

UCH-FC
Biología
S 226
c.1



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS**

Identificación de los Beneficios del Plan de Saneamiento de Aguas Servidas de la cuenca Maipo-Mapocho y de los Métodos de Valoración a través de un modelo de Sistema Ambiental y del concepto de Valor Económico Total

Seminario de Título entregada a la Universidad de Chile
en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al título de
Biólogo con mención en Medio Ambiente

Por Nancy A. Sanhueza Díaz

Septiembre, 2006
Santiago – Chile



Director del Seminario de Título: Juan Antonio Garcés



“Identificación de los Beneficios del Plan de Saneamiento de Aguas Servidas de la cuenca Maipo-Mapocho y de los Métodos de Valoración a través de un modelo de Sistema Ambiental y del concepto de Valor Económico Total”

Seminario de Título entregado a la Universidad de Chile, en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al Título de Biólogo con Mención en Medio Ambiente.

NANCY ANDREA SANHUEZA DÍAZ

Sr. Juan Antonio Garcés
Director Seminario de Título

Una firma manuscrita en tinta negra que se extiende sobre una línea horizontal.

Comisión Revisora

Dr. Ítalo Serey E.
Presidente

Una firma manuscrita en tinta azul que se extiende sobre una línea horizontal.

Dr. Gonzalo Benavides
Corrector

Una firma manuscrita en tinta azul que se extiende sobre una línea horizontal.

Santiago, Octubre de 2006





Nancy A. Sanhueza Díaz cursó su educación básica en la Escuela Francisco Arriarán y su enseñanza media en el Liceo Carmela Carvajal de Prat, para ingresar en 1998 a la carrera de Biología con Mención en Medio Ambiente (Licenciatura en Ciencias Ambientales con Mención en Biología) de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile.

A poco andar mostró un profundo interés por la carrera y se presentó como delegada ya en primer año. En segundo año salió elegida delegada con amplia mayoría y además fue representante de los estudiantes de la carrera ante el Centro de Estudiantes de Ciencias (CEC), cargo que ostentó por 4 años.

Su interés por la política y en particular por cómo ésta influye en las políticas públicas medioambientales y de otros temas, la llevó a ingresar al Magíster en Ciencia Política de esta misma universidad, el que aprobó exitosamente y para el cuál actualmente esta desarrollando su tesis.

Debido a su gran interés en la investigación y la docencia, tan pronto como Nancy finalice su tesis de magíster, pretende ingresar a un Ph.D. en Estados Unidos en el área de las políticas públicas ambientales y el desarrollo sustentable, para posteriormente volver a Chile.

Ante todo es preciso conocer el fin hacia el que debemos dirigir nuestras acciones, es necesario descubrir nuestro destino, para poder tomar la firme determinación de dirigirnos hacia él. Una vez tomada esta determinación, nuestro espíritu se verá libre de toda vacilación e inquietud. En cuanto se haya consolidado esta serenidad y tranquilidad de espíritu, gozaremos de una profunda paz interior que ningún acontecimiento podrá alterar. Cuando gocemos de esta paz inalterable, estaremos en condiciones para meditar y para penetrar en la esencia de todas las cosas...

KUNG-TSÉ

Es importante distinguir tres metas de política independientes, que requieren para su logro tres instrumentos de política igualmente independientes. Estos son: la meta de eficiencia (asignación óptima) atendida por el instrumento de precios relativos; la meta de equidad (distribución óptima) atendida por los instrumentos de redistribución de riqueza; y a meta de la sustentabilidad (escala óptima), atendida por un instrumento de política.—inexistente por ahora— que limite la población y/o el uso de recursos por habitante.

Herman E. Daly

La intensificación de la producción para alimentar a una creciente población, conduce a un crecimiento aún mayor de la población.

P.F. citado por Daniel Quinn en "Ismael y la salvación del mundo" (1991).

DEDICATORIA

Dedico mi seminario de título a mi mamá Iris Díaz Soto, que se sacrificó durante muchos años para poder ver este día,
y a mi papá Luis Sanhueza Lagos, que lamentablemente no alcanzó a verlo.

Además dedico este seminario de título a todas aquellas personas que me apoyaron todos estos años, entre ellos mi amado Juan Carlos, y especialmente se lo dedico a quienes con sus gestos diarios hacen de este mundo un mejor lugar para vivir.

AGRADECIMIENTOS

Mis agradecimientos a todos quienes colaboraron directa o indirectamente conmigo en la realización de este trabajo.

Agradezco a Aguas Andinas por auspiciar este seminario de título, y al Sr. Juan Antonio Garcés, director del seminario de título, por gestionarla.

Agradezco también a todas las personas del Área de Medio Ambiente de Aguas Andinas quienes me apoyaron en los momentos difíciles y me entregaron su cordial amistad, especialmente Paola Arata, Eugenio Flores, Corrado Tore y Jorge Maldonado, además de Enrique Vergara, Alexis Araya, Nelson Saiegh, Ruth Navarrete, Claudia Urzúa y Maritza Bascur.

Deseo expresar mis más profundos agradecimientos al Profesor Dr. Italo Serey quién me brindó su sincera amistad, me entregó su constante apoyo y disposición a escuchar. Le agradezco su generosidad para compartir sus conocimientos, además de sus inapreciables correcciones y consejos, y sin quien no hubiera podido llevar adelante exitosamente este proceso.

También agradezco al Dr. Gonzalo Benavides por su buena disposición y sus certeras correcciones. Y al Dr. Alejandro León quien corrigió exhaustivamente el documento escrito, en lo correspondiente a Economía Ambiental.

Quiero agradecer con especial interés a quienes estuvieron cerca dándome su apoyo y amor, especialmente mi mamá y Juan Carlos.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xiii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Presentación del Problema.....	1
1.2 Objetivos.....	3
2. MARCO CONCEPTUAL.....	4
2.1 Plan de Saneamiento de Aguas Servidas de la Región Metropolitana.....	4
2.1.1 Introducción.....	4
2.1.1.1 Aguas Servidas.....	4
2.1.1.2 Impactos en la cuenca.....	4
2.1.1.3 Plan de Saneamiento.....	5
2.1.2 Descripción de la situación previa en las aguas de la cuenca Maipo-Mapocho.....	8
2.1.3 Justificación del Plan de Saneamiento.....	8
2.1.4 Objetivos del Plan de Saneamiento.....	10
2.1.5 Descripción del Plan de Saneamiento.....	11
2.1.6 Etapas del Plan de Saneamiento.....	16
2.2 Sistemas Ambientales.....	17
2.3 Cuenca Hidrográfica.....	19
2.3.1 Concepto de Cuenca.....	19
2.3.2 Enfoque de cuenca hidrográfica.....	19
2.3.3 Descripción General.....	20
2.3.4 Descripción de la cuenca Maipo-Mapocho.....	21
2.3.5 Problemas Globales del Agua en la cuenca.....	40
2.4 Valoración Económica y Valor Económico Total (VET).....	41
2.4.1 Economía Ecológica y Economía de los Recursos Naturales y del Medio Ambiente.....	41
2.4.1.1 Ética Ecocéntrica y Ética Antropocéntrica.....	41
2.4.1.2 Economía de los RR. NN. y del Medio Ambiente.....	42
2.4.1.3 Economía Ecológica.....	44
2.4.2 Valoración Económica.....	44

2.4.2.1 Valoración Económica de Proyectos	45
2.4.2.2 Valoración Económica del Medio Ambiente.....	47
2.4.2.3 Valor y Precio	48
2.4.2.4 Valoración Económica y Disposición A Pagar (DAP).....	51
2.4.3 Valor Económico Total (VET) y Valor Ambiental Total (VAT).....	53
2.4.3.1 Introducción.....	53
2.4.3.2 Descripciones del VET y el VAT	55
2.4.3.3 Reflexiones y Críticas acerca del VET	61
2.4.3.4 Descontando el futuro en el Análisis Costo-Beneficio.....	62
2.4.3.5 Una discusión de la diferencia entre Valor y Precio.....	63
2.4.4 Presentación de los Métodos de Valoración.....	64
2.4.4.1 Métodos de Mercado.....	65
2.4.4.2 Métodos Indirectos.....	66
2.4.4.3 Métodos Directos.....	75
2.4.4.4 La Transferencia de Beneficios	77
3. METODOLOGÍA.....	80
3.1 Introducción	80
3.2 Metodología del Estudio	81
3.2.1 Enfoques de Evaluación y Elección del Enfoque	81
3.2.1.1 Presentación de los Enfoques de Evaluación.....	81
3.2.1.2 Justificación del Enfoque a utilizar.....	86
3.2.2 Proceso de Evaluación para la Valoración Económica.....	86
3.2.3 Elección del Enfoque de Clasificación de los Beneficios con respecto de los componentes del VET.....	90
3.2.4 Elección de los Métodos de Valoración correspondientes al VET.....	91
3.2.4.1 Proceso de Selección de Técnicas.....	91
4. RESULTADOS.....	93
4.1 Beneficios del Plan de Saneamiento en un contexto de Sistema Ambiental... 93	
4.1.1 Descripción del Sistema Ambiental.....	93
4.1.2 Criterios de Delimitación.....	93
4.1.3 Estructura del Sistema Ambiental.....	94
4.1.3.1 Beneficios basados en Flujos Físicos o de Materiales.....	101
4.1.3.2 Beneficios basados en Flujos Económicos	112
4.1.3.3 Beneficios basados en Flujos de Información	116
4.2 Aplicación del VET a los Beneficios del Plan de Saneamiento	121
4.2.1 Beneficios del Plan de Saneamiento clasificados según el VET	121
4.2.2 Fundamentos Generales de la Clasificación	124
4.3 Métodos de Valoración correspondientes a los Beneficios del Plan de Saneamiento.....	126
4.3.1 Beneficios del Plan de Saneamiento y sus Métodos de Valoración asociados	126
4.3.1.1 Fundamentos Generales de la Selección.....	128

