar en alguna medida la eficiencia del personal y del uso del presupuesto de Bienes y Servicios (aspectos que se están mejorando), la creciente demanda por recreación en las ASP hacen que tanto el recurso humano del SNASPE como su presupuesto de operación sean insuficientes.

Con las restricciones presupuestarias actuales no es posible administrar una quinta parte del territorio nacional en forma consecuente con los objetivos de conservación de los recursos naturales incorporados al SNASPE, los que el propio Presidente de la República reconoce como muy importantes.

- ***La sociedad le asigna un alto valor a las ASP***

Las personas están cada día más sensibles respecto de la necesidad de conservar la naturaleza y visualizan que las ASP son algo importante para ello. El valor que la sociedad le asigna a las ASP debiera ser tomado en cuenta en la toma de decisiones sobre asignación de recursos.

El problema que se presenta en el caso de este tercer argumento, es que hasta el momento este es sólo un supuesto razonable, pero no se ha indicado **cómo determinar el valor que las personas le asignan a las ASP, expresando dicho valor en términos monetarios.**

La finalidad central del presente estudio es ensayar métodos que permitan determinar el valor monetario que la sociedad le asigna a una determinada ASP para tomarlo en consideración al asignar los recursos presupuestarios.

El estudio se hizo en el marco del Seminario-Taller de Economía Ambiental aplicada al Manejo de Cuencas Hidrográficas, realizado en cuatro etapas (1995-1996) en Santiago de Chile en el ámbito del Proyecto CONAF/ODA (Overseas Development Administration del Reino Unido) y ERM (Environmental Resources Management).

4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS DEL ESTUDIO

Dentro del objetivo general de ensayar el uso métodos de valoración monetaria de una ASP, el presente estudio se planteó los siguientes objetivos específicos:

- Validar métodos, instrumentos y procedimientos aplicables para valorar ASP.
- Determinar el valor monetario que le asignan los visitantes a un ASP en particular, sector Soncor de la Reserva Nacional Los Flamencos (en adelante, también RNLF o la Reserva).
- Mostrar a las autoridades que el valor que la sociedad le asigna a las ASP es suficientemente alto como para tenerlo en cuenta en la toma de decisiones de política de asignación presupuestaria para el SNASPE.

4.3. FUENTES DE VALOR DE LAS AREAS SILVESTRES PROTEGIDAS

Una primera aproximación al valor económico de cualquier bien, incluyendo la tierra, es su valor comercial. Sin embargo, las ASP son de propiedad fiscal, no se transan en el mercado y, por ende, no tienen valor comercial. Dada esta limitante, es necesario desarrollar otros métodos de valoración monetaria. **Para ello, se debe reconocer que el valor económico de un ASP depende de una combinación de factores económicos, sociales y ambientales.**

En las Reservas Nacionales, por ejemplo, pueden producirse bienes a partir de sus recursos de flora y/o fauna (recursos naturales renovables), lo cual le otorga valor económico a una Reserva Nacional aún cuando dicha producción no se realice en el presente. También pueden realizarse actividades con fines recreativos, científicos y educativos, lo que representa un valor económico y social. Las Reservas, además, cumplen roles de protección de los suelos, regulación del flujo de las aguas y conservación de la flora y fauna, lo que constituye un valor de orden ambiental.

Los Parques Nacionales y los Monumentos Naturales, en tanto, son ambientes más frágiles que las Reservas Nacionales, por lo que no está permitida la producción o extracción de bienes y, en consecuencia, no tienen valor de uso productivo.

Las ASP, además de proteger los suelos, las aguas y la flora y fauna, pueden ser utilizadas con fines recreativos, científicos y educativos. Adicionalmente, muchas ASP contribuyen o pueden contribuir a la producción de agua y al mejoramiento de la calidad de ésta, para su uso fuera del área protegida (por ejemplo, para riego o consumo humano, animal e industrial) y a la mantención de la composición del aire.

Debe notarse que las aguas contaminadas y una desbalanceada composición gaseosa del aire pueden ocasionar graves daños a la salud animal (incluido el ser humano) y, consecuentemente, altos costos de reparación y descontaminación.

En resumen, las ASP tienen **valores de uso y valores de no uso**, que pueden ser expresadas en forma de valor monetario. El valor de uso proviene de la capacidad de las ASP para ser usadas con fines productivos, recreativos, científicos y educativo-formativos. Además, existe un valor por la posibilidad de optar por usar sus recursos en el futuro (conocido como, valor de opción). Los valores de no uso se refieren a los valores que las personas pueden asignarle a las ASP por el hecho de saber que existe este tipo de lugares, aunque no tengan interés de usarlos (conocido como, valor de existencia), y por la posibilidad de legar estos ASP a las generaciones venideras (conocido como valor de herencia o valor de legado).

Para efectos del análisis económico, se acepta que la suma de los valores de uso y de no uso constituyen el valor económico de un ASP.

4.4. EL ÁREA SILVESTRE PROTEGIDA ESCOGIDA

Cualquiera de las ASP del SNASPE con un número significativo de visitantes pudo ser escogida para efectos de este ejercicio de valoración monetaria. La ASP seleccionada fue la Reserva Nacional Los Flamencos en consideración a que uno de los autores del estudio trabaja directamente relacionado en ella.

4.4.1. Antecedentes sobre la Reserva Nacional Los Flamencos

Localización:

La Reserva Nacional Los Flamencos, creada en 1990, se encuentra en la Región de Antofagasta, provincia de El Loa, comuna de San Pedro de Atacama. Sus coordenadas geográficas son 22°54'-23°59' latitud sur y 67°11'-68°19' longitud oeste.

Sectorización y superficie:

La RNLF tiene siete sectores separados físicamente unos de otros (ver mapas Anexo N°1). Las dimensiones de cada una de estas áreas se encuentran en el cuadro a continuación.

Cuadro 4.4ª Sectores de la Reserva Nacional de Los Flamencos

Sector 1	Salar de Tara – Salar de Aguas Calientes	36.674 Hectáreas
Sector 2	Salar de Pujsa	5.702 Hectáreas
Sector 3	Lagunas Miscanti y Miñiques	10.977 Hectáreas
Sector 4	Sector Soncor en el Salar de Atacama	5.016 Hectáreas
Sector 5	Laguna Agua de Quelana en el Salar de Atacama	4.135 Hectáreas
Sector 6	Valle de la Luna	5.467 Hectáreas
Sector 7	Tambillo (bosque de Prosopis tamarugo)	6.013 Hectáreas
Superficie total		73.984 Hectáreas

Los Sectores 1,2 y 3 se encuentran en las montañas de la Cordillera de Los Andes (sobre los 4.000 msnm). Los sectores 4, 5 y 7 se encuentran en la parte baja de la cuenca del Salar de Atacama. El sector 6 se encuentra en la Cordillera de Domeyko.

Ambientes:

La parte baja de la RNLF se encuentra en el Desierto de Atacama, uno de los desiertos más secos del mundo (25 mm de precipitación anual).

Las lagunas existentes en la Reserva, tanto en el valle (parte baja) como en las montañas, son hábitat de avifauna. En el sector Soncor, por ejemplo, existen tres algunas – Puilar, Chaxas y Barros Negros – que son hábitat de las especies **flamenco andino, flamenco chileno, gaviota andina, chorlo de la puna, playero de Baird, colegial, pequén, golondrina de dorso negro y pollito de mar tricolor**. En ellas se encuentran varios sitios de nidificación (reproducción).

La vegetación se localiza en los márgenes de los cuerpos de agua y en las montañas de mayor altitud. La flora silvestre más representativa de la RNLF es la siguiente:

- **Llaretta y paja brava** (Sector lagunas Miscanti y Miñiques).
- **Gramma salada, brea, cachiuyuyo y Ephedra breana** (Sectores del Salar de Atacama: Soncor y Laguna Aguas de Quelana).
- **Tola de agua y tola amaia** (Sectores Salar de Pujsa y Salar de Tara y salar Aguas Calientes).
- **Gramma salada, brea, cachiuyuyo, Baccharis periolata, Frankenia meyeniana** (Sector Valle de la Luna)
- **Prosopis tamarugo, gramma salada, brea y cachiuyuyo** (Sector Tambillo).

Economía local y regional

Las actividades económicas que más aportarán a la economía local y regional **son la minería, el turismo** y los servicios relacionados con dichas actividades.

En el Salar de Atacama, excluyendo los sectores incorporados a la Reserva, las actividades mineras se basan en la extracción de sales y minerales, lo que demanda el uso de las aguas subterráneas del lugar. Las aguas subterráneas son las que proveen el agua de recarga de las lagunas existentes en el Salar de Atacama.

Los sectores de **Soncor y Valle de la Luna**, conjuntamente con los géiseres del Tatio en el **Parque Nacional Licancabur** y el oasis y las expresiones culturales que se observan en el pueblo de **San Pedro de Atacama**, conforman un **circuito turístico** relevante a nivel nacional e internacional.

En el Valle de la 'Luna se encuentra el sitio arqueológico Tulo que muestra restos de una antigua aldea con viviendas de planta circular y paredes de barro. Los otros sectores de la RNLF y el Parque Nacional Lullillaco, también se están incorporando al circuito turístico antes mencionado, lo que va conformando un paquete turístico cada vez más amplio.

En atención a que la Reserva tiene siete sectores separados y a limitaciones de tiempo y recursos, el estudio se aplicó solamente en un sector de la mencionada Reserva. El sector elegido fue Soncor, porque es uno de los lugares más visitados de la reserva Nacional Los Flamencos y de la Región de Antofagasta (tanto por chilenos como extranjeros) y aunque está alejado de centros urbanos, dispone de caminos de acceso relativamente buenos.

En relación al turismo, en el sector Soncor el mayor atractivo para los visitantes son los flamencos. Su belleza escénica y la de sus lugares de nidificación en Soncor atrae más de **10.000 visitantes al año**.

4.5 METODOLOGÍA

4.5.1 Los Métodos de Valorización Disponibles

Varios son los métodos que pueden aplicarse para valorar monetariamente un terreno y sus recursos naturales, a saber:

- * Método del Valor comercial
- * Método de los Precios Hedónicos.
- * Método de la Producción Perdida u Obtenida.
- * Método de los Daños Evitados
- * Método del Costo de Viaje
- * Método del Valor Contingente

- ***El Método del Valor Comercial***

Normalmente para valorar monetariamente un terreno se observa su valor comercial en el mercado de la tierra (valor de mercado). Sin embargo, las tierras fiscales declaradas ASP no se transan en el mercado (no están a la venta) y, por tanto, no tienen valor comercial. En consecuencia, no es pertinente usar el mercado de la tierra para tratar de estimar el valor comercial de un ASP. No obstante, es posible que en el futuro se establezcan ASP privadas, las que podrían llegar a tener valor comercial.

- ***El Método de los Precios Hedónicos***

Los **precios hedónicos** de los bienes raíces representan la componente de su precio de mercado derivada de ciertos atributos relevantes del bien que le otorgan un valor adicional en comparación con el precio de mercado de un bien similar situado en el mismo lugar o en un lugar cercano. Esos atributos pueden ser, por ejemplo, exposición al sol, menor riesgo de inundaciones y avalanchas, mayor disponibilidad de agua.

Casi la totalidad de las tierras en el Desierto de Atacama son de propiedad fiscal y no se ha desarrollado allí un mercado de transacciones de compra-venta de tierras. Sólo se observa allí el pago al Fisco por concesiones de tierras para explotaciones mineras, lo que no refleja exactamente el valor comercial de la tierra, puesto que dichos pagos son bajísimos en comparación con los valores comerciales de la tierra en otras zonas del país. El agua existente en las lagunas de la RNLF podría otorgarle a ésta un valor identificable con este método.

En consideración a que prácticamente no hay un mercado de tierras en la zona donde se localiza la RNLF y que ésta no está a la venta, se concluye que el Método de los Precios Hedónicos no es aplicable para valorarla monetariamente. Puede suponerse que, al menos por el momento, el valor comercial de la Reserva es cero, criterio aplicable a todas las ASP del SNASPE.

- ***El Método de la Producción***

También es usual valorar un terreno basándose en las posibilidades de utilizar con fines productivos sus recursos naturales (suelos, aguas, aire, flora y fauna).

Según este método el valor económico de la tierra corresponde a los beneficios netos a obtener con la producción de bienes a partir de la utilización de los recursos allí existentes (valor de venta de los bienes susceptibles de producirse menos los costos de producción). Cuando se trata de la utilización de recursos madereros, este valor suelo llamarse valor potencial del suelo.

En la RNLF no se producen bienes porque ello no es compatible con los objetivos de creación de esta Reserva: protección del flamenco y conservación de la naturaleza.

En consecuencia, puede concluirse que tampoco el Método de la Producción es aplicable para determinar el valor económico de esta Reserva. Puede asumirse que, al menos por el momento, la RNLF tiene valor cero desde el punto de vista productivo.

- ***El Método de los Daños Evitados***

Este método consiste en valorar los daños que se evitan con un emprendimiento humano (económico, social o ambiental), por ejemplo, las obras de canalización de un río, obras de descontaminación del aire, un bosque mantenido como ASP (que evita la erosión de los suelos, las avalanchas, el embancamiento de ríos y embalses), etc.

En relación a las ASP, puede que hoy se desconozcan algunos de los daños que se evitan con la existencia de éstas, pero podría suceder, por ejemplo, que en el futuro se descubra que alguno de los recursos naturales existente en la RNLF evita o contribuye a evitar ciertos daños a la salud humana.

El hecho de desconocer los daños que puedan estarse evitando con la existencia del sector Soncor como área protegida, nos lleva a pensar que el Método de los Daños Evitados no es aplicable, por el momento, para valorarlo económicamente.