4.3.2 Fundamentos de la Selección de los Métodos de Valoración en función de los Beneficios	132
4.3.2.1 Métodos de Beneficios basados en Flujos Físicos o de Materiales	132
4.3.2.2 Métodos de Beneficios basados en Flujos Económicos	144
4.3.2.3 Métodos de Beneficios basados en Flujos de Información.....	148
4.4. Resumen de los Resultados	152
5. DISCUSIÓN	155
5.1 Discusión General	155
5.2 Del Sistema Ambiental y los Beneficios del Plan de Saneamiento.....	156
5.3 De la Aplicación del VET	158
5.4 De los Métodos de Valoración Seleccionados	160
5.5 Del uso y abuso del Método de Valoración Contingente.....	161
6. CONCLUSIONES	163
7. RECOMENDACIONES	167
7.1 Recomendaciones para la Gestión de los Recursos en la Cuenca.....	167
7.2 Recomendaciones para la Futura Evaluación Económica de los Beneficios	167
8. REFERENCIAS	169
9. ANEXO	173
Un Ejemplo Práctico.....	173

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.2.1.	Beneficios del Plan de Saneamiento clasificados según valores componentes del VET.....	122
Tabla 4.3.1.	Se presentan los beneficios del Plan de Saneamiento y los métodos de valoración asociados a cada uno, respecto de sus características particulares.....	127
Tabla 4.3.2.	Se muestran los beneficios del Plan de Saneamiento, los valores del VET respecto del cual fueron clasificados y los métodos de valoración asociados a cada uno, respecto de sus características particulares.....	153
Tabla 5.2.1.	Número de Beneficios del Plan de Saneamiento según cada clase de beneficios.....	158
Tabla 5.3.1.	Número de Beneficios del Plan de Saneamiento clasificados según cada componente del VET.....	159

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1.1.	Mapa de la Región Metropolitana en la cual se inserta el Plan de Saneamiento de Aguas Servidas.....	14
Figura 2.1.2.	Esquema de Santiago en que se muestran los 3 sectores correspondientes a cada una de las plantas de tratamiento del Plan de Saneamiento de Aguas Servidas	15
Figura 2.3.1.	Dimensiones espaciales de una cuenca hidrográfica.....	23
Figura 2.3.2.	Foto aérea en que se observa la cuenca Maipo-Mapocho.....	26
Figura 2.3.3.	Diagrama de la primera sección del río Maipo.....	29
Figura 2.3.4.	Diagrama de la segunda y tercera secciones del río Maipo.....	30
Figura 2.3.5.	Diagrama de la primera y segunda secciones del río Mapocho....	31
Figura 2.3.6.	Diagrama de la tercera y cuarta secciones del río Mapocho.....	33
Figura 2.3.7.	Diagrama de la quinta sección del río Mapocho.....	34
Figura 2.4.1.	Gradiente de tendencias entre la Economía Medio Ambiental y de los RR. NN. y la Economía Ecológica.....	54
Figura 2.4.2.	Se presenta la relación existente entre el Valor Ambiental Total, el Valor Económico Total y el Valor Primario.....	60

Figura 3.2.1.	Diagrama del marco analítico para la Valoración Económica de elementos del medio ambiente.....	83
Figura 3.2.2.	Proceso de selección de los métodos de valoración.....	92
Figura 4.1.1.	Modelo Conceptual de los flujos físicos o de materiales del Sistema Ambiental antes de la puesta en marcha del Plan de Saneamiento de Aguas Servidas.....	96
Figura 4.1.2a	Modelo Conceptual de interacciones entre los distintos tipos de Flujos en el Sistema Ambiental en estudio.....	99
Figura 4.1.2b	Modelo Conceptual de interacciones entre los distintos niveles de Flujos en el Sistema Ambiental en estudio.....	99
Figura 4.1.3.	Modelo Conceptual del Sistema Ambiental del Plan de Saneamiento de Aguas Servidas.....	100
Figura 4.2.1.	Se presentan los componentes del VET y los correspondientes beneficios del Plan de Saneamiento clasificados según los componentes.....	123
Figura 4.3.1.	Se presenta la relación entre los cambios medioambientales y los cambios en la productividad de una actividad comercial.....	130

RESUMEN

El Plan de Saneamiento de Aguas Servidas de la cuenca Maipo-Mapocho, desarrollado por la empresa sanitaria Aguas Andinas, involucra la construcción de 3 grandes plantas de tratamiento en Santiago y 13 plantas más pequeñas en la Región Metropolitana. Este plan tiene como principal objetivo sanear las aguas servidas de la Santiago y la Región Metropolitana. Sin embargo, producirá beneficios no esperados o externalidades positivas del proyecto, los cuales no se consideraron en la fundamentación del Programa de Tratamiento original.

En este trabajo se identificaron los beneficios del Plan de Saneamiento de Aguas Servidas y se seleccionaron los Métodos de Valoración más adecuados para su posterior evaluación económica. Lo anterior se realizó a través del diseño de un modelo conceptual de Sistema Ambiental y de la aplicación del concepto de Valor Económico Total.

El sistema ambiental desarrollado permitió identificar los flujos de materiales, económicos y de información que existían antes y después de la puesta en marcha del Plan de Saneamiento. Los 47 beneficios identificados a partir de estos flujos, involucraron tanto mejoras en la calidad de vida de las personas (por ejemplo Disminución de Malos Olores, Turismo, Creación de Empleos, Mejora en la Imagen "País", etc.) como mejoras en el medio ambiente de la región (por ejemplo Restauración de Ecosistemas, Cambios en la Biodiversidad, Restauración de Hábitats, Control de Gases Efecto Invernadero, etc.).

Los métodos de valoración asociados a los beneficios permitirán realizar una evaluación económica de métodos combinados, lo que posibilitará tener una aproximación holista a la búsqueda del valor de los beneficios permitiendo reducir la subvaloración que se da al utilizar sólo un método.

Estos resultados permitirán conocer la gran cantidad de beneficios que se producen con un proyecto de descontaminación que tiene como objetivo sólo el saneamiento de las aguas servidas.

La identificación de beneficios en un contexto holista de sistema ambiental, y la identificación de los métodos de valoración asociados, a través del concepto de VET, podría ser el punto de partida para una aproximación interdisciplinaria a la valoración económica del medio ambiente.

ABSTRACT

Sewage Treatment Plan in the Maipo-Mapocho basin, developed by the sanitary company Aguas Andinas, involve the construction of three great treatment's plants in Santiago and 13 more little plants in the Región Metropolitana. This plan has the main goal to clean the sewage from Santiago and Región Metropolitana. However, it will produce not-expected profits or project's positive externalities, which did not take into account in the justification of original Treatment Program.

In this work, profits of Sewage Treatment Plan were identified and valuation methods more appropriate were selected for its forward economic evaluation. This was accomplished through of design of a conceptual model of Environmental System and application of total economic value concept.

Environmental system developed allowed to identify the materials flows, economic flows and information flows that existed before and after of the starting of the Sewage Treatment Plan. Forty-seven profits identified from these flows involved as much improvements in the quality of people's life (for example Decrease of Bad Scents, Tourism, Creation of Employments, Improves in the "Country", Image etc.) as improvements in environment of the region (for example Ecosystems Restoration, Biodiversity Recovery, Habitats Restoration, Control of Greenhouse Effect Gases, etc.).

Valuation methods associated to profits will allow accomplishing an economic evaluation of combined methods; it will facilitate to develop a holistic approach to the search of profits' value, allowing reducing the sub-valuation in the application of only one method.

These results will allow knowing the great quantity of profits produced with a decontamination project it have only one goal the cleaning of sewage.

The identification of profits in a holist context of environmental system, and the identification of valuation methods associated, through total economic value concept, it could be start point for an interdisciplinary approach to the economic valuation of environment.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Presentación del Problema

La necesidad de implementar un programa de tratamiento de las aguas servidas de la Región Metropolitana, en general, y de la ciudad Santiago de Chile, en particular, se hizo urgente a causa de varias razones, siendo algunas de ellas: (a) la necesidad de mejorar el nivel de sanitario en algunos alimentos, que hasta hace poco tiempo era bajo, debido a los microorganismos patógenos que se encontraban en hortalizas y verduras; (b) el compromiso generado por los tratados de libre comercio firmados por Chile¹, en los cuales se especifica la necesidad de cumplir la normativa ambiental que posea nuestro país, parte de la cuál indica que no pueden descargarse aguas servidas a los cursos de agua; (c) dada la creación de la ley de Bases Generales del Medio Ambiente de 1994, se hace urgente la necesidad del cumplimiento de las legislaciones ambientales sectoriales de nuestro país; (d) la importancia de mejorar las condiciones medioambientales de la cuenca Maipo-Mapocho, para dar una mejor calidad de vida a sus habitantes y por la imagen negativa que proporciona una cuenca contaminada para el país.

Por todo ello, en 1991 con la regulación de los procesos constitutivos de la concesión sanitaria de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas servidas² se comenzó la preparación del "Programa de Tratamiento de Aguas Servidas del Gran Santiago" de 1995, a partir del cual se desarrolló el actual Plan de Saneamiento de Aguas Servidas de la cuenca Maipo-Mapocho (en adelante, Plan de Saneamiento).

El objetivo básico del Plan de Saneamiento es tratar las aguas servidas, este es el principal beneficio que se espera obtener del proyecto. Sin embargo en la ejecución,

¹ NAFTA, acuerdo firmado con Canadá, (1996).