- ***El Método del Costo de Viaje***

Este método ha sido diseñado con el objetivo particular de valorar monetariamente áreas como las ASP. El método consiste en relacionar el valor monetario de un ASP con el costo de los viajes con fines turístico-recreativos inducidos por la existencia del ASP. Está implícito que el “mercado” de viajes con fines turístico-recreativos es un **mercado relacionado** con el valor del ASP.

El valor del ASP determinado por este método es el excedente del consumidor, el que depende de la cantidad de dinero que las personas están dispuestas a pagar (DAP) para visitar el ASP (incluido el pago de la tarifa de entrada en el caso de las ASP en que se cobra un derecho de entrada), según las distancias recorridas para llegar hasta la ASP.

La limitación de este método es que el valor monetario estimado expresa solamente el valor de uso recreativo de la ASP, excluyendo sus valores de uso productivo, científico y educativo y los valores de no uso.

- ***El Método del Valor Contingente***

Según el Diccionario Aristos, una de las acepciones de la palabra “contingente” es “**cuota con que cada uno contribuye a un mismo fin**”. Este método ha surgido sólo en las últimas décadas para valorar monetariamente las ASP y adquiere cada vez más reconocimiento. El método se basa en determinar el valor que la sociedad le asigna a una determinada ASP, tomando en cuenta tanto los factores económico-productivos, como los factores sociales y ambientales, o sea, considerando sus valores de uso (productivos, recreativo, científico y educativo) y valores de no uso (de existencia, de opción y de legado).

Este método mide la disposición a pagar de las personas que visitan la ASP, a modo de contribución voluntaria para que ésta continúe siendo un ASP, en un mercado hipotético o simulado (el “mercado” de la disposición a pagar para contribuir a la mantención de la ASP). También puede medir la disposición a pagar de personas que no visitan el lugar, pero que de todos modos le asignan un valor.

4.5.2. Decisión Acerca de los Métodos de Valorización a Aplicar

Considerando los atributos de cada uno de los métodos de valoración descritos y la experiencia en otros países, para valorar monetariamente el sector Soncor, se decidió aplicar el **Método del Costo de Viaje (MCV) y el Método de Valoración Contingente (MVC)**. Para observar la viabilidad de ambos métodos se diseñó y probó los instrumentos y procedimientos pertinentes, y se hizo un análisis crítico del ejercicio realizado.

A continuación se señalan algunos aspectos metodológicos importantes:

Ambos métodos, el MCV y el MVC, consultan a los visitantes a través de una **encuesta** con preguntas ad hoc. Se aplicó, en terreno (sector Soncor), una sola encuesta con secciones específicas para cada método.

Etapas del trabajo:

- Diseño de la encuesta (secciones separadas para el MVC y el MCV)
 - Validación de la encuesta
 - Muestreo preliminar y cálculo del tamaño de la muestra
 - Aplicación de la encuesta
 - Procesamiento de la información y obtención de resultados
 - Análisis de los resultados y obtención de conclusiones
- Dadas las limitaciones de tiempo, la encuesta se aplicó sólo a 111 visitantes escogidos al azar – de los cuales 85 fueron chilenos y 26 extranjeros.
- Se observó diferencias significativas entre la valoración que hace un turista nacional y uno extranjero, de modo que los datos de chilenos y extranjeros se procesaron por separado.
- En consideración a que el sector Soncor es parte de un círculo turístico y que los viajes turísticos contemplan la visita a otros lugares antes y/o después de visitar Soncor, los resultados que arrojó el método del costo del Viaje se dividieron por el número de lugares visitados y a visitar por el encuestado en su viaje.
- En consideración a que muchos turistas viajan en grupos en que una persona le financia el viaje a algunos integrantes del grupo (por ejemplo, grupos familiares), para el método del Costo de Viaje se consultó el tamaño del grupo financiado por el encuestado y los resultados se dividieron por el número de personas del grupo.
- Los ingresos, costos de viaje y DAP de los encuestados extranjeros se convirtieron a pesos chilenos usando la tasa de cambio correspondiente de la moneda en que la persona respondió esas preguntas.
- Para ambos métodos se calculó el Valor Actualizado Neto (VAN) de los valores asignados. La fórmula aplicada para el cálculo del VAN considera un excedente del consumidor anual, lo que llevado a perpetuidad es:

$$\text{VAN} = \text{Excedente del Consumidor} / \text{Tasa de Interés}$$

La tasa de descuento usada para el cálculo del fue 12% por se la tasa oficial aplicada en Chile por MIDEPLAN para evaluación social de proyectos.

En el MCV, además de consultar al encuestado acerca de cuánto ha de gastar en el viaje que incluye la visita a Soncor (costo efectivo del viaje), se consultó directamente “cuanto estaría dispuesto a gastar en hacer el mismo viaje”, de modo que la diferencia entre ambos se asume como el excedente del consumidor. Para el cálculo del costo del viaje se consideró los excedentes promedio, para chilenos y extranjeros, y el número de visitantes chilenos y extranjeros indicados por las estadísticas del año 1994 (el MCV no fue aplicado según su diseño original: para estimar el excedente del consumidor no se correlacionó el costo efectivo del viaje con las distancias viajadas).

4.6. RESULTADOS

En esta sección se presenta el conjunto de antecedentes extraídos de la aplicación de la encuesta, expresados principalmente en forma de Cuadros Resumen.

4.6.1. Estadísticas Descriptivas

Las siguientes estadísticas conforman la base tanto para la evaluación del método de costo de viaje como del método de valoración contingente.

Cuadro 4.6a Estadísticas Descriptivas

	CHILENOS	EXTRANJEROS
Observaciones (N°)	5	26
Ingreso promedio (\$/mes)	464.435	1.031.538
Ingreso promedio (\$/año)	5.573.220	12.378.456
Ingreso promedio (US\$/año[US\$=410])	13.593	30.191
Educación promedio (años)	15,2	15,9
Edad promedio (años)	30	35

4.6.2. Método del Costo Viaje

Los antecedentes principales necesarios para calcular el costo de viaje, son los que se presentan en la tabla a continuación.

Cuadro 4.6b Resumen de Antecedentes para Cálculo de Costos de Viaje

	Chilenos	Extranjeros
1. Costo promedio de viaje (\$/persona encuestada)	245.824	925.231
2. DAP viaje (\$/persona encuestada)	339.529	1.025.346
3. Excedente del Consumidor (\$/viaje) = (1) – (2)	93.706	100.115
4. Promedio lugares visitados/ viaje (N°)	5,9	8
5. Excedente del Cons. para Soncor (\$) = (3) / (4)	15.618	12.455
6. Promedio personas / grupo (N°)	1,76	1,14
7. Excedente del Cons. / persona (\$) = (5) / (6)	8.979	10.898
8. Visitantes / año (N° de adultos en 1994)	4.070	6.370

De acuerdo a los resultados, se puede calcular el excedente del consumidor por el MCV, tanto para chilenos como para extranjeros, y así calcular el excedente total.

Excedente del Consumidor (M\$/año) chilenos (= (7) x (8)) :	36.545
Excedente del Consumidor (M\$/año) extranjeros (= (7) x (8)) :	69.420
Excedente del Consumidor (M\$/año) total	105.965

Por lo tanto, el VAN de Soncor se puede estimar en la siguiente cifra:

$$\text{VAN Soncor} = \$ 105.965.000 / 0.12 = \$ 883 \text{ millones (US \$ 2,15 millones)}$$

Dado que la superficie de Soncor es de 5.016 hectáreas, el VAN de Soncor por hectárea es de \$ 176.000 (US \$430).

4.6.3. Método del Valor Contingente

En el caso del MVC la **disposición a pagar (DAP)** – o disposición a contribuir para la mantención de Soncor como ASP – equivale al **excedente del consumidor**.

Chilenos

- DAP promedio (aritmético), según encuesta:

$$\text{DAP} = \text{Sumatoria de datos de DAP (encuesta)} / \text{N}^\circ \text{ de datos (encuesta)}$$

$$= \$ 539.900 \text{ (por mes)} / 85 = \$ 6.352 \text{ por mes}$$

- DAP Promedio, según ajuste de una función:

Se probó varias funciones y se observó que la función que más se ajusta para predecir la DAP es una recta del tipo:

$$F(x) = a + b * X,$$

En que X es el ingreso de la persona encuestada (la DAP de los chilenos está muy correlacionada con su ingreso). La función ajustada es:

$$\text{DAP} = 4647,27 + 0,003669 \times \text{INGRESO}^7$$

⁷ Los resultados de la función son los siguientes: t(a) = 4,89; t(b) = 3,31; F = 11,00 (significativo al 99%); R² = 0,1064

Dado un ingreso promedio se puede calcular un DAP promedio (DAPP):

$$\text{DAP} = 4647,27 + 0,003669 \times \text{INGRESO promedio}$$

$$= 4647,27 + 0,003669 \times \$ 464435 / \text{mes}$$

$$= \$ 6.351 / \text{mes}$$

Extranjeros

- DAP promedio (aritmético), según encuesta:

$$\text{DAP} = \text{Sumatoria de datos de DAP (encuesta)} / \text{N}^\circ \text{ de datos (encuesta)}$$

$$= \$ 102.800 (\text{por mes}) / 26 = \$ 3.954 \text{ por mes}$$

- DAP Promedio, según ajuste de una función:

Se probó varias funciones y se observó que la función que más se ajusta para predecir la DAP es una recta del tipo:

$$F(x) = a \times X,$$

En que X es el ingreso de la persona encuestada (la DAP de los extranjeros está muy correlacionada con su educación). La función ajustada es:

$$\text{DAP} = 267 \times \text{EDUCACIÓN}^8$$

Dada una educación promedio, se puede calcular el DAP promedio (DAPP):

$$= 267 \times \text{EDUCACION promedio}$$

$$= 267 \times 15,9 = \$4.245 / \text{mes}$$

DAP Total

El siguiente cuadro resume las etapas del cálculo de la disposición a pagar por el sector de Soncor que tienen tanto los chilenos como los extranjeros.

Cuadro 4.6c Cálculo DAP

	CHILENOS	EXTRANJEROS	TOTAL
(1) DAPP (\$/mes/visitante adulto)	6.351	4.245	
(2) = (1)x12=DAPP (\$/año/visitante adulto)	76.212	50.940	
(3) Visitantes/año [adultos en 1994] (N°)	4.070	6.370	10.440
(4) = (2)x(3) = DAP (M\$/año)	310.183	324.488	634.671

⁸ Estadígrafos: t(b) = 7,74; F = 3,96 (significativo al 95%); R² = 0,14

De acuerdo a lo que se ha indicado con anterioridad, el Excedente del Consumidor será la DAP total; es decir: 634.671.000 / año. Por lo tanto, el VAN de Soncor se puede evaluar de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{VAN Soncor} &= \$634.671.000 / 0.12 \\ &= \$5.289 \text{ millones (US\$ 12,9 millones)} \end{aligned}$$

Considerando que la superficie del sector es de 5.016 hectáreas, el VAN por hectárea es:

$$\text{VAN / hectáreas} = \$ 1.054.000 \text{ (US\$ 2.570)}$$

Además de calcular la DAP, se consultó a los encuestados acerca de la ponderación que le dan en su contribución a cada uno de los valores de uso y de no uso. Debe notarse que este no permite, en estricto rigor, un cálculo de valor de no uso, ya que, por definición, sólo se podría aplicar a quienes no utilizan el área, pues eso aseguraría que no se confunden los valores. El MVC valora todos los aspectos a la vez, por lo que es compleja una separación ex-post. No obstante, puede servir para obtener algún referente de la importancia relativa de cada valor. Por lo tanto, todos los datos respecto a este tema deben considerarse meramente referenciales.

Entre los valores de no uso se incluyó el valor espiritual, que busca expresar el valor de la tranquilidad espiritual que produce el saber que existe un ASP. Este formaría parte en realidad del valor de existencia, pero puede servir para precisar mejor las fuentes de valor. Los promedios ponderados se resumen en el siguiente cuadro.

Cuadro 4.6d Promedios Ponderados de Fuentes de Valor Sector de Soncor

	CHILENOS	EXTRANJEROS
VALORES DE USO (en %)	47,0	51,9
Valor productivo	0,7	5,5
Valor recreativo	5,3	9,4
Valor científico	17,6	15,1
Valor educativo	16,5	16,9
Valor de opción	6,9	5,0
VALORES DE NO USO (en %)	53,0	48,1
Valor de existencia	31,7	31,3
Valor de legado	11,4	9,3
Valor espiritual	9,9	7,5

4.7. ANALISIS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De las Estadísticas Descriptivas

- La muestra indica un porcentaje mayor de chilenos (76,6%) que de extranjeros (23,4%), en tanto que las estadísticas anuales indican un 39% de chilenos y un 61% de extranjeros. Esto se debe a que en la época del año en que se aplicó la encuesta (Febrero) Soncor es más visitado por chilenos. Es recomendable aplicar la encuesta también en Agosto-Septiembre, meses de mayor presencia de extranjeros.
- Las limitaciones de tiempo para realizar el trabajo de terreno impidió tomar muestras de tamaño adecuado para la validez estadística de los resultados. Esta falencia metodológica debe ser corregida en los estudios de valoración de ASP que se realicen en el futuro, calculando el *número de personas a encuestar, tanto de chilenos como de extranjeros y tanto para el MCV como para el MVC*.

Sin tomar en cuenta las falencias señaladas, los resultados obtenidos indican lo siguiente:

- El ingreso promedio de los extranjeros que visitan Soncor (US\$ 30.191/año) es más del doble que el ingreso de los chilenos que visitan dicha zona de la RNLF (US\$ 13.593/año).
- No hay gran diferencia de educación (medida en años de estudio), entre chilenos (15,2 años) y extranjeros (15,9 años) que visitan Soncor.