² Establecida en el DFL MOP N° 382/88 y su Reglamento contenido en el decreto MOP N° 121/91.

puesta en marcha y desarrollo del Plan de Saneamiento conllevó y conllevará una cierta cantidad de beneficios no esperados o externalidades³ positivas del proyecto.

Los beneficios no esperados pero previstos el Plan de Saneamiento fueron i) la reducción en la incidencia de enfermedades enteroparasitarias y ii) la disminución de vectores sanitarios; pero se puede pensar que existe una gran cantidad de otros beneficios que produce un programa de descontaminación de este tipo, que no fueron tomados en cuenta en las justificaciones de este plan, (ver EMOS, 1995).

El problema en el que se centra este trabajo es *identificar cuales son todos los beneficios no esperados (o externalidades positivas) del Plan de Saneamiento*, más allá de los reconocidos por éste, que son exclusivamente asociados a la salud.

A la falta de identificación de beneficios en el Plan de Saneamiento se suma el hecho de que estos beneficios no están incluidos "en el mercado" debido a que no se cobra por ellos.

La empresa Aguas Andinas cobra por el tratamiento de aguas servidas, lo que incluye el costo el tratamiento de las aguas servidas y la recuperación de la inversión. Esta tarifa es fijada por la Superintendencia de Servicios Sanitarios. El resto de los beneficios, producidos por el tratamiento de las aguas servidas que se descargan a los cauces, no entran al mercado, por lo que tampoco tienen precio.

Así, este estudio buscará identificar los beneficios del Plan de Saneamiento, y encontrar los métodos de valoración más adecuados para cada uno de estos beneficios, para una futura evaluación económica. Es importante aclarar que este estudio no pretende llevar a cabo tal evaluación económica, sino solamente recomendar los métodos de valoración más apropiados para los beneficios identificados.

³ Se entiende por externalidad a la "actividad que afecta a otros para mejor o para peor, sin que éstos paguen por ella o sean compensados. Existen externalidades cuando los costos o los beneficios privados no son iguales a los costos o los beneficios sociales.", (Samuelson y Nordhaus, 1999).

1.2 Objetivos

Debido a que este trabajo apunta a identificar de los beneficios que produciría el Plan de Saneamiento, su descripción se desarrollará entendida dentro de un modelo del Sistema Ambiental en el cual se inserta el Plan de Saneamiento desarrollado por Aguas Andinas, para posteriormente establecer los métodos de valoración más adecuados para cada uno de estos beneficios, a través de un contexto conceptual dado por los componentes del Valor Económico Total (VET), para establecer una aproximación al valor que éstos tienen.

Generales:

- (1) identificar los beneficios que presenta el Plan de Saneamiento desde una perspectiva de Sistema Ambiental; y
- (2) seleccionar los métodos de valoración más apropiados para cada uno de los beneficios identificados.

Específicos:

- (a) modelar el sistema ambiental e identificar sus componentes y flujos principales;
- (b) investigar, determinar y describir los beneficios del Plan de Saneamiento, en la perspectiva dada por el sistema ambiental;
- (c) aplicar el concepto y la clasificación del VET a los beneficios del Plan de Saneamiento; y
- (d) seleccionar los métodos de valoración más apropiados, para la futura evaluación económica de los beneficios del Plan de Saneamiento descritos.

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1 Plan de Saneamiento de Aguas Servidas de la Región Metropolitana

2.1.1 Introducción

2.1.1.1 Aguas Servidas

Las aguas servidas son, en el sentido más amplio, todas las aguas que deben evacuarse de zonas edificadas. Esta categoría comprende todas las aguas servidas provenientes de casas habitaciones, establecimientos comerciales e industriales, incluidas las aguas de refrigeración, aguas pluviales y aguas percoladas (modificado de CONAMA, 2003).

El estado de contaminación de las aguas servidas esta dado por la cultura de la población de una ciudad, sus costumbres de uso del agua y sus hábitos alimenticios, además de las industrias que se encuentren dentro la ciudad, las condiciones físicas de las redes de colectores y otros muchos factores. Debido a lo anterior, el estado de las aguas servidas puede variar durante el día, con las estaciones o simplemente de un sitio a otro dentro de la misma área de servicio (EMOS, 1995).

La red de alcantarillado de Santiago recoge el 97 % de las aguas servidas de casas e industrias, pero, hasta antes del año 2001, en que entró en funcionamiento la Planta El Trebal, sólo el 2 % de esas aguas eran tratadas o depuradas antes de volver a la cuenca.

2.1.1.2 Impactos en la cuenca

Lo anterior ha producido graves impactos sobre la sociedad y los ecosistemas. Entre estos impactos se encuentran la disminución de la calidad de vida de las personas que

habitan cerca de los cauces de la cuenca debido a malos olores, alta incidencia de enfermedades entéricas por consumo de verduras y hortalizas con contaminación patógena, contaminación biológica (bacterias y virus), la extinción local de poblaciones de vertebrados y fauna acuática (peces y aves), y la pérdida de comunidades.

Muchas de las modificaciones que han sido introducidas en los ecosistemas pueden ser irreversibles o muy difíciles de reparar, como por ejemplo pérdida local de especies que son incapaces de recolonizar (desde otros sectores alejados), extinción de especies endémicas, y en algunos casos, pérdida de los ecosistemas que existieron previamente a la contaminación.

Las aguas de la cuenca hasta hace poco tiempo se encontraban contaminadas. El río Mapocho era el más impactado, ya que a lo largo de su cauce llevaba prácticamente sólo aguas servidas. En la actualidad, en cambio, se están tratando el 75 % de las aguas que en él son descargadas. Mientras que el río Maipo, por otro lado, lleva una fracción muy pequeña de aguas servidas, por lo que, aguas arriba de la confluencia con el río Mapocho, está prácticamente libre de contaminación por descargas de aguas servidas.

2.1.1.3 Plan de Saneamiento

La Región Metropolitana posee en la actualidad una población de 6 millones habitantes aproximadamente, y aunque cuenta con una casi completa cobertura de agua potable y alcantarillado, hasta antes de la puesta en marcha del Plan de Saneamiento de Aguas Servidas de la Región Metropolitana, éstas últimas se descargaban a los cauces de la cuenca Maipo-Mapocho sólo con el tratamiento de la planta Santiago-Poniente puesta en operaciones en 1993 que descontaminaba el 2% de las aguas del Gran Santiago. Esta contaminación produjo y produce importantes efectos negativos sobre el medio ambiente y, en particular sobre la salud pública.

El Plan de Saneamiento, como su nombre lo indica, consiste no sólo en la construcción de algunas plantas de tratamiento de aguas servidas, sino que en el desarrollo y realización de un programa que involucra el saneamiento completo de las aguas de la cuenca, desde el punto de vista de la materia orgánica en ella contenida y la carga bacteriana. De esta manera, el Plan de Saneamiento de la Región Metropolitana pretende tratar las aguas servidas, ya sean éstas domiciliarias o industriales asimilables a domiciliarias, que son ingresadas en los cursos de la cuenca, saneándolas previamente a su descarga en los cauces.

Según lo anterior, el Plan de Saneamiento cambiará una de las características, la calidad, de uno de los principales elementos que componen la cuenca, el agua; permitiendo que a través de un comportamiento complejo de la cuenca como sistema, muchos otros componentes, —que aunque no serán impactados en forma directa por el Plan de Saneamiento— puedan recuperarse en forma indirecta. Entre estos componentes se encuentran la vegetación; las poblaciones de especies de fauna que podrán recolonizar el río; el suelo y los ecosistemas particulares, entre otros.

La puesta en marcha del Plan de Saneamiento de Aguas Servidas de la Región Metropolitana contempla una serie de etapas al final de las cuales la cuenca Maipo-Mapocho contará con 16 plantas de tratamiento distribuidas por toda la Región Metropolitana. Este plan puede ser dividido en dos partes: (1) El Plan de Saneamiento del Gran Santiago, que involucra tres plantas de gran envergadura que tratarán entre 4,4 y 8,8 m³/seg y descontaminarán el 100 % de las aguas servidas del Gran Santiago, estas son: El Trenal, que recoge las aguas provenientes de la zona sur del Gran Santiago, en funcionamiento desde 2001; La Farfana, que trata las aguas provenientes de la zona central de la ciudad, en funcionamiento a partir del 2003; y Los Nogales, que recogerá las aguas servidas de toda la zona norte de la capital, que estará en plena actividad entre el 2008 y el 2009. Es importante hacer notar que el Plan de Saneamiento involucra la recolección de las aguas servidas domiciliarias y aguas servidas industriales asimilables a domiciliarias, las que ingresarán a los interceptores correspondientes a cada planta

(interceptor Mapocho para la planta Los Nogales, Zanjón de la Aguada para La Farfana e interceptores Maipo, Maipo-San Bernardo y Maipú, para la planta El Trebal). Luego de su tratamiento, las aguas serán descargadas al río Mapocho. (2) El Plan de Saneamiento de Localidades que involucra a trece plantas de tratamiento de tamaño mediano y pequeño, tratando entre 5 y 400 lt/seg aproximadamente, que descontaminarán 23 localidades rurales de la Región Metropolitana.

En la Cumbre de Río (junio de 1992) fue aprobada la Declaración de Río, los Convenios sobre Biodiversidad, Cambio Climático, la Agenda 21, entre otros. En la Declaración de Río fueron instaurados una serie de principios y los países adquirieron compromisos ambientales. El gobierno de Chile se comprometió a instaurar una Agenda Ambiental, y a raíz de esto –junto a la necesidad de cumplimiento de acuerdos ambientales dentro de los tratados de libre comercio– en Septiembre de 1992, fue enviado al Senado el proyecto de Ley General de Bases del Medio Ambiente. Este proyecto de ley se fundamenta en una serie de principios rectores, entre los que destaca el principio ‘el que contamina paga’, que expresa que todos los costos por descontaminar deben ser asignados a los propios causantes de la contaminación (CONAMA , 1997).

En este contexto, el Plan de Saneamiento de la Región Metropolitana en la cuenca Maipo-Mapocho aplica este principio e intenta, mediante una gran inversión, devolver las aguas a la cuenca con una Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y un promedio de coliformes fecales que permitan cumplir con la Norma Chilena 1.333 de 1978 y el Decreto Supremo 90 del año 2000, esto es, descargar las aguas a la cuenca en un alto grado de limpieza respecto a la cantidad de materia orgánica y a coliformes fecales, un estado muy diferente al que se encontraban previo a su saneamiento.

El Plan de Saneamiento se ha planteado como uno de los más importantes proyectos de descontaminación en la Región Metropolitana, y es visto como un logro por parte de las autoridades ambientales; sumado a lo anterior el proyecto es de una gran envergadura en

términos económicos, y por su magnitud y características, es inédito, inclusive a nivel de América Latina.

2.1.2 Descripción de la situación previa en las aguas de la cuenca Maipo-Mapocho

En sistema de alcantarillado de Santiago, hasta al año 2001, se descargaban 13,8 m³/seg de aguas servidas en 40 puntos a lo largo de los ríos Maipo, Mapocho y Zanjón de la Aguada.

El Zanjón de la Aguada es el curso más contaminado de Santiago en términos de coliformes fecales por ml, además presenta un muy bajo oxígeno disuelto y alta DBO. La mayor contaminación del Mapocho se concentra en el puente Pudahuel y en la zona de Rinconada en la comuna de Maipú (EMOS, 1995).

El Maipo hasta antes de la descarga del río Mapocho presenta aguas que, según la norma de calidad de agua vigente, están casi sin contaminación. Luego de la descarga del río Mapocho, el río Maipo presenta un no tan alto nivel de contaminación de sus aguas, debido, principalmente a la dilución.

Se ha podido establecer que para el Gran Santiago, como promedio, la materia orgánica medida como DBO, es de 250 mg DBO₅/lt, y que los sólidos suspendidos se han estimado en 300 mg/lt; además, en el caso del contenido de microorganismos patógenos, el valor de $5 \cdot 10^7$ NMP/100 ml de coliformes fecales, es el más representativo para las aguas servidas de Santiago (EMOS, 1995).

2.1.3 Justificación del Plan de Saneamiento

La justificación de este programa está basada en cinco aspectos centrales: (1) el jurídico, ya que a partir de la dictación de la Ley 19.300 de Bases Generales del Medio Ambiente de 1994, y del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental DS 95/01

MINSEGPRES, comenzó una cascada de legislación relacionada a la protección del medio ambiente. Entre ésta se encuentran el Decreto Supremo N° 609 de 1998 (que regula las descargas de residuos industriales líquidos a alcantarillado) y el Decreto Supremo N° 90 del 2001 (que regula los contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales). A raíz de lo anterior, se hace urgente la necesidad del cumplimiento de la ley N° 3.133 de 1916, de Neutralización de los Residuos Provenientes de Establecimientos Industriales, que en general no se cumplía en nuestro país y del Decreto con Fuerza de Ley N° 382 de 1988 Ley General de Servicios Sanitarios y su Reglamento de 1991 que establece que las concesiones sanitarias deben presentar planes de desarrollo de tratamiento de las aguas servidas.

Lo anterior se hace especialmente perentorio debido a que a partir de la firma de convenios y tratados internacionales, especialmente los de libre comercio con ítems ambientales, se vuelve requisito indispensable el cumplimiento de nuestra propia legislación, la que impide vaciar o descargar aguas servidas domésticas y de todo tipo en cursos o masas de agua, sino bajo ciertos requisitos y condiciones.

(2) El aspecto político, que se relaciona con el desarrollo de una política ambiental y planes de modernización, en particular del Gran Santiago, por parte del gobierno chileno a partir de la Cumbre de Río, lo que estableció las condiciones para avanzar en el Plan de Saneamiento de la Región Metropolitana. Es importante señalar que el Plan de Saneamiento de la Región Metropolitana de Aguas Andinas descontaminará las aguas servidas domiciliarias e industriales asimilables a domiciliarias previo a la descarga de éstas a los cauces de la cuenca, mientras que existe un porcentaje de aguas servidas que no tienen ese origen, siendo éstas principalmente los RILES no asimilables a aguas servidas domiciliarias (fuentes puntuales) y los canales de regadío contaminados por los agricultores (fuentes difusas), contaminación que le corresponde a las autoridades gestionar su saneamiento y / o su prevención. Esto es especialmente importante respecto de ciertos beneficios del Plan de Saneamiento que necesitan del saneamiento global de la cuenca para su accionar.

(3) El aspecto económico tiene relación con los muchos beneficios económicos y productivos que presenta el tratamiento de las aguas servidas, tanto nacional como internacionalmente. Entre ellos destacan aumento de la disponibilidad de recursos hídricos que pueden ser reutilizados, posibilidad de mejora en la producción agrícola por cambio en los tipos de cultivo a otros más productivos, recuperación de sitios de recreo y turismo, disminución de gastos en salud pública, entre otros.

(4) El aspecto sanitario, que está relacionado a la mejora de los niveles de calidad de la salud pública, al eliminarse vectores ó factores de riesgo asociados a la contaminación biológica por consumo o manipulación de hortalizas y verduras con alto contenido de coliformes fecales, que causan numerosas enfermedades entéricas.

Y por último, (5) el aspecto medioambiental, que tiene relación con la posibilidad de recuperación de la vida acuática y de la vegetación ripariana, restauración de ecosistemas que existieron previamente a la contaminación, protección de las zonas costeras y control de la contaminación marina proveniente de fuentes terrestres, entre otros.

2.1.4 Objetivos del Plan de Saneamiento

Los objetivos últimos del Plan de Saneamiento de Aguas Servidas de la Región Metropolitana es eliminar la contaminación originada por las descargas en la cuenca Maipo-Mapocho, a través del tratamiento de las aguas servidas domiciliarias e industriales asimilables a domiciliarias en forma previa a su descarga, lo anterior de acuerdo a la normativa vigente en el país, esto es, el cumplimiento de la Norma Chilena 1.333 de 1978 "*Requisitos de Calidad del Agua para Uso en Riego*", y con el Decreto Supremo N° 90 del 2000, "*Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales*".

2.1.5 Descripción del Plan de Saneamiento

El Plan de Saneamiento tratará las aguas servidas domiciliarias y los residuos líquidos industriales asimilables a aguas servidas domiciliarias que ingresen a los interceptores que conducirán estas aguas a las plantas de tratamiento.

El Plan de Saneamiento de Aguas Servidas de la Región Metropolitana puede ser dividido en dos partes, el Plan de Saneamiento de Aguas Servidas del Gran Santiago, y el Plan de Saneamiento de Aguas Servidas de Localidades, (Figura 2.1.1):

(A) Plan de Saneamiento de Aguas Servidas del Gran Santiago

El Plan de Saneamiento de Aguas Servidas involucra la recolección de las aguas servidas domiciliarias y aguas servidas industriales asimilables a domiciliarias, las que ingresarán en los interceptores correspondientes a cada planta (Figura 2.1.2). Luego de su tratamiento, las aguas serán devueltas al río Mapocho.

Las plantas de tratamiento para el Gran Santiago son:

- (a) El Trebal, que entró en operaciones en el 2001, y sana el 25 % de las aguas servidas de la ciudad; con un caudal promedio de $3,4 \text{ m}^3/\text{seg}$, y uno máximo de $7,5 \text{ m}^3/\text{seg}$, (para esta fase de construcción); con una capacidad de tratamiento de $105 \text{ t DBO}_5/\text{día}$, y una producción de lodos de aproximadamente 100 t/día a 65 % sequedad. Las aguas servidas llegan a través de los interceptores Maipo, Maipo-San Bernardo y Maipú.
- (b) La Farfana, la más grande, que sana el 50 % de las aguas servidas de la ciudad, con un caudal promedio de $8,8 \text{ m}^3/\text{seg}$, y uno máximo de $15 \text{ m}^3/\text{seg}$; con una capacidad de tratamiento de $220 \text{ t DBO}_5/\text{día}$, y una producción de lodos de aproximadamente 220 t/día a 65 % sequedad. Las aguas servidas llegan a través del interceptor Zanjón de la Aguada.

- (c) Los Nogales, que comenzará a operar a inicios del 2009 y que saneará el 25 % de las aguas servidas de la ciudad, con un caudal promedio estimado de 6,0 m³/seg; con una capacidad de tratamiento aproximada de 110 t DBO₅/día, y una producción de lodos de aproximadamente 110 t/día a 65 % sequedad. Las aguas servidas llegarán a través del interceptor Mapocho.

(B) Plan de Saneamiento de Aguas Servidas de Localidades

Las trece plantas de tratamiento de localidades presentan diferentes tamaños (caudales promedios y máximos, capacidades de tratamiento de DBO₅, y producción de lodos), entre las más pequeñas esta Til-Til, la que tiene un caudal promedio de 5,0 l/seg, aproximadamente. La planta Talagante es la más grande con un caudal promedio de 400,8 l/seg, y uno máximo de 720 l/seg; con una capacidad de tratamiento de 11,4 t DBO₅/día, y una producción de lodos de 12 t/día aproximadamente, a 65 % sequedad.