4.7.2 De los Resultados de Chilenos y Extranjeros

- En el MVC la disposición a pagar (DAP) de los chilenos depende más bien del ingreso ($DAP = a + b \times \text{INGRESO}$) y la DAP de los extranjeros depende más bien de la educación ($DAP = b \times \text{EDUCACION}$).
- La mayoría de los extranjeros encuestados fueron europeos y su DAP muestra muy poca correlación con su ingreso y bastante correlación con su educación, a diferencia de los chilenos cuya DAP muestra alta correlación con el ingreso y poca correlación con su educación. Ello indica la conveniencia de procesar por separado los datos de chilenos y extranjeros. Incluso parece ser conveniente separar a los extranjeros sudamericanos del resto de los extranjeros (éstos últimos, en general, provienen de países desarrollados).

No habiendo gran diferencia en la cantidad de años de estudio de educación formal que tienen chilenos (15,2 años) y extranjeros (15,9 años), podría haber diferencias en el tipo y contenido de la educación de chilenos y extranjeros, lo que podría ser la causa de sus diferencias de DAP o podría ser que, sobre un cierto nivel de ingreso, la DAP depende más de la educación que del ingreso (ese nivel crítico de ingreso no habría sido alcanzado aún por los chilenos) o ambos factores pudieron estar presentes en los resultados de la encuesta. No es posible dilucidar estas interrogantes mediante el estudio realizado.

- No obstante que el ingreso de los extranjeros es más del doble que el ingreso de los chilenos, según el MVC, la DAP de los extranjeros (\$4.215/mes: 0,4% de su ingreso mensual) es menor que la DAP de los chilenos (\$6.351 / mes: 1,4% de su ingreso mensual).

Muchos encuestados extranjeros manifestaron (sin que se les consultase al respecto) que debe ser el Estado quien financie las ASP, que así en sus países. Además, los extranjeros pueden ser menos sensibles que los chilenos por el hecho que se les consultó por un ASP que no está en sus propios países.

- Los chilenos le asignan más importancia al valor de no uso que al valor de uso de Soncor, lo cual no ocurre con los extranjeros. Esto puede deberse al sector para los chilenos es más especial por ser del país, mientras que los extranjeros tienen más opciones pues miran el mundo en su conjunto. Esto se nota particularmente en el aspecto del valor de legado, y al considerar los valores de uso sin incluir el efecto del valor de opción.
- Para los extranjeros es más importante el valor de uso de Soncor que para los chilenos (51,9% y 47,0% respectivamente).

4.7.3 Comentarios Generales Sobre los Resultados del MVC y MCV

- El MCV y el MVC determinan el valor monetario asignado por los visitantes a una determinada ASP en un determinado momento (año).
- El VAN de Soncor estimado por el MCV (\$883 millones) es menor que el estimado por el MVC (\$5.289 millones). Esto era esperable, y puede haberse a varias razones. Dos de ellas se consideran clave:
 - El MCV tiende a medir casi exclusivamente el valor recreativo de Soncor, en tanto que el MVC tiende a medir los valores de uso y los valores de no uso de Soncor.
 - El MVC se basa en una contribución hipotética, lo que puede tender a sobrestimar la contribución que haría la persona, con respecto al aporte que realmente estaría dispuesta a hacer para la mantención de Soncor como ASP.

La primera razón expresa un argumento de fondo para la diferencia y permitiría identificar que porcentaje del valor asignado tiene un trasfondo recreativo. La segunda razón es metodológica, y para asegurarse que no se está incurriendo en ese sesgo, debería realizarse algunas validaciones de la cuenta y desarrollo posterior bajo diferentes métodos de valoración contingente (pues existen varias metodologías para encuestar).

4.7.4. Método del Costo del viaje y sus Resultados

- Las personas encuestadas son turistas que visitan Soncor buscando recreación al aire libre, lo que indica que el MCV permitió medir fundamentalmente el valor turístico-recreativo de Soncor.

El MVC no mide los otros valores de uso y ciertamente no es capaz de medir los valores de no uso, lo que lleva a concluir que **no es un buen método para estimar el valor monetario integral de un ASP**. Con todo, el MCV es un buen método para estimar el valor recreativo de las ASP.

- El resultado obtenido por el MCV en cuanto al costo efectivo de viaje de los visitantes, permite aproximarse al valor de la contribución del sector Soncor al turismo de la zona y, en consecuencia, a la economía local y regional. Se puede analizar lo siguiente:

- Chilenos: $(4.070 \text{ adultos / año}) \times (\$ 245.824 / \text{viaje}) / (5,9 \text{ lugares incluidos en el viaje})$

El valor anual para los turistas chilenos es de M\$169.577

- Extranjeros: $(6.370 \text{ adultos/año}) \times (\$925.231/\text{viaje}) / (8 \text{ lugares/viaje})$

El valor anual para los turistas extranjeros es de M\$736.715

En consecuencia, el valor anual total para chilenos y extranjeros es de **\$906,5 millones**. Este monto podría estar sobrestimado, ya que los extranjeros generalmente visitan, además de Soncor, otros lugares en otros países (por ejemplo Machu-Pichu) a los cuales correspondería reconocerles un gasto mayor que a Soncor. No obstante, dicho monto es un interesante valor de referencia de la cantidad de dinero que se mueve en la zona gracias a Soncor como atractivo turístico recreativo. A dicho monto habría que agregarle el presupuesto ejecutado por la CONAF para la administración de Soncor, pues éste último es también otra contribución a la economía local y regional.

Se concluye que, si bien el MCV no es un buen método para valorar económicamente un ASP, el método puede ser adaptado y adoptado para estimar en términos monetarios la contribución de un ASP al desarrollo económico local y regional.

4.7.5. Métodos del Valor Contingente y sus Resultados

- El valor monetario estimado para Soncor mediante el MVC incluye los cuatro valores de uso más relevantes (productivo, recreativo, científico y educativo) y cuatro valores de no uso (de existencia, de opción, de legado y el valor espiritual).

El MVC permite tomar en consideración todas las fuentes de valor de un ASP y en este sentido es un buen método, en principio, de valoración monetaria de ASP.

- En la encuesta se incluyó el valor espiritual como valor de no uso, pero se observó que éste fue un concepto poco claro y difícil de diferenciar de los otros valores de no uso (de existencia y de legado). En algunos estudios de casos realizados en otros países, se ha incluido también el valor intrínseco de un ASP, tratando de expresar el valor en sí mismo que tiene un ASP (este concepto no se incluyó en la encuesta por estimarse difícil su comprensión para los encuestados). En otros estudios de valoración monetaria de ASP que tienen recursos hídricos susceptibles de ser usados para trasladarse a través de ella, se ha incluido el valor del transporte por agua, considerando que éste puede ser un importante valor de uso (para los usuarios). En Soncor no hay transporte por agua, por lo que se excluyó este valor en la encuesta.

Se recomienda excluir de la encuesta el valor espiritual y el valor intrínseco, dejándolos implícitos en el conjunto de valores de no uso.

- Se observó que las personas tienen cierta dificultad para asignarles una ponderación a los valores de existencia y de legado por separado, así como al valor de opción. Se estima que no es importante conocer la ponderación que las personas le asignan a cada uno de los valores de no uso. Se recomienda consultar sólo la ponderación que le asignan las personas al conjunto de valores de no uso. Con todo, es necesario explicarles a los encuestados los conceptos de valor de existencia y de legado. En el caso de Soncor, resulta interesante observar que el conjunto de los valores de no uso recibió una ponderación cercana al 50% del valor total, tanto en chilenos como extranjeros, puesto que ello refleja la importancia que las personas le asignan a los valores de no uso.
- Es también interesante observar la ponderación que le asignan los encuestados a cada valor de uso por separado. En el caso de Soncor, los visitantes le asignaron un 17% del valor total al valor de uso científico y un 16% del valor total al valor de uso educativo, en desmedro de los valores de uso productivo y recreativo. El que los valores de uso científico y educativo en conjunto recibieran una ponderación de 1/3 del valor total refleja la importancia que le dan las personas a estos valores.

Es recomendable consultar a las personas sobre la ponderación que le asignan en su contribución – a los valores de uso productivo, recreativo, científico y educativo por separado. Ello requiere, eso sí, explicarles (con ejemplos) estos conceptos a los encuestados.

- El MVC puede sobrestimar el valor monetario de un ASP, ya que la contribución que haría la persona a la hora de hacer un aporte real podría ser menor a la expresada en términos hipotéticos (este sesgo es inherente al MVC). Por otro lado, el MVC puede subestimar el valor monetario de un ASP, ya que el valor estimado incluye el valor asignado por los visitantes solamente. Es lógico pensar que las personas que no la visitan también pueden estar dispuestas a contribuir a la mantención de la ASP (este sesgo podría corregirse aplicando una encuesta ad hoc en las ciudades).

El valor monetario estimado para Soncor fue de \$5.289 millones. Respecto de dicho valor debe tenerse en cuenta lo siguiente:

- No concluye el valor que el resto de la comunidad –chilena y extranjera- no visitante pueda asignarle al sector Soncor (disposición a contribuir para la mantención de Soncor como ASP).
- El valor contingente estimado para Soncor es su valor en 1995
- El número de visitantes a Soncor –y al resto de las ASP del SNASPE – tiende a aumentar año tras año y, **en la medida que aumenta el número de visitantes por año, aumenta el valor contingente de la ASP** (considerando que hay visitantes que visitan la ASP más de una vez en el año, no debe encuestarse dos veces el mismo visitante en un mismo año).
- En el futuro podría descubrirse que los flamencos u otros recursos existentes en Soncor son muy importantes para la salud humana y/o la calidad de vida, lo que podría producir un incremento del valor contingente de Soncor.

A pesar de los sesgos mencionados, se estima que el valor monetario determinado mediante el MVC expresa bien el valor económico de las ASP. A falta de un precio de mercado para Soncor, un buen referente es el valor contingente (VAN = \$1,05 millones/Ha).

4.7.6. De la Encuesta y los Procedimientos

- Originalmente se diseñó una encuesta con 40 preguntas y el tiempo estimado para su aplicación fue de 8 a 16 minutos y en el proceso de validación de la encuesta se observó que ésta demoraba entre 12 y 20 minutos. Se rediseñó la encuesta quedando con 24 preguntas y un tiempo de aplicación de 6-8 minutos (modelo en anexo N°2).
- Debe hacerse ciertos mejoramientos al contenido de la encuesta, rediseñando algunas preguntas y eliminando otras.
- Los procedimientos seguidos estuvieron, en general, acertados, pues se obtuvieron respuestas coherentes y completas.

4.8. CONCLUSIONES GENERALES Y SUGERENCIAS

- El método del Valor Contingente es un método muy útil para aproximarse al valor económico de una determinada ASP. Por su parte, el Método del Costo de Viaje no es un buen método para valorar ASP, pero sirve para estimar uno de los componentes del valor de la contribución de la ASP al desarrollo económico local y regional.
- Ambos métodos (el MCV y el MVC) señalan valores para las ASP que merecen ser tomados en cuenta al diseñar políticas que contribuyan al desarrollo sustentable del país y al proceso de regionalización en curso y, por consiguiente, al tomar decisiones de asignación de los recursos presupuestarios. Entre ambos, se fija un rango de valor real para la ASP.
- Se requiere ejecutar un programa de aplicación de los métodos del Costo de Viaje y del Valor Contingente en todas aquellas ASP que muestran un número importante de visitantes a fin de identificar una estimación del valor.
- El valor monetario de un ASP estimado mediante la aplicación del método del Valor Contingente es un interesante valor de referencia que puede y debiera ser tomado en cuenta en el diseño de la política de impuestos.
- Por ejemplo, se sugiere establecer que toda persona, natural o jurídica, puede contribuir efectivamente a la mantención y desarrollo del SNASXPE (o de un ASP en particular), descontado su contribución del pago de sus impuestos anuales. Se estima que dicha contribución debe tener un tope máximo. La CONAF daría un certificado oficial por la contribución. Se sugiere que sean iniciados los estudios de factibilidad para la aplicación de esta medida en Chile. Se estima que ello requiere:
 - Que la CONAF realice una campaña de difusión con el fin de explicar a la comunidad el significado e importancia de los Parques Nacionales, las Reservas Nacionales y los Monumentos Naturales, de modo de sensibilizarla aún más respecto de la conservación de la Naturaleza y su proyección hacia las generaciones futuras.
 - Que se ejecute el programa de aplicación de los métodos de valoración de ASP del Costo de Viaje y del Valor Contingente arriba señalado.
- En consideración al alto valor que la sociedad tiende a asignarles a las ASP, se sugiere que también se introduzcan normas que fomenten el establecimiento, de Parques Nacionales y Monumentos Naturales Privados, usando por ejemplo la exención del pago del impuesto territorial de las tierras de propiedad privada declaradas como ASP. Dicha declaración tendría que ser aprobada por la CONAF y debería tener una duración mínima relativamente prolongada (por ejemplo, 30 años).

- Las medidas propuestas deben ser debidamente evaluadas y discutidas con las autoridades del gobierno (Ministerio de Hacienda y otros) y del Parlamento en forma previa a su presentación formal.
- Las medidas propuestas deben ser debidamente evaluadas y discutidas con las autoridades del Gobierno (Ministerio de Hacienda y otros) y del Parlamento en forma previa a su presentación formal.
- No se sabe aún lo suficiente acerca de la flora y fauna existente en el SNASPE y de la importancia que tiene o puede llegar a tener para la vida y la economía de los seres humanos. En general hay aún mucho desconocimiento del potencial económico de los ecosistemas y recursos naturales del SNASPE. En consecuencia, se sugiere elaborar, financiar e iniciar un programa de estudios de investigación en este sentido en las ASP del SNASPE.
- Desde el punto de vista económico-financiero, podría argumentarse que al valor contingente de un ASP debe descontarse el costo de oportunidad que representa la extracción de minerales, el uso de las aguas y/o producción de bienes a partir de sus recursos naturales de flora y fauna. Esto podría ser necesario si la autoridad de viese enfrentada a tomar la decisión de desafectar un ASP (o una parte de ella), para permitir algún tipo de explotación productiva.
- No obstante lo anterior, desafectar un ASP es una decisión política que está muy relacionada con la preservación de los ecosistemas, con la Constitución de la República (el Estado debe garantizar un ambiente sano a la población y a las generaciones futuras) y con acuerdos internacionales suscritos por Chile.
- Por otra parte, en las ASP las actividades productivas están vedadas por ley. En las Reservas Nacionales se puede realizar actividades productivas, pero sólo en un contexto de manejo sostenido de sus recursos de flora y/o fauna. Considerando que las restricciones mencionadas son de orden legal, en las ASP no debería considerarse la existencia de costos de oportunidad.

Anexo

A. FORMATO DE ENCUESTA

I. CARACTERIZACION DEL ENCUESTADO:

1. Nacionalidad: _____
2. Sexo y edad: M _____ F _____ años
3. Estado civil: Soltero _____ Casado _____ Viudo _____ Otro _____
4. Educación (años): Básica: _____ Media _____ Universitaria _____
Postrado _____ Total _____
5. Profesión _____
6. Tiene usted ingresos por:
Sueldos o salarios _____
Trabajos remunerados como trabajador independiente _____
Ser empresario _____ Rentas (dividendos, arriendos, etc.) _____
Ser pensionado _____ Recibir mesadas _____
7. ¿Cuánto es aproximadamente su ingreso personal? _____
8. ¿Cuánto es aproximadamente su ingreso familiar? _____
9. ¿Cuántas personas dependen financieramente de usted?
Niños (hasta 12) _____ Jóvenes (13-17) _____ Jóvenes (18-25) _____
Adultos (26-60) _____ Adultos (más de 60) _____
10. ¿A cuánto asciende sus gastos? _____ mes año (subrayar)

Preguntas optativas (11 a 13):

11. ¿Qué otras Áreas Silvestres Protegidas conoce usted?

12. ¿Sabía usted de la existencia del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE) antes de visitar Soncor?
SI _____ NO _____

13. ¿Sabía usted del rol ecológico de la Corporación Nacional Forestal?

SI _____ NO _____

II COSTO DE VIAJE:

1. ¿Dónde vive usted?

Ciudad _____ País _____

2. ¿Dónde tomó usted la decisión de visitar Soncor?

Ciudad _____ País _____

3. ¿Cuál ha sido su itinerario en su viaje a Soncor?

1 _____ 2 _____ 3 _____

4 _____ 5 _____ 6 _____

7 _____ 8 _____ 9 _____

10 _____ 11 _____ 12 _____

4. ¿Qué lugares piensa visitar después de Soncor?

1 _____ 2 _____ 3 _____

4 _____ 5 _____ 6 _____

7 _____ 8 _____ 9 _____

5. ¿Cuánto dinero ha gastado hasta aquí en este viaje? _____

Transporte _____ Alimentación _____

Hospedaje _____ Camping _____

Picnic _____ Otros Servicios _____

Entradas a Soncor _____ a otras ASP _____

Otras entradas _____

6. ¿Cuánto dinero supone que gastará en todo el viaje? _____
7. ¿Cuánto es lo máximo de dinero que estaría usted dispuesto a gastar en hacer este mismo viaje? _____
8. ¿Anda usted con otras personas haciendo este viaje SI _____ NO _____
- Si anda en grupo: ¿Le costea usted los gastos del viaje algunas personas de su grupo?
- SI _____ NO _____ Si la respuesta es SI: ¿Cuántos de ellos son?:
- Niños (hasta 12) _____ Jóvenes (13-17) _____
- Jóvenes (18-25) _____ Adultos (más de 60) _____
9. ¿Estaría usted dispuesto a hacer este viaje sólo para visitar Soncor?
- SI _____ NO _____
10. ¿Usted había estado antes en Soncor? SI _____ NO _____
- ¿Cuántas veces? _____
11. ¿Desea visitar Soncor nuevamente? SI _____ NO _____
- Con qué frecuencia? _____

II. VALOR CONTINGENTE

1. Considerando los valores de uso y los valores de no uso de las ASP (véase folleto y explique si es necesario), queremos saber qué valor le asigna usted a Soncor. Hipotéticamente, cuánto dinero estaría usted dispuesto a aportar para que Soncor continúe como ASP (recuerde que ésta es una situación hipotética, que no se le está pidiendo dinero, que sólo se le está consultando acerca de su disposición a contribuir para la mantención de Soncor como ASP). Mostrar la tabla de posibilidades.

\$ _____

2. Podría usted separar qué porcentaje de su contribución se debe al:

Valor productivo _____ %

Valor recreativo _____ %

Valor científico _____ %

Valor educativo _____ %

Valor de existencia _____ %

Valor de opción _____ %

Valor de legado _____ %

Valor espiritual _____ %

3. Si el encuestado manifestó contribución cero: ¿Qué razones tiene para no contribuir?

¿Qué tarifa de entrada cree usted que debiera cobrarse para visitar Soncor?

\$ _____

(esta pregunta no es necesaria para el MCV ni el MVC; se incluyó porque es útil para la fijación de la tarifa de entrada).

B. Resultados

1. Estadísticas Básicas

	CHILENOS	EXTRANJEROS
Observaciones (N°)	85	26
Ingreso promedio (\$/mes)	464.435	1.031.538
Educación promedio (años)	15,2	15,9
Edad promedio (años)	30	35

2. Valoración Contingente

	CHILENOS	EXTRANJEROS
DAP* promedio \$/mes	6.351	3.954
VALORES DE USO (en %):	47,0	51,9
Valor productivo	0,7	5,5
Valor recreativo	5,3	9,4
Valor científico	17,6	15,1
Valor educativo	16,5	16,9
Valor de opción	6,9	5,0
VALORES DE NO USO (en %)	53,0	48,1
Valor de existencia	31,7	31,3
Valor de legado	11,4	9,3
Valor espiritual	9,9	7,5

Valor Contingente Según una Función Lineal Ajustada:

- Chilenos: $f(x) = a + b * X \text{ Dap} = 4.647,27 + 0,003669 * \text{INGRESO}$
- Extranjeros: $f(x) = b * X \text{ Dap} = 267 * \text{EDUCACION}$

Valores Ajustados:

	CHILENOS	EXTRANJEROS
Dap promedio según f (x)		
\$/mes	6.351	4.251
\$/año	76.212	51.012
Visitantes adultos (N° en 1984)	4.070	6.370
Dap \$/año	310.182.840	324.946.440
VAN (12 %) EN \$	2.584.857.000	2.707.887.000

- **Valores Totales aproximados**

VAN Total: \$5.293 millones (US\$ 12,9 millones)

Superficie sector Soncor: 5000 hectáreas aproximadamente

VAN / hectárea: \$1 millón = US\$2.400

3. Costo de Viaje:

	CHILENOS	EXTRANJEROS
Costo real de viaje (\$)	245.824	925.231
Dap viaje (\$)	339.529	1.025.346
Excedente consumidor / viaje (\$)	93.706	100.000
Promedio lugares visita / viaje (N°)	5,9	8,0
Excedente consumidor / persona (\$)	8.979	10.898
Visitantes adultos (N° en 1994)	4.070	6.370
Dap \$ / año:	36.544.530	69.420.260
VAN (12%) \$	304.500.000	578.500.000

- **Valores Totales aproximados**

VAN Total: \$ 883 millones (US\$2,15 millones)

Superficie sector Soncor: 5.000 hectáreas aproximadamente

VAN/hectárea: \$177.000 (US\$430)

4. Resultados Finales de la Valoración sector Soncor de la Reserva Nacional “Los Flamencos”.

- Valor aproximado según Método de Valoración Contingente (MVC):

VAN / hectárea: \$1.000.000 = US \$ 2.400

- Valor aproximado según el Método del Costo de Viaje (MCV):

VAN / hectárea : \$177.000 = US\$ 430

ESTUDIO DE CASO D
ALTERNATIVAS PARA EL ABASTECIMIENTO DEL AGUA POTABLE DEL PUEBLO
DE PURÉN

Rafael Bahamondes
Ingeniero Forestal – CONAF IX Región
1996

5. ALTERNATIVAS PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL PUEBLO DE PUREN

**Rafael Bahamondes,
Ingeniero Forestal
Corporación Nacional Forestal
IX Región (Mayo de 1996)**

5.1. INTRODUCCION

El pueblo de Purén (ubicado en la Provincia de Malleco, en la IX Región) cuenta con una población de alrededor de siete mil habitantes y se ha abastecido por años con agua potable de la microcuenca del Estero Puntún, ubicada no más de 2 Km. Al sureste del poblado. Se muestra un Plano de ubicación de Purén en Anexo N°1.

El caudal de verano de esta microcuenca, en su garganta de salida y captacion (21 m²), ha bajado sistemáticamente en los últimos 10 años, pasando desde 25 lts/seg hasta 15 lts/seg. Dado que el pueblo de Purén requiere 25 lts./seg., se ha producido un desabastecimiento parcial de agua potable para la población, lo cual se refleja, fundamentalmente, en sus partes altas, donde existen problemas de presión.

La situación descrita preocupa a la Empresa de Servicios Sanitarios de la Araucanía (ESBAR), a las autoridades y a la población. ESBAR, ya tiene considerado entre sus planes, instalar dentro de los próximos dos años una bomba elevadora e impulsora de agua desde la microcuenca vecina del Estado Pailán, de tal forma, de suplir los 10 lts./seg. Faltantes. Por consiguiente, se proyecta operar con 2 microcuencas abastecedoras: Puntún y Pailán, denominándosele ahora morfológicamente, subcuenca del Estero Pailán⁹

La microcuenca del Estero Pailán, tiene hoy en verano un caudal de 30 lts./seg., es decir, se dispondrá en esta situación actual, de 45 lts/seg. (Puntun: 15 lts./seg. y Pailán 30 lts./seg.), sin considerar derechos de agua comprometidos particulares, que al parecer existen.

⁹ El Estero Puntún tiene 350 hectáreas, mientras que el Pailán tiene 1.460 ha., por lo que la subcuenca del Estero Pailán tiene 1.810 ha

5.2. OBJETIVOS

Los objetivos planteados para este trabajo son los siguientes:

- Analizar la situación actual de producción de agua potable;
- Evaluar económicamente alternativas para el abastecimiento futuro de agua potable.

Con el propósito de cumplir el segundo objetivo; será necesario aplicar metodologías de valoración económica de los recursos naturales y ambientales.

5.3. METODOLOGÍA

Se evaluó por el método de producción, considerando valores de uso directos e indirectos, dos proyectos alternativos que se comparan con la situación actual.

5.3.1. Situación sin Proyecto

El abastecimiento de agua potable sería tal cual es hoy, es decir, considerando sólo la microcuenca del Estero Puntún, con su caudal del último verano de 15 lts./seg. Se supone que dicho caudal se reduce gradualmente, en un 8% anual, proyectando las estadísticas de los últimos 10 años. No se realiza ninguna inversión ni tratamiento extra.

5.3.2. Situación con Proyecto

Dentro de la situación con proyecto existen dos alternativas. En la primera se produce el abastecimiento de agua potable desde la microcuenca del Estero Puntún, con tratamiento forestal alrededor del Estero Puntún. En la segunda situación, el abastecimiento de agua potable se produce desde la Subcuenca Paillán, es decir, incluyendo al Estero Puntún y al Estero Paillán.

Abastecimiento desde la Microcuenca del Estero Puntún (Proyecto A)

En esta alternativa, se suponen las siguientes acciones:

- Exclusión de 45 ha. Alrededor del Estero Puntún (4,5 Km. de largo x 100 mt. De ancho, 50 m. A cada lado del Estero, 9.200 m. Lineales en total.
- Eliminación y aprovechamiento de las plantaciones artificiales presentes de Eucalipto y Pino. Se estima que ellas cubren la superficie y crecen a un promedio (conservador) de 10 m³/ha/año. También se supone que cada gramo de crecimiento de estas plantaciones exóticas consume 0,2 lt. de agua desde el suelo y, que la densidad de dicha madera en promedio, es de 600 Kg./m³.

- Construcción y mantenimiento de 5.850 m³ útiles de zanjas de infiltración, 130 m³/ha, suponiendo que ellas tienen capacidad de embalse por balance hídrico y coeficiente de escurrimiento.
- Plantación o enriquecimiento con bosque nativo del lugar (reconstrucción), caducifolio interior o de Concepción con bajo consumo de agua y buena capacidad de infiltración.

Los costos asociados al proyecto son los siguientes: compra de tierras, operación, plantación, replante, aprovechamiento, exclusión, reparación de exclusión, zanjas de infiltración y reparación de zanjas.

Abastecimiento desde la Subcuenca Pailán (Proyecto B).

En esta situación, el abastecimiento se da desde los Esteros Puntún y Pailán. El sistema es mediante gravedad desde el Estero Puntún, y mediante instalación de sistema de captación e impulsión mecánica con energía eléctrica, desde el Estero Pailán. En este caso, sólo se considera añadir al abastecimiento de agua de la situación sin proyecto desde la microcuenca vecina del Estero Pailán, proporcionando el caudal faltante mediante un motor.

No se considera obras biológicas o de manejo del suelo. Los costos que se contempla en este caso son: costos de una bomba elevadora y costos de operación.

5.3.3. Bases para el Análisis Económico

En materia de indicadores económicos de decisión, se empleó el Valor Actual Neto, VAN (en millones de pesos) y la Relación Beneficio-Costo (B/C), utilizándose una tasa de descuento de 12% (la tasa social, de acuerdo al Ministerio de Planificación y Cooperación) y un período de análisis de 25 años.