Las 23 localidades que serán cubiertas con el Plan de Saneamiento de Aguas Servidas de la Región Metropolitana están agrupadas en las trece plantas, según se muestra a continuación:

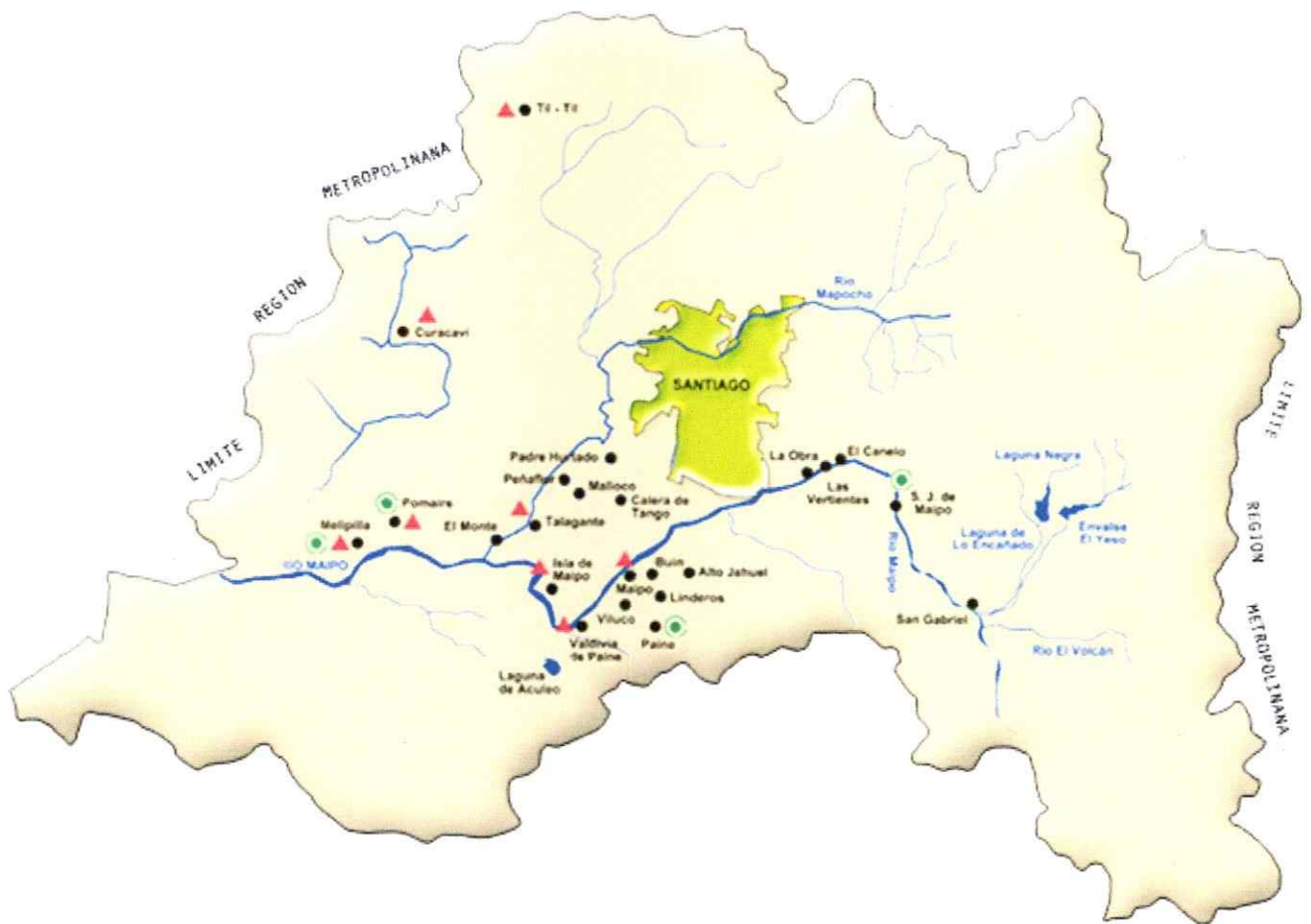
- (a) Paine, que incluye las localidades de Paine, Linderos, Alto Jahuel y Buin oriente.
- (b) Pomaire, que incluye la localidad de Pomaire. Esta planta existía previamente a la puesta en marcha del Plan de Saneamiento de Aguas Servidas, por lo que en este contexto sólo fue mejorada.²
- (c) San José de Maipo, que incluye la localidad de San José de Maipo.
- (d) Melipilla-Cexas y Melipilla-Esmeralda, que sanean la localidad de Melipilla. Estas plantas existían previamente a la puesta en marcha del

Plan de Saneamiento de Aguas Servidas, por lo que en este contexto sólo fueron mejoradas.⁴

- (e) Valdivia de Paine, que sanea la localidad de Valdivia de Paine.
- (f) Til-Til, que sanea la localidad de Til-Til.
- (g) El Monte, que incluye las localidades de El Monte, El Paico, Lo Chacón.
- (h) Talagante, que incluye las localidades de Talagante, Peñaflores, Malloco, Calera de Tango y Padre Hurtado.
- (i) Curacaví, que sanea la localidad de Curacaví.
- (j) Buin-Maipo, que incluye las localidades de Buin poniente y Maipo.
- (k) El Canelo, que incluye las localidades de El Canelo, Las Vertientes y La Obra.
- (l) Isla de Maipo, que incluye la localidad de Isla de Maipo.



⁴ Por esta razón aparecen como "(mejoramiento)" en la Figura 2.1.1.



23 Localidades - 13 Plantas

Plantas:

- San José de Maipo
- Paine – Linderos – Altos de Jahuel – Buin Oriente
- El Monte – El Paico – Lo Chacón
- Talagante – Peñaflores – Malloco – Calera de Tango – Padre Hurtado
- Til Til – Valdivia de Paine
- Pomaire (mejoramiento)
- Cexas – Melipilla (mejoramiento)
- Esmeralda – Melipilla (mejoramiento)
- Curacaví
- Buin – Maipo
- Isla de Maipo
- El Canelo – Las Vertientes – La Obra

- Localidades
- Plantas Existentes
- ▲ Plantas Futuras

Figura 2.1.1.

Mapa de la Región Metropolitana en la cual se inserta el Plan de Saneamiento de Aguas Servidas del Gran Santiago y el Plan de Saneamiento de Aguas Servidas de Localidades. (Mejoramiento) hace referencia a que estas plantas existían previamente y sólo fueron adecuadas y mejoradas en el marco del Plan de saneamiento de Aguas Servidas.

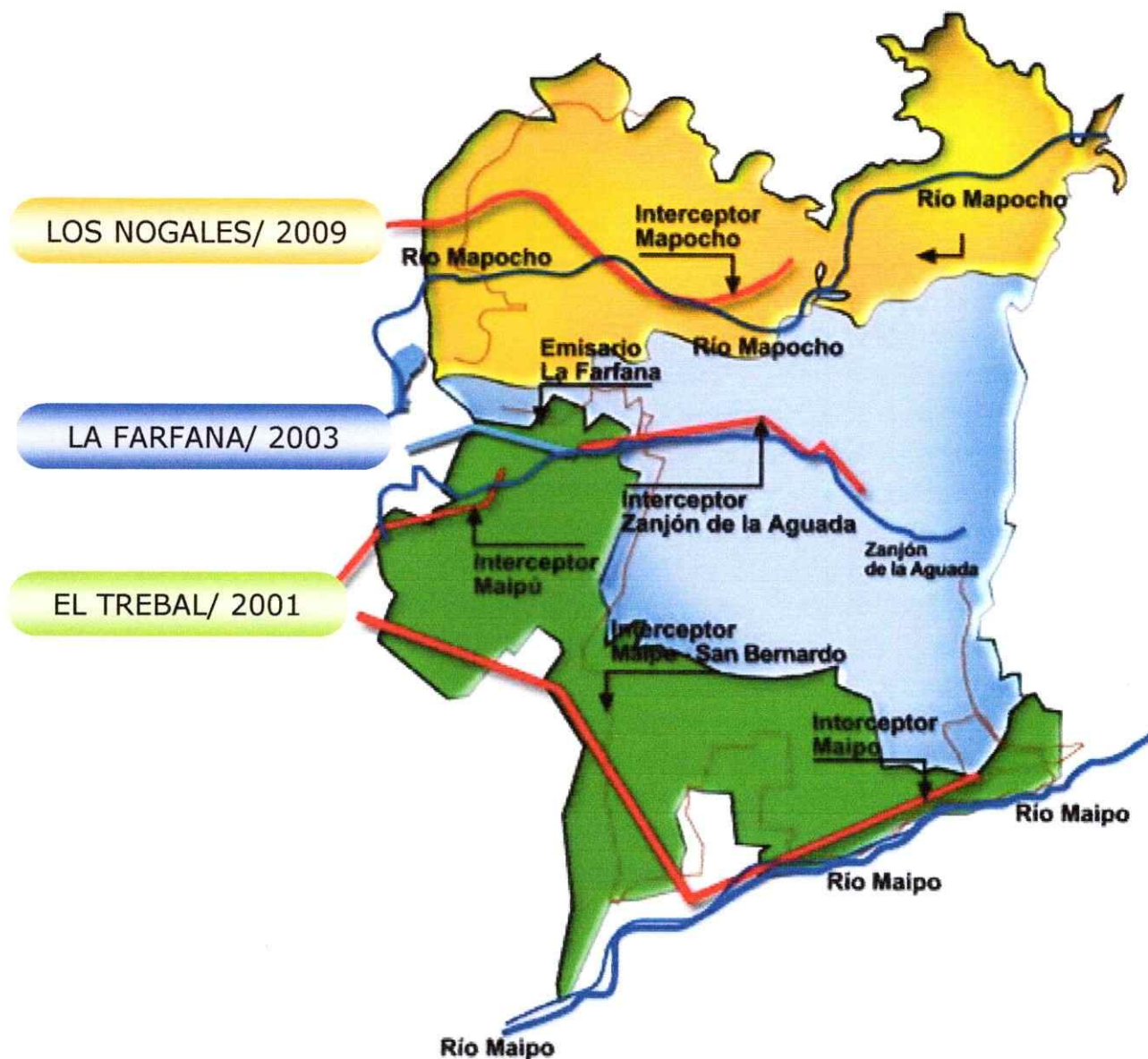


Figura 2.1.2.
 Esquema del Gran Santiago en que se muestran los 3 sectores correspondientes a cada una de las plantas de tratamiento del Plan de Saneamiento de Aguas Servidas del Gran Santiago, en amarillo la zona que será saneada por la planta de tratamiento Los Nogales, en azul, la zona que es saneada por la planta de tratamiento La Farfana, y en verde la zona que es saneada por la planta de tratamiento El Trebal. Las líneas rojas representan los interceptores de aguas servidas para cada planta de tratamiento. Además se observa el año de puesta en marcha de cada planta al lado del nombre de ésta.