Como Ingresos del proyecto, se consideró la venta del agua al precio de la época (\$220/m³), considerándose en el Proyecto A, el diferencial positivo como un aporte de agua por las zanjas de infiltración y por el cambio de consumo de agua (ahorro de agua por plantaciones nativas versus plantaciones exóticas de rápido crecimiento Pino y Eucalipto).

5.4. RESULTADOS

Los resultados de la evaluación ambiental se expresan en forma de Valores Actuales Netos (VAN). De acuerdo a los resultados, que se presentan en la Tabla 5.4^a, se puede notar que los VAN son positivos en ambos Proyectos. Sin embargo, el VAN del proyecto B es superior al del Proyecto A.

Tabla 5.4^a Valores Actuales Netos de Situación Sin Proyecto y Proyectos Alternativos

ALTERNATIVA	VAN (millones de pesos)
Proyecto A	320
Proyecto B	433

No obstante, el Proyecto B no es sostenible en el largo plazo. Esto se debe a que la pérdida sistemática de caudal estimada (8% anual en las microcuencas consideradas) conjugado con el crecimiento poblacional (1,2% por año), reducirá la oferta de agua para las futuras generaciones, llegando incluso a niveles que impedirán el desarrollo de las actividades de la población en la zona. Esto implica un problema serio de sostenibilidad local, en términos de la capacidad de la población a futuro de mantener, al menos, el nivel de bienestar del que goza la población anual.

Dado lo anterior, la solución más sostenible en el largo plazo parece ser el Proyecto A. Se puede agregar, que aún sí se hicieran más conservadores los supuestos silvícolas e hidrológicos empleados en la evaluación, de todos modos resultaría una alternativa muy favorable con respecto a la otra (análisis multicriterio).

5.5. CONCLUSIONES

- Manejar forestalmente la microcuenca de Puntún como abastecedora de agua potable de la ciudad de Purén, sería una buena alternativa en términos de VAN (pues el VAN es positivo) y de sostenibilidad.
- La opción de sólo suplementar el abastecimiento de agua potable de Purén, con el suministro de microcuenca vecina con energía mecánica, no parece ser recomendable, si se toma una perspectiva de largo plazo que piense en la equidad para las generaciones futuras.
- La evaluación económica por método de producción, para estudiar el abastecimiento de agua potable de Purén parece ser una buena opción, pues permite de una forma sencilla identificar los problemas centrales del uso de la cuenca en la zona y obtener aproximaciones a las soluciones.

5.6. BIBLIOGRAFIA

CONAF (1990 – 1996): Apuntes y publicaciones varias, Temuco-Chile

CONAF/ODA (1995): Economía Ambiental en Ordenación de Cuencas Hidrográficas
Taller de Economía Ambiental, Santiago, Chile (Julio).

López Cadenas de Llano, F. (1994): “Restauración Hidrológico Forestal de cuencas y control de erosión”, Tragas, Madrid, España

Universidad de San Pablo (1986): Principios de Hidrología Forestal para el Manejo de Cuencas Hidrográficas, San Pablo Brasil.

ESTUDIO DE CASO E:

**RALEO DE RENOVALES EN LA RESERVA FORESTAL MAGALLANES:
EFECTOS SILVÍCOLAS E HIDROLÓGICOS**

Marcelo Alvarez Olavarría
Ingeniero Forestal CONAF XII Región

Magdalena Giglio Fernández
Ingeniero Civil DGA XII Región

1996

6. RALEO DE RENOVALES EN LA RESERVA FORESTAL MAGALLANES: EFECTOS SILVÍCOLAS E HIDROLÓGICOS

**Marcelo Alvarez Olavarría,
Ing. Forestal
CONAF XII
Región**

**Magdalena Giglio Fernández
Ing. Civil, DGA XII Región
(Agosto de 1996)**

6.1 INTRODUCCIÓN

En muchos países en desarrollo, incluyendo Chile, el aumento de la población ha provocado una presión sobre los recursos naturales, degradando su calidad y afectando su cantidad. Esto se manifiesta en problemas tales como inundaciones catastróficas, pérdidas de vidas humanas y aumento de sedimentación en los embalses.

El problema de la degradación de los recursos naturales afecta en particular las cuencas hidrográficas, en cuyas laderas y alrededores se estima que vive la mitad de la población mundial. Chile no está ajeno a esta realidad, pues varios estudios señalan que estas son las unidades más importantes desde el punto de vista geográfico y las más trascendentes desde el punto de vista de la planificación física del territorio.

La cuenca del río Las Minas se ubica en la latitud 53' Sur y desemboca en el estrecho de Magallanes, atravesando la ciudad de Punta Arenas. El río Las Minas deriva su nombre de la existencia de antiguas minas de carbón en la parte alta de la ciudad. La cuenca del río poseía densos bosques de Lenga (*Nothofagus pumilio*) los cuales fueron intensamente explotados a comienzos de este siglo, situación que produjo un desequilibrio en el área produciéndose problemas de inundaciones en la ciudad por el aumento de caudales en temporada de deshielo debido al arrastre de sedimentos, lo que produce el desbordamiento del río en el área urbana.

El presente documento analiza el efecto del raleo de renovases en la reserva forestal Magallanes. Los efectos principales de este proyecto serán de dos tipos: desde el punto de vista silvícola implicará un mejoramiento de la calidad del bosque y el aceleramiento de las tasas de crecimiento; desde la perspectiva hidrológica se dará un aumento en la oferta de agua en los meses secos, una limpieza más simple y menores crecidas máximas.

6.2. DIAGNÓSTICO

La cuenca del río Las Minas está inserta, casi en su totalidad, en la Reserva Nacional Magallanes, a excepción del área urbana (la zona del cauce que atraviesa la ciudad de Punta Arenas). La superficie de la cuenca es de 51,4 Km² y gran parte del área está cubierta por renovales de Lenga que surgieron después de la explotación del bosque existente, en décadas pasadas.

La cuenca abastece de agua potable a la ciudad de Punta Arenas gran parte del año, y debe ser traída desde otro sector en los meses de verano, cuando el caudal del río disminuye ostensiblemente. La producción de agua en la cuenca se origina principalmente en las turberas que existen en su parte alta y también por el aporte que se produce en la zona boscosa cubierta de renovales a través de cursos de agua secundarios y del derretimiento de la nieve acumulada en el invierno.

La alta densidad de los renovales coopera con el lento desarrollo del bosque y con una alta tasa de intercepción de lluvia y nieve, lo que trae consigo una tasa de pérdida por evaporación, sumada a una mayor pérdida por la transpiración de una gran masa de especímenes. Por ello, se estima que al realizarse las faenas de raleo proyectadas se producirá un conjunto de efectos que se detallan a continuación:

- disminución de las pérdidas por evapotranspiración;
- cambio en patrones de deshielo y aumento del escurrimiento en primavera y verano, por el incremento de la cantidad de nieve que se acumulará en el piso del bosque durante el invierno
- disminución en la cantidad de material de arrastre de fondo, se acumula en el área canalizada del río al disminuirse los caudales de crecidas y, en consecuencia, la disminución en la cantidad de sedimentos que llega al mar;
- disminución en los daños causados por caudales máximos en temporada de crecidas.

6.3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Los objetivos específicos del estudio, en el contexto de la evaluación del proyecto de raleo de renovales son los siguientes:

- Determinar el efecto del raleo sobre los árboles en términos del crecimiento diamétrico y el mejoramiento de la estructura del bosque para el futuro.
- Determinar la incidencia que tiene la intervención sobre el rendimiento del recurso hídrico a través de un retardo en el proceso de deshielo y el cambio en la tasa de evapotranspiración.
- Estimar el efecto económico de captar agua del río Las Minas por un mayor tiempo (verano principalmente), comparado con la alternativa de suplir el déficit de agua con captaciones en cuencas mas alejadas.
- Evaluar el efecto sobre la disminución de los daños ocasionados, que se producen por las crecidas e inundaciones en temporada de deshielo.
- Estimar la disminución de costos por la limpieza de la canalización de la zona urbana y por concepto de dragado del puerto, al disminuir la cantidad de sedimentos que se transporta y llega al mar en el río Las Minas.

6.4 METODOLOGÍA

6.4.1. Evaluación Técnica

La ejecución de un raleo en los renovales existentes en la Reserva Nacional Magallanes, debería generar efectos sobre el bosque, mejorando su crecimiento, y sobre el régimen hídrico de la cuenca, ya que al abrirse el dosel se permitirá la acumulación de nieve en el bosque y al disminuir la temperatura en el piso del bosque se produciría un retardo en el proceso de deshielo lo que posibilitaría una mejor distribución del agua y disminución de los caudales en temporada de deshielo.

La mejor distribución del agua a través del año debería disminuir las crecidas en el área urbana de Punta Arenas, las cuales se producen en primavera, anegando sectores críticos de la ciudad, con el consiguiente costo que ello involucra. Además, en temporada de crecidas por deshielo, al aumentar los caudales también aumenta la cantidad de sedimento arrastrado por el río, material que debe ser extraído periódicamente y que se deposita en el lecho del río en el área urbana canalizada. Este arrastre de sedimentos provoca el embancamiento del puerto de Punta Arenas, el que debe ser dragado cada cierto período de años (5-10 años).

Otro resultado importante del proyecto sería la modificación de la oferta de agua proveniente del río Las Minas para su uso como agua potable en la ciudad, sobre todo en el período primavera-verano. Actualmente en años secos, este recurso se vuelve escaso en el período mencionado, por lo que se debe recurrir a su captación en áreas más alejadas de Punta Arenas.

6.4.2 Intervención Silvicultural

Aspectos Técnicos

En términos silviculturales, este proyecto implica el raleo de los renovales existentes en el área de la cuenca del río las minas, los cuales surgieron después de la explotación del bosque existente en décadas pasadas. Se realizará un raleo de los renovales con una limpia de liberación preliminar, en ciertos sectores aun sin intervención, y luego un “raleo por lo bajo”.

La actividad de raleo puede realizarse en uno o más años, pero para efectos del estudio se supone que se efectúa en un solo año. Producto de la intervención se obtendrá un material que mayoritariamente se podría destinar a leña, una menor proporción a madera astillable y una mínima parte a aserrable. Dadas las condiciones de mercado local, donde no existe demanda de leña, el producto a evaluar como ingreso se reduce a madera astillable, toda vez que la proporción de madera aserrable resulta muy pequeña.

El renoval mencionado se caracteriza por una alta densidad, con gran cantidad de especímenes en malas condiciones y con sanidad deficiente, provocado por la gran competencia entre árboles. Se estima que la alta densidad de los renovales influye fuertemente sobre el crecimiento diamétrico de los árboles, aspecto que puede ser mejorado o acelerado a través del raleo.

El área a ralear está compuesta por 8 sectores que en total suman una superficie de 1.450 hectáreas, según se muestra en el *Cuadro 6.4a*, a continuación.

Cuadro 6.4a Identificación de sectores a ralear en la Reserva Nacional Magallanes.

SECTOR	SUPERFICIE (Ha)	FRECUENCIA (N/Ha)
I LOS CIERVOS	404	8.007
II NORTE	258	5.533
III CIRCUITO	219	2.633
IV EL CABLE	43	3.647
V MIRADOR	79	3.060
VI GUARDERÍA	87	1.944
VII LAS MINAS	260	4.438
VIII FORTUNA	100	1.180

Características de la intervención

De acuerdo a lo observado en el *Cuadro 6.4a*, los sectores a intervenir se caracterizan altas densidades de árboles por hectárea. Sin embargo, la concentración de área basal es muy baja, lo que trae como consecuencia que sean rodales de muy bajo potencial productivo, en la medida que no sean intervenidos.

El manejo silvicultural propuesto pretende acercar de manera paulatina la estructura actual a un monte alto regular a través de la extracción de árboles que se encuentren en malas condiciones y estado sanitario deficiente. Dado que existen ocho sectores con diferentes estructuras diamétricas, en algunos casos se extraerá un alto porcentaje de individuos respecto del total sin que ello signifique la extracción de un porcentaje significativo de área basal. La idea es tratar de homogenizar la distribución diamétrica y concentrarla en sólo unas cuantas clases, lo que obviamente elevará el valor del diámetro promedio del rodal.

Efecto sobre el rendimiento volumétrico

Intervenciones similares a estas se han realizado a bosques de lenga en otras áreas de la región de Magallanes y de acuerdo con Schmidt (1995):

"él crecimiento diamétrico promedio se duplica con el raleo, comparado con el crecimiento de los árboles en el testigo. La reacción de la Lenga al raleo es favorable, como lo refleja la evolución de los diámetros durante el período 1980-1994 en el ensayo realizado en Monte Alto. El incremento anual promedio de los árboles juveniles sube de 1.7 mm en el bosque testigo a entre 4 y 5 mm en los tratamientos de raleo".

Además, él plantea que los promedios de crecimiento diamétrico están declinando, indicando la necesidad de ralear con una periodicidad de 10 a 12 años. Algunas de las áreas que se pretende ralear en este proyecto ya fueron raleadas entre los años 1980 y 1985, por lo que estarían en el período justo en que debe realizarse un nuevo raleo.

En el caso particular de los sectores a ralear en la Reserva Nacional Magallanes, se esperan dos resultados: en primer lugar una producción maderera inmediata en forma de madera pulpable y leña y, en segundo lugar, un mejoramiento de la estructura y calidad y aceleramiento del crecimiento del bosque a futuro.

Efecto sobre el recurso hídrico: Cantidad y distribución de flujo

Además del efecto del raleo sobre la estructura y crecimiento del bosque, se espera un efecto positivo en el funcionamiento hidrológico de la cuenca del río Las Minas, mejorando el rendimiento del recurso hídrico a través de una mayor acumulación de nieve bajo dosel, con el consiguiente retardado del proceso de deshielo, aspecto importante en los meses a fines de primavera y verano, sobre todo en años secos. El efecto del lento derretimiento de la nieve se podrá reflejar en una mejor distribución del agua, toda vez que no es seguro lograr un aumento de la eficiencia en el balance hídrico total de la cuenca río Las Minas.

Se desea obtener una disminución de los caudales máximos que se producen en los meses de septiembre y octubre, principalmente producto del rápido deshielo que se produce al elevarse las temperaturas de primavera, y lograr que la nieve se derrita en un lapso mayor de tiempo con lo que se obtendría una mayor cantidad de agua en noviembre y diciembre, fechas en que habitualmente el agua es escasa, debiéndose recurrir a captaciones más alejadas.

Para evaluar los efectos del proyecto sobre la cantidad de agua, se utilizará el balance hídrico de la cuenca considerando las situaciones con y sin proyecto. Se utilizará la siguiente ecuación de Balance Hídrico:

$$\text{PRECIPITACIÓN} = \text{ESCORRENTÍA} + \text{EVAPOTRANSPIRACIÓN} + \text{INFILTRACIÓN}$$

La disminución de la evapotranspiración en la situación con proyecto se traduce en un aumento de la escorrentía y por lo tanto de la cantidad de agua disponible en el cauce. Se debe establecer el supuesto que aún cuando se producirá un aumento de la escorrentía por disminución de la evapotranspiración, esto no causará efectos negativos tales como erosión u otros, debido a que al mantenerse la cubierta boscosa el escurrimiento será principalmente en forma de escurrimiento subsuperficial.

Para determinar los efectos sobre la distribución de los caudales en la época de deshielo, se evalúa el deshielo diario en la situación con y sin proyecto. El espesor de la capa de nieve fue calculado tomando como base las estadísticas de precipitación neta, resultando un valor de 59 centímetros en la zona de estudio para la situación sin proyecto. Para la situación con proyecto el valor estimado es de 61 centímetros.

El *Método del índice de Temperatura*, usado para los cálculos de deshielo indica que:

$$M = Fd (Ta - Tb)$$

Donde, M es el deshielo diario (cm); Fd es el factor grado-día ($\text{cm}/^{\circ}\text{C día}$); Ta es la temperatura diaria del aire y Tb es la temperatura base a la cual comienza a observarse deshielo.

Para el cálculo del factor grado día, dada la ausencia de datos detallados, se usará la fórmula empírica de MARTINEC (1960).

$$Fd = 1.1 (Ds /Dw)$$

donde, Ds es la densidad de la nieve y Dw es la densidad del agua. Existe información de densidad de la nieve para la Reserva Nacional Magallanes en el período nival, medida en la ruta de nieve Cerro Mirador que ejecuta la Dirección General de Aguas XII Región. La variación del deshielo en las situaciones con y sin proyecto será proporcional al factor grado día.

Si se considera una temperatura base de 0°C para la situación sin proyecto, se tiene:

$$M_{sp} = Fd (Ta - Tb),$$

pero $Tb = 0$, por lo que,

$$M_{sp} = Fd * Ta$$

Por otro lado, en la situación con proyecto:

$$M_{cp} = Fd (Ta - Tb),$$

pero $Tb = 4$ en la situación con proyecto, y entonces,

$$M_{cp} = Fd (Ta-4).$$

Efecto sobre el recurso hídrico: Efecto sobre el transporte de sedimentos

La regulación de los caudales de crecidas que se producirá por efecto del proyecto, reducirá la erosión en las riberas de la parte alta de la cuenca y las velocidades de flujo del río y con ella la capacidad para transportar sedimentos hacia el sector bajo del cauce.

En la actualidad, la parte baja de la cuenca del río Las Minas (área urbana de la ciudad de Punta Arenas) se encuentra canalizado con gaviones y cablestacado. La canalización y obras existentes reducen la velocidad de escurrimiento del río en el sector, produciendo la depositación de los sedimentos transportados; los sedimentos gruesos se aluvionan en primer lugar, interfiriendo con la capacidad de desagüe del cauce y los finos son transportados a la desembocadura del río, depositándose en la costa donde son arrastrados hacia el sur de la desembocadura donde se ubica el puerto de Punta Arenas.

6.4.3 Evaluación Económica

Consideraciones Generales

Para determinar la conveniencia de realizar el proyecto se efectuará una evaluación económica que considere todas las variables involucradas en el proceso. Se efectuará una valoración de costos y beneficios del proyecto, calculándose el VAN a una tasa del 12% (tasa de descuento social de acuerdo al Ministerio de Planificación y Cooperación). Se tomará el raleo que se realizará al bosque existente, como la única actividad física del proyecto en un horizonte de 12 años (dado que los raleos de renovales debieran realizarse con esa periodicidad). Los otros efectos que pudiera tener el proyecto también serán evaluados en ese mismo período de tiempo.

El Beneficio Neto del Proyecto (BNP) incluye los siguientes costos y beneficios:

Beneficio del raleo (BR), costo del raleo (CR), beneficio de limpieza del cauce (BC), beneficio por menos dragado (BMD), beneficio por menos inundaciones (BMI) y beneficio por mayor disponibilidad de agua en los meses de verano (BMDA). Por lo tanto, en cada período, el beneficio neto del proyecto se puede resumir como:

$$\mathbf{BNP = BR - CR + BC + BMD + BMI + BMDA}$$

y el VAN se puede calcular por la suma descontada de estos BNP en un lapso de 12 años.

Cálculo de Costos y Beneficios

Los costos de inversión corresponden a todos los desembolsos necesarios para efectuar el raleo, incluyéndose los costos de explotación, transporte, carguío, marcación, construcción y mantención de caminos y campamentos. Los valores que se utilizarán serán los precios de mercado actuales para faenas similares en la región, principalmente de extracción de madera pulpable.

Los beneficios que se generan por el proyecto son tres; a saber: ingresos por la venta del producto del raleo, aumento de la cantidad de agua disponible en verano y el daño evitado en la cuenca del río Las Minas.

• Ingresos por venta de producto de raleo.

Se utiliza los valores pagados por una planta astilladora en Magallanes, único poder comprador existente para este tipo de material. El cálculo de los volúmenes de extracción es en base al estudio efectuado por el consorcio consultor que ejecutó *el Plan de Ordenamiento de la cuenca del Río las Minas* (1995), el cual determinó las características de las áreas a manejar y estableció las superficies y volúmenes posibles de ralear y extraer en el área de estudio.

• Aumento de la cantidad de agua disponible en verano.

Corresponde al aumento en la cantidad de agua disponible en el río Las Minas en noviembre y diciembre. Considera los costos de producción actuales de la empresa de agua potable ESMAG al extraer el agua desde el sistema río Las Minas-Laguna Lynch y otras fuentes alternativas, como son el río Leñadura y Tres Brazos y la laguna Parrillar.

• Beneficios de Daños Evitados.

Se considera como costos evitados los siguientes:

- **Sedimentación de canalización en la zona urbana.** Los costos anuales en que incurre la Municipalidad de Punta Arenas para extraer los sedimentos depositados en el sector canalizado del río, estimándose que por efecto del desarrollo del proyecto habrá una reducción de la cantidad arrastrada lo que disminuirá la inversión anual que debe ejecutarse por este concepto.
- **Sedimentación en el puerto de Punta Arenas.** Costos que se producen por el dragado del puerto de Punta Arenas. Actualmente, esta actividad debe realizarse cada 5 años, estimándose que por efecto del proyecto se realizará cada cinco. Se calculará la disminución en el volumen y la diferencia entre los montos gastados antes y después del proyecto se repartirán en el horizonte de análisis del proyecto.

- **Crecidas.** Se estima que por efecto del proyecto las inundaciones en el área urbana de Punta Arenas en temporada de crecidas se reducirán. De acuerdo al *Estudio de Factibilidad del Programa Manejo de Cuencas sobre Defensas Fluviales del río Las Minas*, la magnitud del daño está relacionada a la probabilidad de excedencia (o período de retorno) asociada a un caudal determinado. Se utilizará la relación entre caudal y daño del citado estudio para evaluar los costos evitados después del proyecto.

6.5 RESULTADO

6.5.1 Aspecto Silvicultural

Si bien los resultados en el aspecto silvícola incluyen el mejoramiento de la estructura del bosque de los sectores intervenidos y un aceleramiento en el crecimiento diamétrico producto de la disminución de la densidad y competencia entre los árboles remanentes, en este caso los resultados se medirán solamente en términos de los productos que se obtendrán en la faena de explotación y los costos que involucrará dicha actividad. No se incluye las posibles ganancias por incrementos volumétricos atribuibles a la intervención silvícola.

El *Cuadro 6.5a*, muestra el número de árboles, el área basal y el volumen maderable y de leña que será posible extraer en los diferentes rodales a intervenir.

Cuadro 6.5a Niveles de extracción de raleo

	Arboles (N-/Ha)	Leña (m³/Ha)	Madera Pulpable (m³/Ha)	Madera Aserrable (m³/Ha)	Área Basal (m²/Ha)
Ciervos	6.560	251,0	50,8	0,9	28,9
Norte	4.085	157,7	64,0	0,7	24,5
Circuito	1.783	121,0	98,8		19,2
El Cable	2.797	166,1	91,2		21,5
Mirador	1.860	98,5	53,7		14,8
Guardería	744	44,7	39,3		7,0
Las Minas	3.238	151,4	54,2		19,0

Como se indicó, dada las restricciones de información, los costos de inversión e ingresos del raleo, son estimados a partir de los valores que se cancelan en faenas similares de madera pulpable en la XII Región. Sólo se ajustará el valor del transporte hacia la planta, dado que la distancia desde el predio a la industria es de sólo 10 kilómetros. Los valores utilizados se muestran en el *Cuadro 6.5b*, expresados en forma de metros ruma (MR), unidad utilizada para la medición de trozos destinados a la confección de astillas de madera.

Cuadro 6.5b Precios de venta y costos de explotación (\$ / MR)

ÍTEM	Precio por "Metro Ruma"
Precio de Venta	14.632
Costo de Explotación	5.900
Marcación	708
Carguío	590
Caminos	1.062
Campamento	590
Transporte	1.652
Administración	118
Otros	590
TOTAL EXPLOTACIÓN	11.210

Del *Cuadro 6.5a*, se observa que se podrá extraer un total aproximado a los 84.347 m³ de madera pulpable, lo que equivale a casi 56.232 metros ruma. Si se considera que el precio a recibir es de \$ 14.632 por metro ruma, se tiene que el ingreso por concepto de venta de madera proveniente del raleo es de \$822.780.771. Por otra parte, de acuerdo a estos valores, la inversión necesaria para esta etapa del proyecto es de \$630.356.236.

6.5.2 Aspectos Hidrológicos Cantidad flujo

De acuerdo con la bibliografía consultada, la disminución de la evapotranspiración anual por efecto de cortas de raleo representa entre el 8 y 19% de la precipitación anual. La mayor diferencia en la evapotranspiración y en la escorrentía se produce en los primeros años posteriores al manejo, decreciendo estos valores hasta efectos no observables cuando la corta es de poca magnitud. Para el estudio se hará el ejercicio de calcular el cambio en todo el período de análisis (12 años). Se realizará estimaciones sensibilizadas de los efectos según si el caudal aumenta en 8%, 13% y 19%.

De acuerdo con las estadísticas de la cuenca del río Las Minas entre 1975 y 1987, la precipitación media anual es de 753,6 mm y la escorrentía directa obtenida de la estadística de la estación fluviométrica existente a la salida de la cuenca es de 602,5 mm. (caudal medio de 0,982 m³/seg). Por efecto del proyecto, se estima entonces que habrá 9,8 mm, 19,2 mm y 28,1 mm anuales adicionales de escorrentía directa, según cual sea el supuesto de aumento caudal.

Por lo tanto, la escorrentía aumentará a 612 mm (si hay un 8% de aumento), a 622 (si hay un 13% de aumento) y a 630 (si hay un 19% de aumento) al año, lo que significa caudales medios anuales de 0,998 m³/seg, 1,013 m³/seg y 1,028 m³/seg, respectivamente, a diferencia de los 0,982 m³/seg de la situación sin proyecto, considerando que la influencia sobre los caudales será proporcional al área manejada.

En el *Cuadro 6.5c* se observa el abastecimiento de agua potable de la cuenca del río Las Minas tanto en la situación sin proyecto (sp) como en la con proyecto (cp).

Cuadro 6.5c Abastecimiento de agua potable en la cuenca del río Las Minas

	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.
Demanda (m ³ /mes)	1.296	1.296	1.296	1.296	1.296	1.296	1.296
Oferta sp (m ³ /mes)	2.954	3.012	5.065	1.787	844	633	691
Déficit sp (m ³ /mes)	0	0	0	0	-451	-662	-604
Oferta cp (m ³ /mes)	2.735	1.679	4.524	3.096	1.836	634	692
Déficit cp (m ³ /mes)	0	0	0	0	0	-661	-603
Cambio Neto cp (m ³ /mes)	0	0	0	0	451	1,03	1,36
Beneficio Proyecto (M\$)	0	0	0	0	4.517	1,0	1,3
Beneficio (\$/año)	4.541.683						

En el *Cuadro 6.5c*, se observa que la demanda mensual de agua para ser tratada como agua potable es superior a la oferta en la situación *sin proyecto* en algunos meses. También se puede observar que la oferta de agua *con proyecto para* Diciembre supera largamente la cantidad necesitada. Además, se puede observar beneficios en los meses de Enero y Febrero, en este caso por efecto de la disminución en evapotranspiración.

Para evaluar el beneficio del proyecto, se valorizarán los 451.768 metros cúbicos en Diciembre, los 1.031 m³ en Enero y los 1.360 m³ en Febrero, que después del proyecto no será necesario traer desde otros lugares de captación, los cuales se valorizarán a \$10 por metro cúbico, que corresponde al costo marginal de producir un metro cúbico fuera del sistema río Las Minas. Por lo tanto el beneficio total anual es de \$4.541.595, por este concepto.