2.1.6 Etapas del Plan de Saneamiento

(A) Diseño y construcción de grandes colectores interceptores de aguas servidas

En esta etapa se separan las aguas servidas de las aguas no contaminadas que escurren por los canales naturales y canales de riego y conducir las aguas servidas hacia las plantas de tratamiento.

(B) Planificación y Construcción de las Grandes Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas

La construcción de las “grandes plantas” se realiza en 3 etapas, entre otros factores por el impacto tarifario que provocará la implementación del programa de tratamiento. Estas etapas son:

Etapa I: inicio de operaciones de Planta de Tratamiento de Aguas Servidas El Trebal, (entrada en funcionamiento: Enero del 2001).

Etapa II: inicio de operaciones de Planta de Tratamiento de Aguas Servidas La Farfana, (entrada en funcionamiento: Octubre del 2003).

Etapa III: inicio de operaciones de Planta de Tratamiento de Aguas Servidas Los Nogales, (entrada en funcionamiento: 2009).

(C) Planificación y Construcción de las Plantas de Tratamiento de Localidades

La construcción de las plantas de tratamiento de localidades se decidió realizar en 5 etapas, entre los factores de ellas, el más importante es el impacto tarifario que provocarán.

Las Etapas son las siguientes:

- 2002: inicio de operaciones de las Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas Paine, *Melipilla-Esmeralda*⁵, *Pomaire*⁶, y San José de Maipo.
- 2003: inicio de operaciones de las Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas *Melipilla-Cexas*⁷, Valdivia de Paine, Til Til, y El Monte.
- 2004: inicio de operaciones de las Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas Talagante, Curacaví, y Maipo.
- 2006: inicio de operaciones de las Planta de Tratamiento de Aguas Servidas El Canelo.
- 2008: inicio de operaciones de las Planta de Tratamiento de Aguas Servidas Isla de Maipo.

2.2 Sistemas Ambientales

Un sistema, según Bertalanffy, (1968) es un complejo de elementos que actúan recíprocamente o, la totalidad de elementos en interacción recíproca. El concepto de sistema representa un paradigma científico y puede ser definido y ahondado de diferentes modos, según lo requieran los objetivos de la investigación, que reflejan distintos aspectos de la noción central (Bertalanffy, 1968).

La tecnología y la sociedad moderna se han vuelto tan complejas que los caminos y medios tradicionales no son ya suficientes, y se imponen actitudes de naturaleza holística, o de sistemas, y generalistas o interdisciplinarias (Bertalanffy, 1968).

⁵ Melipilla-Esmeralda entró en funcionamiento en el año 1989, por lo que no fue construida especialmente dentro del Plan de Saneamiento. Por lo tanto, sólo se le realizarán mejoramientos.

⁶ Pomaire entró en funcionamiento en el año 1991, por lo que no fue construida especialmente dentro del Plan de Saneamiento. Por lo tanto, sólo se le realizarán mejoramientos.

⁷ Melipilla-Cexas entró en funcionamiento en el año 1987, por lo que no fue construida especialmente dentro del Plan de Saneamiento. Por lo tanto, sólo se le realizarán mejoramientos.

Los sistemas ambientales son sistemas abiertos, complejos y cambiantes, con interrelaciones entre sus componentes sociales, políticos económicos, biológicos y físicos, así como en los componentes humanos, reconociendo sus valores y preferencias como parte integral del sistema (Romero, 2002). Los sistemas ambientales en su calidad de sistemas son conceptuales, y están delimitados por una pregunta. Como concepto carecen de dimensiones espaciales y temporales, por lo que se delimitan en base a criterios que están implícitos en la pregunta a abordar (Serey, 2003, comun. pers.).

Al abordar una pregunta medioambiental, es posible enmarcarla como un sistema ambiental, en cuanto a conjunto de elementos que interaccionan entre sí, formando relaciones complejas. Así se pueden distinguir componentes sociales, naturales, económicos-productivos, político-institucionales, entre otros, y los flujos entre estos componentes. Estos flujos pueden ser de materiales, energía, información, y capitales.

El sistema ambiental en que se inserta la cuenca Maipo-Mapocho está claramente separado del exterior por las cordillera de los Andes y por la costa en sus sectores oriente y poniente, y por los cordones montañosos de Chacabuco y de Angostura de Paine, en el norte y sur respectivamente (Romero y col, 2003). Esto hace posible que la *delimitación espacial* del sistema ambiental sea la cuenca hidrográfica Maipo-Mapocho.

Todo el sistema hidrogeográfico, atmosférico, geomorfológico y biogeográfico está influido por los flujos que se desplazan a través de ríos, esteros, quebradas y arroyos, vinculando las cumbres y laderas montañosas con los planos fluviales y de inundación que constituyen las llanuras y piedemontes (Romero y col, 2003). La cuenca del Maipo-Mapocho puede ser vista como un complejo sistema ambiental, esta cuenca esta compuesta por 5 subcuencas y aproximadamente 35 microcuencas, de diverso tamaño y altura.

2.3 Cuenca Hidrográfica

2.3.1 Concepto de Cuenca

Una cuenca hidrográfica es el territorio definido por los límites de la zona de escurrimiento de las aguas superficiales que convergen hacia un mismo cauce. Asimismo, una cuenca, los recursos de ésta, y sus habitantes, poseen determinados condiciones físicas, biológicas, económicas, sociales y culturales, las que les confieren características comunes (MIDEPLAN, 1998).

Según la Conferencia Internacional de Organismos de Cuenca (2002) una cuenca hidrográfica es “la superficie de terreno cuya escorrentía superficial fluye en su totalidad a través de una serie de corrientes, ríos y, eventualmente, lagos hacia el mar por una única desembocadura, estuario o delta”. Todas estas definiciones poseen amplios elementos en común siendo el principal que una cuenca hidrográfica es un territorio o una superficie de terreno, y no tan sólo los cauces, como hace énfasis el Código de Aguas, (1981)⁸.

En la definición de Faustino (2002) también se hace énfasis en el carácter sistémico del concepto de cuenca: la cuenca hidrográfica es un sistema natural en el cual se producen relaciones e interacciones. Está integrada por elementos físicos, biológicos, sociales y económicos, que evolucionan y están en permanente dinámica, en función de las actividades antrópicas y de los fenómenos naturales.

2.3.2 Enfoque de cuenca hidrográfica

El enfoque de cuenca hidrográfica es más apropiado como aproximación para este trabajo que el de la visión de “recurso agua”, porque permite tener una visión amplia

⁸ La cuenca u hoyo hidrográfica de un caudal de aguas la forman todos los afluentes, subafluentes, quebradas, esteros, lagos y lagunas que afluyen a ella, en forma continua o discontinua, superficial o subterráneamente. (D.F.L. N° 1.122 de 1981, Chile).

respecto de una cuenca, al integrar además del agua, la biodiversidad en forma de especies vegetales, animales y otras, y en forma de ecosistemas; y las condiciones físicas, además del sistema social (incluyendo su parte económica y cultural). Así, es muy diferente, abordar el estudio desde la perspectiva de “recurso agua”, que es una visión más reduccionista (ya que en su actuar sólo hace referencia a este elemento, describiendo profundamente sus características: cantidad y calidad) y que por lo tanto no coincide como enfoque con los objetivos del presente trabajo. De este modo, al aplicar la base conceptual de sistemas ambientales, el enfoque de cuenca permite: (1) mostrar las interacciones de los diferentes componentes y actores de la cuenca a través del sistema ambiental; y (2) definir los límites espaciales del sistema ambiental como la cuenca hidrográfica misma. Este enfoque de cuenca hidrográfica además figura en la política nacional de recursos hídricos de la Dirección General de Aguas (DGA) y en la norma secundaria de calidad de agua.

2.3.3 Descripción General

La visión integral de una cuenca considera cuatro dimensiones espaciales: largo y ancho de la cuenca, que determina la forma; profundidad y altura (vuelo-subsuelo), como eje vertical, y la dimensión temporal, que permite conocer de dinámica de la cuenca, esto se representa en la Figura 2.3.1 (Faustino, 2002).

Los sistemas hidrográficos chilenos nacen mayoritariamente en la alta cordillera (de los Andes) desarrollándose en dirección este-oeste por valles transversales hasta desembocar en el océano pacífico. Esto se traduce en que prácticamente todos los ríos corren por el territorio de Chile formando unidades independientes, con escasas relaciones de interconexión –inclusive con la cuenca vecina–. De estas cuencas vecinas, en la mayoría de los casos, las separan cordones cordilleranos, que suelen relacionar transversalmente la cordillera de los Andes con la de la Costa. Aún más en algunos casos como la cuenca Maipo-Mapocho los cordones cordilleranos cortan la cuenca en más de una vez.