Distribución del flujo

De acuerdo con las mediciones de densidad de la nieve, en la ruta de nieve, se estimó su densidad promedio en el período nival en 0,399 g/cm³. Considerando que la densidad del agua es 1, se tiene que el factor grado día promedio para la cuenca es:

$$\begin{aligned} F_d &= 1,1 (0,399 / 1) \\ &= 0,439 \end{aligned}$$

Dado que existen estadísticas de temperaturas medidas en la estación meteorológica de la DGA en Punta Arenas ubicada a una cota de 10 m.s.n.m en el período 1973 a 1993 y de acuerdo al análisis efectuado en el estudio *Diagnóstico del comportamiento del río Las Minas en Crecidas*, el gradiente de temperatura existente entre Punta Arenas y el sector de estudio, debido a la diferencia de altitud, es igual a 0,65 °C cada 100 metros de altitud. Considerando que la cota media del área de estudio es de 360 m.s.n.m, se tiene que la diferencia de temperatura entre la estación meteorológica Punta Arenas y el área del proyecto es de 2,2 °C.

En el *Cuadro N° 5*, se puede observar las temperaturas medias mensuales obtenidas para el área de estudio en el período 1973 a 1993, considerando la gradiente térmica existente. Como se ve temperaturas negativas en los meses de junio y julio, en la situación *sin proyecto* el deshielo comienza en el mes de agosto. Para la *situación con proyecto* el deshielo comenzaría en el mes de octubre, cuando la temperatura promedio supera los 4°C.

En la situación promedio supuesta, el proyecto posterga el término del período de deshielo desde el 11 de Octubre en la situación *sin proyecto* hasta el 14 de Diciembre en la situación *con proyecto*. Por otro lado, el caudal adicional de la cuenca se distribuirá entre los meses de Octubre a Diciembre.

Para evaluar la contribución del aporte adicional de agua proveniente de deshielo es necesario analizar los caudales medios pues se supone que el beneficio del proyecto será la cantidad de agua adicional producida por deshielo en los meses de verano, valorizada como la diferencia de costo de producción de agua potable entre el sistema Río Las Minas y la captación en Leñadura-Tres Brazos.

Cuadro 6.5d Caudales medios mensuales, temperaturas medias en estación meteorológica y área de estudio, y deshielo diario y mensual

MES	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.
Días por mes	31	30	31	31	30	31	30	31	31	28	31	30
Caudal medio sp (m3/seg)	1,15	1,21	1,08	1,12	1,18	1,92	0,70	0,32	0,24	0,29	0,55	1,22
T° media (°C)	1,7	-0,2	-0,5	0,4	2,4	4,6	6,3	7,5	8,3	8,1	6,3	4,2
deshielo diario sp (cm)	0,00	0,00	0,00	0,18	1,05	2,02	2,77	3,29	3,64	3,56	2,77	1,84
Días de deshielo por mes sp	0,00	0,00	0,00	31,00	30,00	10,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Deshielo mensual sp (cm)	0,00	0,00	0,00	5,44	31,61	21,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nieve promedio sp (cm)	14,98	15,25	14,07	14,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Deshielo diario cp (cm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26	1,01	1,54	1,89	0,00	0,00	0,00
Días de deshielo por mes cp	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	31,00	30,00	14,53	0,00	0,00	0,00	0,00
Deshielo mensual cp (cm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,17	30,29	22,32	0,00	0,00	0,00	0,00
Nieve promedio cp (cm)	15,46	15,74	14,52	15,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Deshielo neto cp cm/nieve/mes	0,00	0,00	-5,44	-31,61	-13,68	30,29	22,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Deshielo neto cp mm/agua/mes	0,00	0,00	-21,77	-126,43	-54,71	121,16	89,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

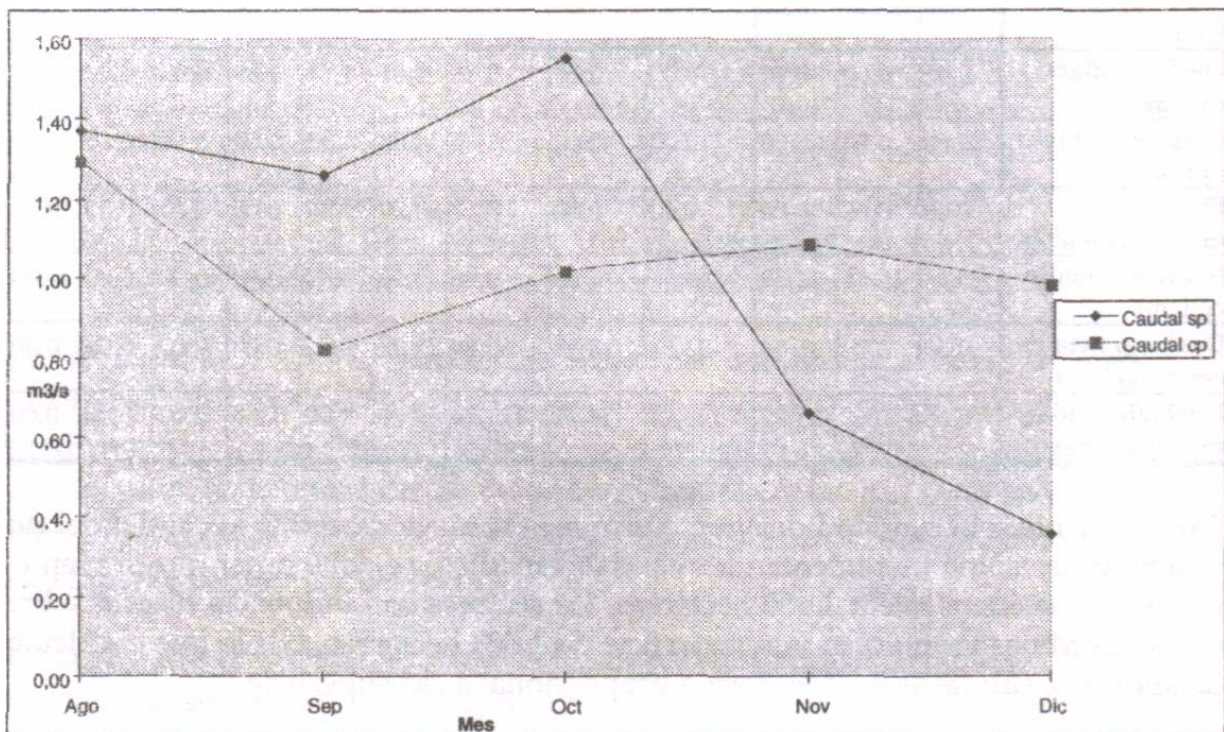
Para determinar la cantidad de agua que aporta la nieve derretida al caudal del río y determinar cómo incrementan los caudales medios, se debe notar que si bien el proyecto considera ralear 1.450 hectáreas, los sectores con influencia directa sobre el río Las Minas involucran una superficie de 1.003 hectáreas, por lo que el cálculo de aporte de caudal se hará en forma proporcional a esa superficie.

Además, es necesario tomar en cuenta que existe una capacidad máxima de captación en la bocatoma de ESMAG que corresponde a $0,5 \text{ m}^3/\text{seg}$, por lo tanto cualquier caudal que supere esa cantidad no puede ser utilizado por esa empresa. De acuerdo a la estadística de caudales, el mes de Diciembre tiene un caudal medio mensual sin proyecto de $0,32 \text{ m}^3/\text{s}$, por lo tanto el aporte de agua adicional que se producirá por efecto del proyecto se verá reflejado este mes solamente, justo en el período de escasez, estimándose que habrá agua disponible proveniente de deshielo al menos hasta el 14 de Diciembre.

De esta forma en la situación *con proyecto*, los 22,3 centímetros de nieve derretida en Diciembre aportan un caudal de $0,7 \text{ m}^3/\text{s}$, del cual solamente se utilizarán $0,18 \text{ m}^3/\text{s}$, hasta la capacidad máxima de captación. A lo anterior se debe agregar que, además del beneficio de satisfacer la demanda de agua en Diciembre, como resultado del proyecto existen también pequeños beneficios en los meses de Enero y Febrero, los que, al no existir deshielo en esa época, deben atribuirse a cambios en la evapotranspiración.

En la *Figura 6.5a* se puede observar el efecto que tiene el proyecto sobre la distribución de los caudales, lográndose aumentar la cantidad de agua en los meses de Noviembre y Diciembre y bajar los caudales entre Agosto y Octubre.

Figura 6.5a Caudales medios mensuales sin y con proyecto en el río Las Minas.



Transporte de sedimentos en río

Se observa que por efecto del proyecto los caudales tienden a homogenizarse, evitándose los caudales máximos que antes se producían por el rápido deshielo de la nieve acumulada y que se derretía entre agosto y octubre, principalmente. En la situación con proyecto los caudales se distribuyen en forma más homogénea hasta Diciembre, lo que disminuye la cantidad y velocidad del agua arrastrada por el caudal. De esta forma, la cantidad de sedimento en suspensión que llega a la desembocadura del río debiera ser menor lo que disminuye el grado de embancamiento del puerto ubicado en el lado sur de la desembocadura.

Con los antecedentes que posee la DGA XII región, respecto del muestreo de sedimentos en suspensión en el río Las Minas se determinó las concentraciones promedio mensuales de sedimentos de los meses en que se contaba con información. Para los meses sin información se estimó una concentración mensual. De acuerdo a la bibliografía consultada, la ecuación que relaciona la concentración de sedimentos y caudal, llamada *Curva de Calibración de Sedimentos*, es de la forma:

$$\log C_s = A + B \log Q.$$

En que C_s es la concentración de sedimentos, A es una constante y Q es el caudal medio. Con la información disponible, se obtuvo para el río Las Minas la siguiente función:

$$\log C_s = 0,7313 \log Q$$

El coeficiente de correlación obtenido $R^2 = 0,94$ demuestra el buen ajuste de la curva. Todos los valores de volumen de sedimento fueron calculados a partir de la función obtenida. Con los valores de concentraciones disponibles para los meses de agosto a diciembre y los obtenidos de la relación para enero a julio y los caudales medios mensuales, se obtuvo los volúmenes promedio mensuales de sedimentos para la situación *sin proyecto*. Los caudales promedio mensuales en la situación *con proyecto* fueron determinados en base a la variación que se supone se producirá por una disminución en la evapotranspiración.

Cuadro 6.5e Concentraciones y volúmenes de sedimentos en el río Las Minas

	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
Concentración de sedimentos sp (mg/1)	173	179	165	120	98	310	122	63	55	63	101	181
Caudal medio mensual sp (m3/s)	1,15	1,21	1,08	1,12	1,18	1,92	0,70	0,32	0,24	0,29	0,55	1,22
Volumen sp de sedimento (m3/mes)	271,9	286,4	243,5	183,7	152,9	813,4	113,4	27,8	158,0	22,6	75,9	292,0
Caudal medio mensual cp (m3/s)	1,16	1,22	1,09	1,04	0,66	1,71	1,21	0,70	0,24	0,29	0,55	1,23
Volumen cp de sedimento (m3/mes)	274,0	298,4	245,3	170,0	88,1	726,5	202,2	59,9	18,1	25,0	76,2	304,3

Aunque los valores obtenidos para los volúmenes anuales de sedimento en suspensión son bajos en comparación a los volúmenes que se dragan del puerto, se debe tener presente que estos corresponden a los sedimentos en suspensión asociados a los caudales del río, sin considerar los volúmenes que se producen por efectos aluvionales frecuentes en la cuenca del río Las Minas, y sobre los cuales no hay efectos aparentes y probados del proyecto. La variación anual obtenida para los sedimentos en suspensión arroja una disminución del 6,17 % entre las situaciones con y sin proyecto.

Para los sedimentos de arrastre de fondo no fue posible efectuar un análisis por carecerse de información confiable. En todo caso, es necesario aclarar que los volúmenes dragados corresponden en su totalidad a sedimento en suspensión.

Dragado del puerto

De acuerdo a la información proporcionada por EMPORCHI, el volumen que se extrae en cada faena de dragado (cada 5 años) es de 30.000 m³, lo que tiene un costo de 150 millones de pesos en 1996 (\$5.000 por m³).

Se debe aclarar que de los 6.000 m³ anuales de sedimento que llegan al mar, 2.641 m³ corresponden a sedimentos en suspensión asociados a los caudales normales del río. Por lo tanto, por efecto del proyecto habrá una disminución anual de un 2,6% en la cantidad total de sedimentos que llega al mar, lo que significa un 13% menos del volumen entre cada dragado, es decir, 3.900 m³ cada 5 años.

Para evaluar el beneficio, se considera el menor costo del dragado que corresponde al menor volumen de sedimentos que se extraerán desde el mar en cada faena de dragado, y que equivale a \$ 19.500.000 (\$ 5.000 * 3.900 m³ / 5 años).

Limpieza del cauce

Dado que no existe información acerca de los volúmenes de arrastre de fondo que son depositados en el área canalizada del río, se trabajó con los valores proporcionados por la Municipalidad de Punta Arenas, respecto de los volúmenes de material extraído del cauce en las dos faenas de limpieza que se efectúan anualmente, para los efectos de mantener el cauce despejado manteniendo su capacidad hidráulica.

En la actualidad se extrae 24 mil m³ anuales de material, con un gran porcentaje de pétreos, tierra y basura, lo que tiene un costo \$ 2.083/ m³ y un costo total de \$50 millones al año. Dada la disminución de los caudales en los meses de agosto a octubre, como se observa en la *Figura 6.5a*, se supondrá que los caudales de crecidas en dichos meses sufrirán igual variación, por lo tanto habrá una disminución de los volúmenes de material de arrastre de fondo que es el que se deposita en la zona canalizada.