El territorio de una cuenca posibilita la relación entre las personas que la habitan, debido a la dependencia a un sistema hídrico común, a la existencia de un cierto tipo de recursos naturales, clima e infraestructura que se comparten y porque a menudo deben enfrentar problemas semejantes (MIDEPLAN, 1998).

Son muchas las acciones que las personas pueden realizar en una cuenca, entre ellas destacan las productivas, las hidráulicas (o de aprovechamiento de los recursos y de protección contra eventos naturales); las acciones sociales y culturales; y las de manejo y protección del medio ambiente (MIDEPLAN, 1998).

2.3.4 Descripción de la cuenca Maipo-Mapocho

El río Maipo, principal río de la cuenca y que además le da su nombre, es la fuente de agua potable, de agua para agricultura y para industria para toda la ciudad de Santiago y sus alrededores (Región Metropolitana), pero al estar su curso fuera de la ciudad pierde preponderancia para la ciudadanía, haciéndose más relevante el río Mapocho, el que, aunque sólo es una pequeña fuente de agua potable para la parte alta de la ciudad, hasta hace poco recibía prácticamente todas las descargas de aguas servidas de la ciudad y algunas de los sectores agrícolas. Por ello, resulta más explicativo denominar a la cuenca "Maipo-Mapocho", respecto del papel que juegan ambos ríos en el funcionamiento de la ciudad y todo el resto de los sectores de la Región Metropolitana que componen la cuenca.

En la cuenca Maipo-Mapocho es posible distinguir claramente 3 zonas: la cuenca alta, desde los más altos surgimientos de agua hasta aproximadamente la desembocadura del Estero Arrayán, la cuenca media, desde allí hasta la desembocadura del Mapocho en el Maipo, y la cuenca baja, desde esta desembocadura hasta la del Maipo en el mar.

La cuenca hidrográfica Maipo-Mapocho ha sido intervenida por acciones antrópicas durante décadas, entre estas acciones se encuentran la descarga a sus ríos de aguas servidas domiciliarias y RILES (Residuos Industriales Líquidos), pérdida de cubierta vegetal, erosión de las laderas de los cerros, impermeabilización del suelo, las modificaciones de los cursos de agua (como la canalización del río mapocho), entre otras muchas.

En Chile, las mayores fuentes de contaminación del agua, tanto dulce como marina, están constituidas actualmente por las aguas servidas no tratadas de origen doméstico y las descargadas de la industria, la minería, y la pesca. Esta situación aumenta en zonas de mayor concentración demográfica, como ocurre con las cuencas de los ríos Aconcagua (V Región) y Maipo-Mapocho (Región Metropolitana).

El sistema hidrológico de la cuenca Maipo-Mapocho esta conformado principalmente por los ríos Maipo y Mapocho, también son parte de este sistema los esteros y cauces afluentes a estos ríos, entre los que se destacan el Zanjón de la Aguada que cruza la ciudad de Santiago, y el canal San Carlos, de construcción humana; además de los aproximadamente 50 canales de regadío, que nacen desde el Maipo y el Mapocho (EMOS, 2001).

La cuenca del río Maipo tiene sus nacientes en la Cordillera de los Andes, se encuentra situada entre los paralelos 33° 00' y 34° 15' S aproximadamente, siendo su área de 15.157 km², por lo que es una de las hoyas más extensas del país, (Figura 2.3.2). Sus principales tributarios son los ríos Volcán, Yeso, Colorado y Mapocho; y los esteros Angostura y Puangue.

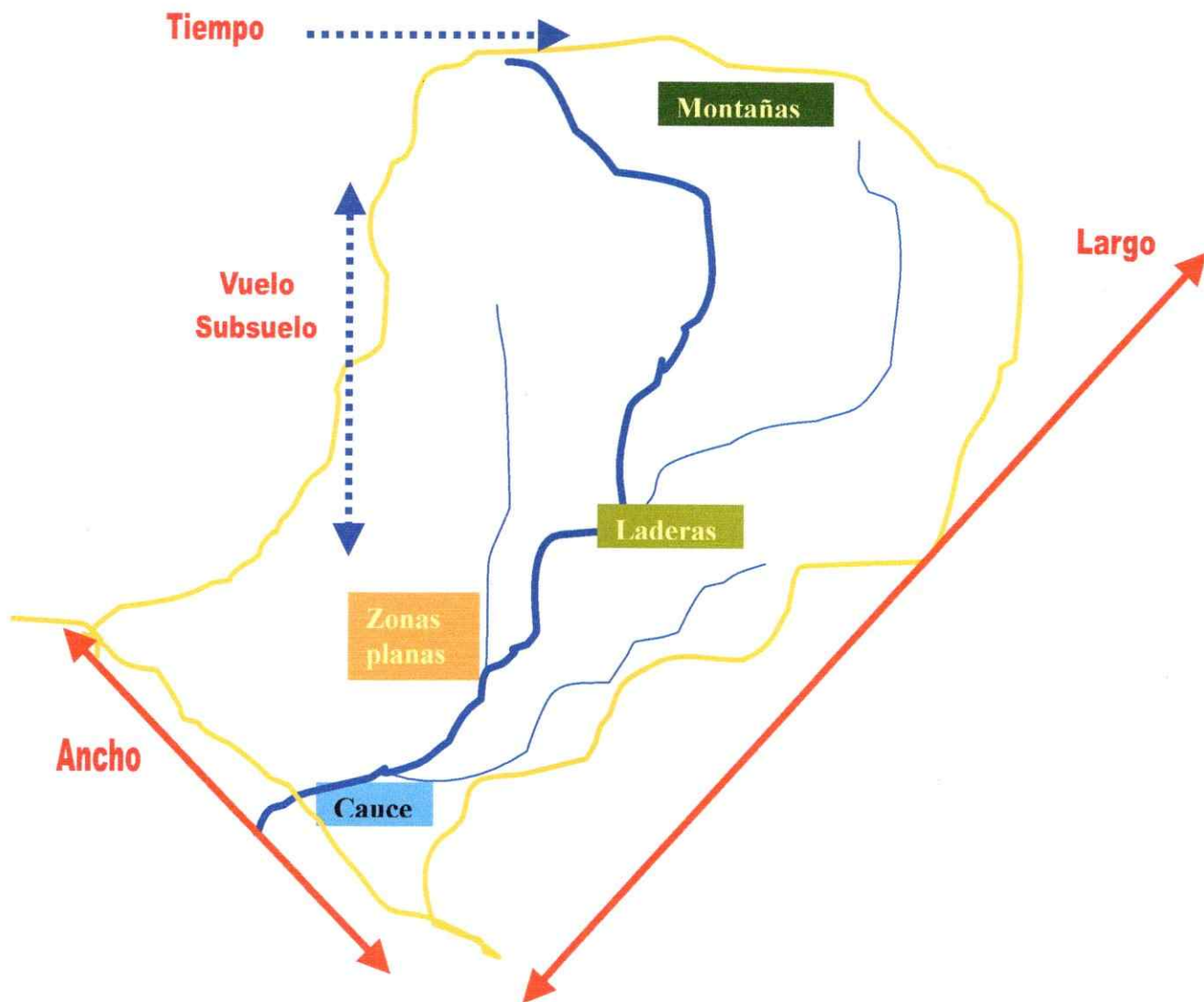


Figura 2.3.1
Dimensiones espaciales de una cuenca hidrográfica (Faustino, 2002).

El drenaje principal de la hoya se efectúa por los ríos Maipo y Mapocho a través de un recorrido de 250 y 119 km. respectivamente. El régimen de escurrimiento es nivoglacial en sus nacientes y a medida que va recibiendo afluentes de subcuencas más bajas, se va modificando por los aportes pluviales. A raíz de lo anterior los caudales de los cauces Maipo y Mapocho varían dependiendo del sector donde se encuentren y de la época del

año. Otro afluente importante en el curso medio es el río Angostura con régimen pluvial y que drena el sector sur de la cuenca (Fuenzalida, 1974).

La altura media de la cuenca es de 1.225 m. s. n. m. Sobre los 1.000, 2.000, 3.000, y 4.000 m. se encuentra el 52, 37, 20 y 7 % de la superficie total de la hoya, respectivamente, (Fuenzalida, 1974).

La cuenca se puede dividir en tres zonas claramente diferentes, desde el punto de vista de los flujos de materiales y energía, y de los usos de los recursos. Estas son cuenca alta, cuenca media y cuenca baja. La cuenca alta, que va desde las más altas cumbres de la cordillera de los Andes (lugar de origen de los cursos de la cuenca), hasta aproximadamente después de la afluencia del Estero Arrayán al cauce del río Mapocho.

En la cuenca media, se inserta la ciudad de Santiago, esta zona se inicia a la altura de la afluencia del Estero Arrayán al cauce del río Mapocho e incluye la descarga del Canal San Carlos al río Mapocho, hasta la afluencia del Mapocho con el río Maipo, por lo que está más o menos delimitada respecto de la cuenca baja, por la Cordillera de la Costa. La cuenca media está formada principalmente por terrenos de aluvión con subsuelo formado en gran parte por materiales fluviales, lo cual permite la existencia de un importante acuífero, por lo que es posible observar el afloramiento de la napa subterránea en el río Mapocho, aproximadamente entre la descarga del Zanjón de la Aguada y la desembocadura de éste al Maipo.

La cuenca baja, que se inicia en la unión del Maipo y el Mapocho y termina en la desembocadura del río Maipo al mar, en el Océano Pacífico, a la altura de Llo-lleo.

De sus 15.157 km², el 33 % corresponde a alta cordillera, el 45 % a terrenos con aptitud forestales, el 15 % a terrenos con aptitud agropecuaria, mientras que el 5 % restante es: 524 km² de áreas urbanas, 206 km² de cauces, y 32 km² de lagos y embalses (Fuenzalida, 1974).