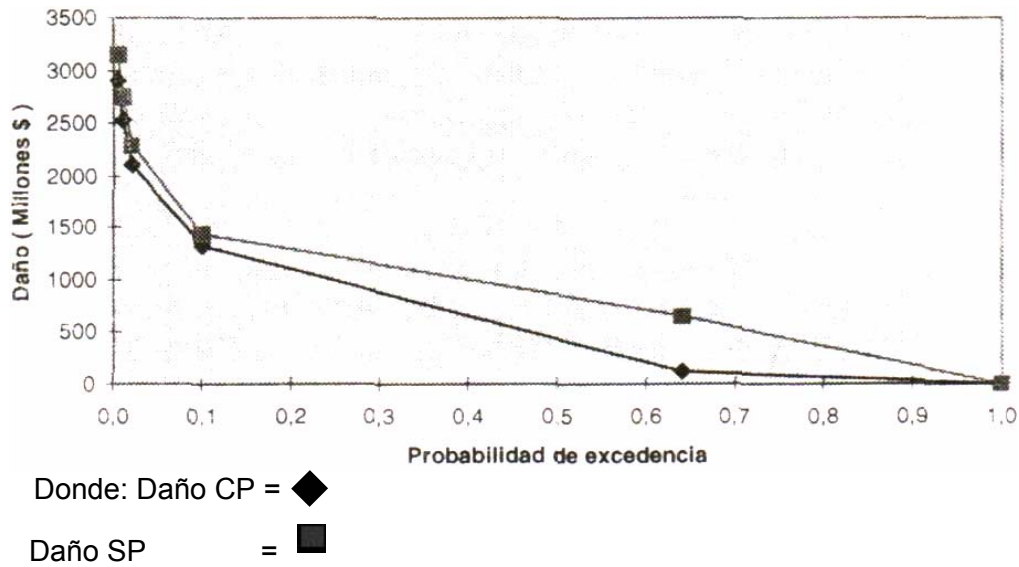
Para los efectos de la evaluación, y considerando que no se cuenta con mayores antecedentes, se supondrá que la disminución de los volúmenes de material de arrastre de fondo es igual en porcentaje a la disminución de los sedimentos en suspensión por efecto del proyecto; esto es, un 2,6% al año. Por lo anterior el beneficio se evaluará considerando el menor costo de las faenas de limpieza anual.

$$\begin{aligned}\text{Beneficio} &= 24.000 \text{ m}^3 \times 0,026 \times \$ 2.083 \\ &= \$ 1.299.722 \text{ /año}\end{aligned}$$

Eventos de crecidas y daño evitado

Para los efectos del estudio, se supone que con caudales inferiores a 26 m³/s, el daño sólo corresponde a acumulación de material en el lecho del río. Por lo tanto, en ese caso se considera el costo de limpieza, el cual varía de acuerdo a la magnitud del caudal. Basado en el *Estudio de Factibilidad del Programa Manejo de Cuencas sobre Defensas Fluviales del río Las Minas*, se calculó, a partir de la probabilidad de excedencia, una relación entre el daño por crecidas en las situaciones con y sin proyectos que se presenta en la *Figura 6.5b*.

Figura 6.5b Daño por crecidas: casos con y sin proyecto



6.5.3 Cálculo del VAN

Para el cálculo del VAN se utilizó el conjunto de antecedentes cuantificados en la sección anterior. Estos se resumen en el *Cuadro 6.5f*. Con esos datos y utilizando una tasa de interés del 12%, suponiendo que el proyecto se inicia en un año, se calculó el VAN, el que asciende a \$688,8 millones. Este resultado indica que la realización del proyecto es beneficiosa, aun sin haber considerado algunos importantes beneficios, como el aumento en la velocidad de crecimiento del bosque y en la cantidad de madera de buena calidad.

Cuadro 6.5f Cálculo del VAN del Proyecto (valores en millones de pesos)

AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Inversión	630,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ingresos por	822,7											
Menor costo de limpieza de	1,30	1,19	1,08	0,98	0,87	0,76	0,65	0,54	0,43	0,33	0,22	0,11
Menor costo de dragado	0,77	0,70	0,64	0,58	0,51	0,45	0,38	0,32	0,25	0,19	0,13	0,06
Menor costo de daños por	121,7	112,0	101,0	91	82	71	61	51	40	30	21	10
Menor costo provisión de	4/53	4,15	3,78	3,40	3,02	2,64	2/27	1,89	1/51	1,13	0,76	0,38
Beneficio Neto	319,9	118,1	106,5	95,9	86,4	74,8	64,3	53,7	42,2	31,6	22,1	10,5
VAN	285,7	94,1	75,8	60,9	49,0	37,9	29,0	21,7	15,2	10,1	6,35	2,71

6.6. CONCLUSIONES

Del presente estudio se puede concluir que es totalmente beneficiosa la ejecución del raleo de renovales de la Reserva Nacional de Magallanes, pues los beneficios exceden ampliamente a los costos. Por otro lado y aun cuando no fueron evaluados, se tiene claridad que existe un beneficio por mejoramiento de la estructura del bosque y producción futura en forma de madera de mejor calidad y sanidad.

Junto a lo anterior, existe un beneficio por concepto de aumento de agua disponible en el cauce en los meses de primavera, producido por un retardamiento en el proceso de derretimiento de la nieve, además de otros efectos hidrológicos secundarios como son la disminución de los caudales promedio mensuales en esa misma época y la disminución de los sedimentos que arrastra el río, con el consiguiente menor costo por faenas de dragado y disminución de daños en las crecidas.

6.7 BIBLIOGRAFÍA

Ayala, Cabrera y Asociados Ltda. (1990): *Diagnóstico del comportamiento del río Las Minas y Estero Llau-Llau en crecidas, provincia de Magallanes XII Región.* Dirección de Vialidad, Ministerio de Obras Públicas.

Brooks, K. N. et al, (1993,); *Hidrology ana the management of the watersheds.* Iowa State University Press / Ames.

Cesar, S. (1995): *Funcao Hidrológica da floresta.* Apuntes Curso Internacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas. Instituto Forestal, Sao Paulo, Brasil.

INFOR (1995): *Raleo de renovales en la Reserva Forestal Magallanes.* Subproyecto Programa de Ordenación de Cuencas Hidrográficas. CONAF-DGA-BID.

Linsley, R.; Kohier, M.; Paulus, J. (1988): *Hidrología para Ingenieros.* Me Graw - Hill / Interamericana de México.

Rogerson, T. L (1968). *Thinning mercases througfall in Loblolly Pine Plantations.* Journal of soil and water conservación. Vol. 3 num. 4.

Yammanoi, K. (1995): *Effects of the watershed management on the water production and the runoff fresearch on watersheds.* Apuntes Curso Internacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas. Instituto Florestal, Sao Paulo, Brasil. 20 pp. mimeo.

7. LECCIONES DE LOS ESTUDIOS DE CASO

Sin duda que el desarrollo de estudios de caso, tienen un importante valor específico para los problemas en cuestión y, en consecuencia, para las partes afectadas, positiva o negativamente, por un eventual desarrollo de estos proyectos. Este sólo hecho justifica la difusión de estos resultados, en particular cuando las conclusiones han sido bien fundamentadas desde el punto de vista técnico y con una presentación clara y precisa.

No obstante lo anterior, las conclusiones de estos estudios pueden ser comentadas y discutidas, pues siempre existe espacio para la argumentación sobre los supuestos, la calidad de la información, o la selección de las técnicas adecuadas. Sin embargo, no es posible negar el aporte que estos estudios representan a la discusión sobre la conveniencia de los proyectos. La metodología económica hace un aporte significativo al requerir que los supuestos, el cálculo y los principios involucrados se hagan explícitos. Pese a las posibles limitaciones, los estudios se presentan sólidos y coherentes.

Más allá de lo que se ha planteado, se puede argumentar que el aporte al desarrollo de políticas y proyectos ambientales efectivos y eficientes van aún más allá del aporte a los proyectos puntuales. Esta afirmación se sustenta en que éstos estudios de caso han aportado significativamente a la discusión en torno a los aspectos económicos vinculados al medio ambiente y los recursos naturales, tema que se ha vuelto recurrente en Chile.

La polémica entre los que favorecen un desarrollo económico por sobre otras consideraciones y aquellos que defienden los recursos naturales y ambientales por sobre el crecimiento económico, no es más que la expresión polarizada de un debate que atraviesa a toda la sociedad. Este debate se centra en la búsqueda de una definición apropiada para el concepto de *desarrollo*. Sin duda que en este concepto se encuentran presente aspectos económicos, sociales y ambientales; lo que no es tan evidente es la forma en que estos se complementan o sustituyen, en el presente y hacia el futuro.

Los trabajos presentados en este documento tienen el gran valor de mostrar esa realidad compleja pero que también es posible ordenarla, de modo que los temas involucrados se puedan discutir con más claridad. Demuestra, en otras palabras, que se puede utilizar en Chile la economía para aportar a la decisión ambiental y que este aporte puede ser significativo.

Un paso más allá del aporte general indicado anteriormente, debe destacarse la demostración de que aún tomando en cuenta sólo aspectos económicos tradicionales, existen proyectos de mejoramiento ambiental que son beneficiosos.

Es decir, **se destruye con ejemplos concretos la idea tan difundida sobre la dicotomía entre el crecimiento económico y medio ambiente**. El manejo del bosque nativo en la Reserva Nacional de Magallanes es emblemático; no solo mejora el diámetro de los árboles y la calidad del bosque (aspectos que no se valoraron en términos económicos), sino que genera además una serie de beneficios económicos anexos que hacen que el proyecto sea altamente rentable.

Pese al optimismo que encierra el párrafo anterior, no puede dejarse de lado otra lección clave, si bien menos positiva. Para que los proyectos ambientales socialmente beneficiosos se lleven a cabo, es necesaria una institucionalidad desarrollada, pues por sola voluntad de los agentes individuales no siempre se llevarán a cabo.

El caso de la protección de infraestructura de CODELCO en la cuenca del Estero Sapos es extremadamente claro al respecto. En ese caso, existe una diferencia evidente entre los valores privados y sociales lo que hace que el agente privado no esté interesado en llevar a cabo el proyecto si bien es deseable para la sociedad que se haga.

En el caso del manejo de la Reserva Nacional Magallanes el problema es algo más complejo. En este caso, si bien el conjunto de los valores privados hacen que el proyecto sea rentable, los agentes beneficiados son varios, por lo que los beneficios se encuentran dispersos. Para ese caso particular esto no inhibe el desarrollo del proyecto, pues el beneficio neto del raleo, sólo por efecto de venta de la madera, es positivo. Pese a ello, el trabajo ilumina un aspecto importante de muchos proyectos de mejoramiento ambiental: la existencia de múltiples agentes beneficiados, lo cual diluye los beneficios. Una adecuada intervención de la autoridad pertinente se vuelve vital para asegurar que los proyectos se lleven a cabo.

El espacio para la intervención seguirá siendo conflictivo, pues surgen preguntas importantes ¿ Es mejor la situación que se puede alcanzar con intervención que sin ella?. De favorecerse la intervención ¿Cual es la mejor manera de hacerla?. Estas preguntas no tienen una respuesta simple, pero es mas fácil enfrentarlas cuando se tiene claro los beneficios asociados al objetivo.

Más allá de la evaluación de proyectos, un aspecto que hace atractiva a la economía ambiental, es su posible uso en la definición de políticas para el medio ambiente y los recursos naturales. El trabajo sobre la valorización del sector Soncor, en la Reserva Nacional Los Flamencos, demuestra que el aporte de este tipo de recursos a la sociedad es significativo. Demuestra, con cifras coherentes, la diferencia entre valor económico y precio.

Estos antecedentes pueden ayudar a orientar el futuro desarrollo de políticas públicas sobre bienes que no se transan en el mercado y también cooperar con la planificación territorial, por cuanto ayudan a determinar el mejor uso posible para determinadas zonas. En un país donde a menudo se genera conflicto entre actividad productiva y protección del patrimonio natural, la economía entrega luces sobre la posibilidad de conciliar los dos bienes o de elegir entre ellos cuando lo primero no sea posible.

La discusión ambiental ha evolucionado cada vez con mayor fuerza en torno a la idea de un desarrollo sostenible. Pese a ello, el tema sigue generando confusión y a veces parece demasiado abstracto para transformarlo en algo más que una consigna. Mucho se habla de desarrollo sostenible, pero es poco lo que se entiende. Menos aun cuando se trata de aplicar criterios de sostenibilidad a nivel de proyecto.

El objetivo de asegurar equidad a través de las generaciones puede terminar en decisiones complejas y contradictorias con la lógica tradicional de evaluación de proyectos. El caso del sistema de abastecimiento de agua potable en Purén muestra con claridad este conflicto y decide, sin entrar en un análisis muy complejo, enfrentar el problema favoreciendo un proyecto con valor presente neto inferior a la alternativa, pero que su sostenibilidad en el tiempo. Sin duda, la elección es compleja y no sería bueno sacar conclusiones demasiado generales a partir de los resultados específicos, pero propone una manera de enfrentar el problema de la sostenibilidad local con puntos de referencia cuantitativos.

El conjunto de los trabajos presentados en este documento representa un aporte muy importante para el uso futuro de la economía ambiental en Chile. Cada trabajo representa un aporte específico que se ha destacado. Los resultados, en síntesis, se pueden considerar exitosos y alentadores. Sin duda hay mucho que avanzar, la información a veces es precaria y las simplificaciones se vuelven muy necesarias, pero el esfuerzo ha abierto caminos. Es de esperar que ellos permitan incentivar el uso de estas técnicas como un aporte importante para la discusión de políticas y proyectos ambientales en la búsqueda del desarrollo que concilie realmente el crecimiento económico y la protección de los recursos naturales y ambientales.