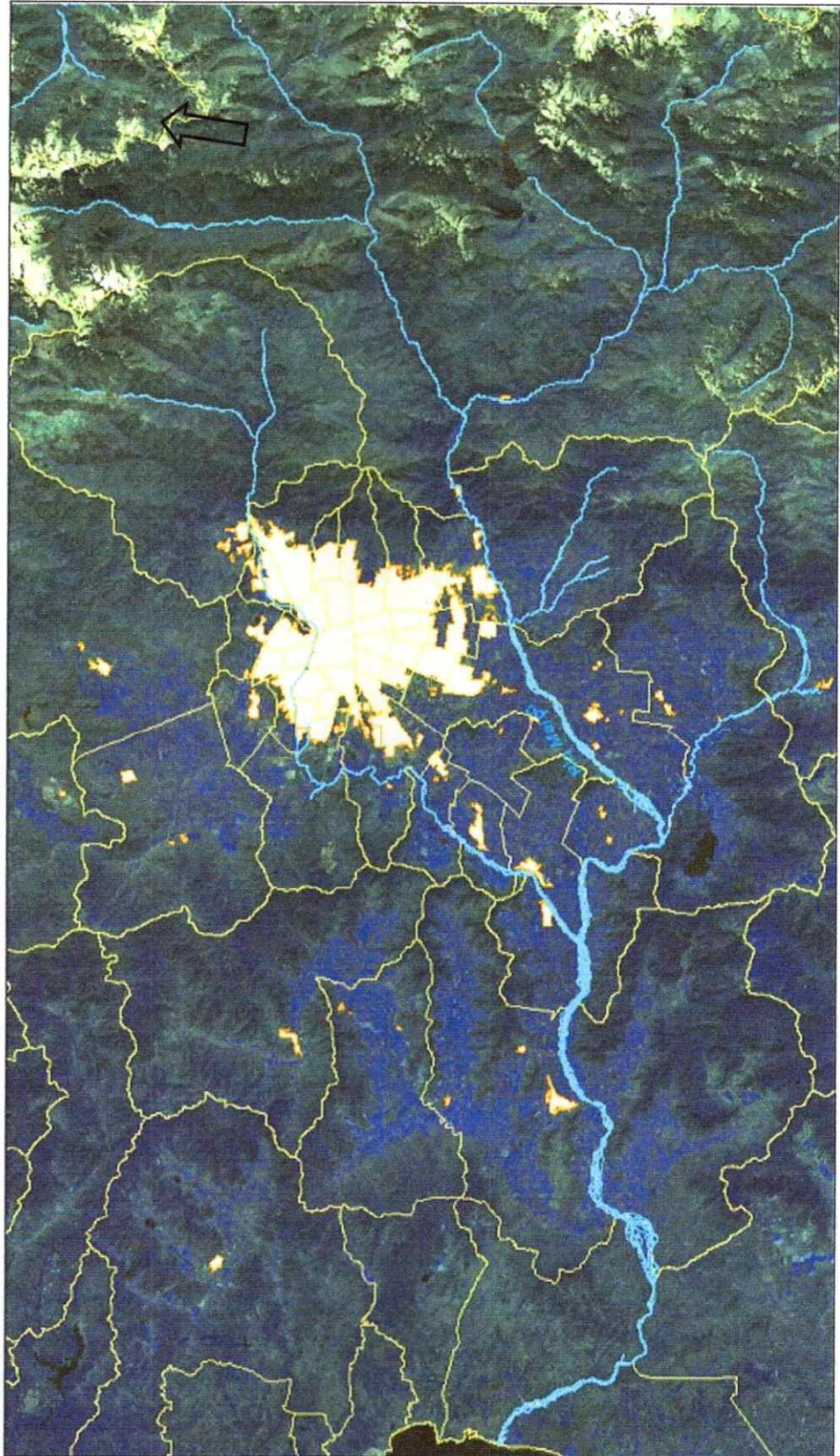
El clima de la cuenca Maipo-Mapocho es tipo mediterráneo con veranos secos. La precipitación media anual en la cuenca es de 663 mm. y en el valle central de 300 mm. En el valle el 86 % de las precipitaciones se producen de mayo a septiembre, en cambio de diciembre a marzo solo precipita el 1,5 % del total anual, a temperatura media es de 13 °C siendo enero el mes más caluroso, con máximas medias de 20 °C y el más frío julio con una mínima media de 2,8 °C.

1) Estructura de la cuenca Maipo-Mapocho

La cuenca Maipo-Mapocho, esta constituida por dos grandes ríos el Maipo y el Mapocho, este último confluye con el Maipo en la cuenca media. El caudal medio anual del río Maipo es de aproximadamente 150 m³/año y el del río Mapocho es de 5,8 m³/año.

Al río Maipo confluyen, en la parte alta de la cuenca, tres ríos de pequeña envergadura, estos son, de sur a norte: el río Volcán, el primer río que confluye con el Maipo, el río Yeso, que en su origen se une al Estero del Plomo; y el río Colorado que es aportado un poco más arriba por el río Olivares. En la cuenca media confluye al Maipo el río Angostura, que es la unión de los Esteros Codegua y Paine; para luego unírsele el Mapocho. Finalmente en la cuenca baja al Maipo confluyen, el Estero Puangue (con cause norte-sur), y al sur del Maipo, confluyen a él, primero el Estero Popeta y luego el Estero Chocalán en sentido de oriente a poniente. Cabe mencionar que aguas abajo del afluente del río Colorado, el Canal San Carlos trasvasija un importante caudal desde el río Maipo al río Mapocho en la primera parte de la cuenca media.

Figura 2.3.2.
Foto aérea en que se observa la cuenca Maipo-Mapocho, con sus cursos de agua como líneas celestes, la ciudad de Santiago en amarillo, y como líneas amarillas los límites comunales, la flecha indica el norte. Proporción 1:1.258.000.



El río Mapocho nace en la parte baja de la cuenca alta, y a él confluyen 3 ríos y una serie de esteros. El río Plomo, nace en la parte baja de la cuenca alta, se le une el Estero Dolores, para convertirse en el río San Francisco, luego confluye a él, el Estero de la Yerba Loca y el río Molina, en este punto adquiere el nombre de río Mapocho, al que confluye el Estero Arrayán. Posteriormente, en la cuenca media, se le une el Canal San Carlos que trasvasija, en este nivel, agua desde el río Maipo al Canal el Carmen, siendo el resto del agua decargada al río Mapocho, para ser entregada al Canal La Punta. Luego de varios canales de regadío de menor tamaño, se le une el Estero Lampa, que es la unión de éste con el estero Colina. Más abajo el Zanjón de la Aguada se une al Mapocho, para al fin este último tributar al Maipo, en el límite de la cuenca media con la cuenca baja.

2) Administración del agua de los cauces de la cuenca Maipo-Mapocho

La mayor parte del agua de los ríos Maipo y Mapocho es drenada por los canales existentes a lo largo de ambos ríos para ser utilizada en regadío. Por lo anterior, y especialmente el río Mapocho en su llegada al Maipo, presenta aguas que tienen un origen distinto del nivoglacial que origina este río en la cuenca alta.

•La primera sección del río Maipo

En esta sección existen 10 canales; en la zona precordillerana, en el río Colorado están los canales Maurino y Larrain; en la ribera derecha están los canales San Carlos, Eyzaguirre, Matriz Asociación Canales de Maipo, Arraigada o Herrera y Lonqué-Isla; por la ribera izquierda captan sus aguas los canales La Sirena o Pirque, Huidobro y Unidos de Buin (Figura 2.3.3) (EMOS, 2001).

•La segunda sección del río Maipo

Los canales que tienen sus tomas directamente en el río Maipo, segunda sección, o en sectores adyacentes, son El Chanco-Las Mercedes, Lo Chacón, Mercedano, Rosario, San Antonio de Naltahua y Naltahua (Figura 2.3.4) (EMOS, 2001).

•La tercera sección del río Maipo

En esta sección, por la ribera derecha captan sus aguas los canales San José, Puangue, Picano, Huechún e Isla Huechún; por la ribera izquierda captan los canales Carmen Alto, Cholqui, Chocalán, Culiprán y Codigua (EMOS, 2001).

•La primera sección del río Mapocho

Existen en la primera sección dos canales desde la ribera izquierda y tres desde la ribera derecha, los primeros son los canales El Bollo y Canal Unidos, los de la ribera derecha son P. Metropolitano, Lo Curro y Conchalí Unificado (bocatoma común canal Vitacura) (Figura 2.3.5) (EMOS, 2001).

•La segunda sección del río Mapocho

En esta sección, el río recibe aportes por la ribera derecha, entre el Canal Casas de Pudahuel y el Canal Las Mercedes, del Estero Lampa y aguas más abajo, entre los canales Las Mercedes y Esperanza Alto, recibe por la ribera izquierda importantes aportes del Zanjón de la Aguada. Entre el Canal San Carlos y el Canal de Pudahuel nace, por la ribera derecha, el Canal La Punta que ocupa recursos del río Maipo (primera sección), los cuales son vaciados al caudal del río Mapocho por el Canal San Carlos, para posteriormente ser extraídos en la zona del Puente Manuel Rodríguez, por lo que este canal no es un 'extractor' del río Mapocho (EMOS, 2001).

•La tercera sección del río Mapocho

A partir del último canal de la segunda sección (Esperanza Alto) existe un tramo de río de aproximadamente 6 km hasta el primer canal de la tercera sección (Bombilla), en el cual se producen importantes recuperaciones que alimentan los canales que comprenden la tercera sección del río. Estos canales son por la ribera derecha el canal Esperanza Bajo y por la ribera izquierda los canales Romero, Castillo, Santa Cruz y Bombilla, (Figura 2.3.6) (EMOS, 2001).

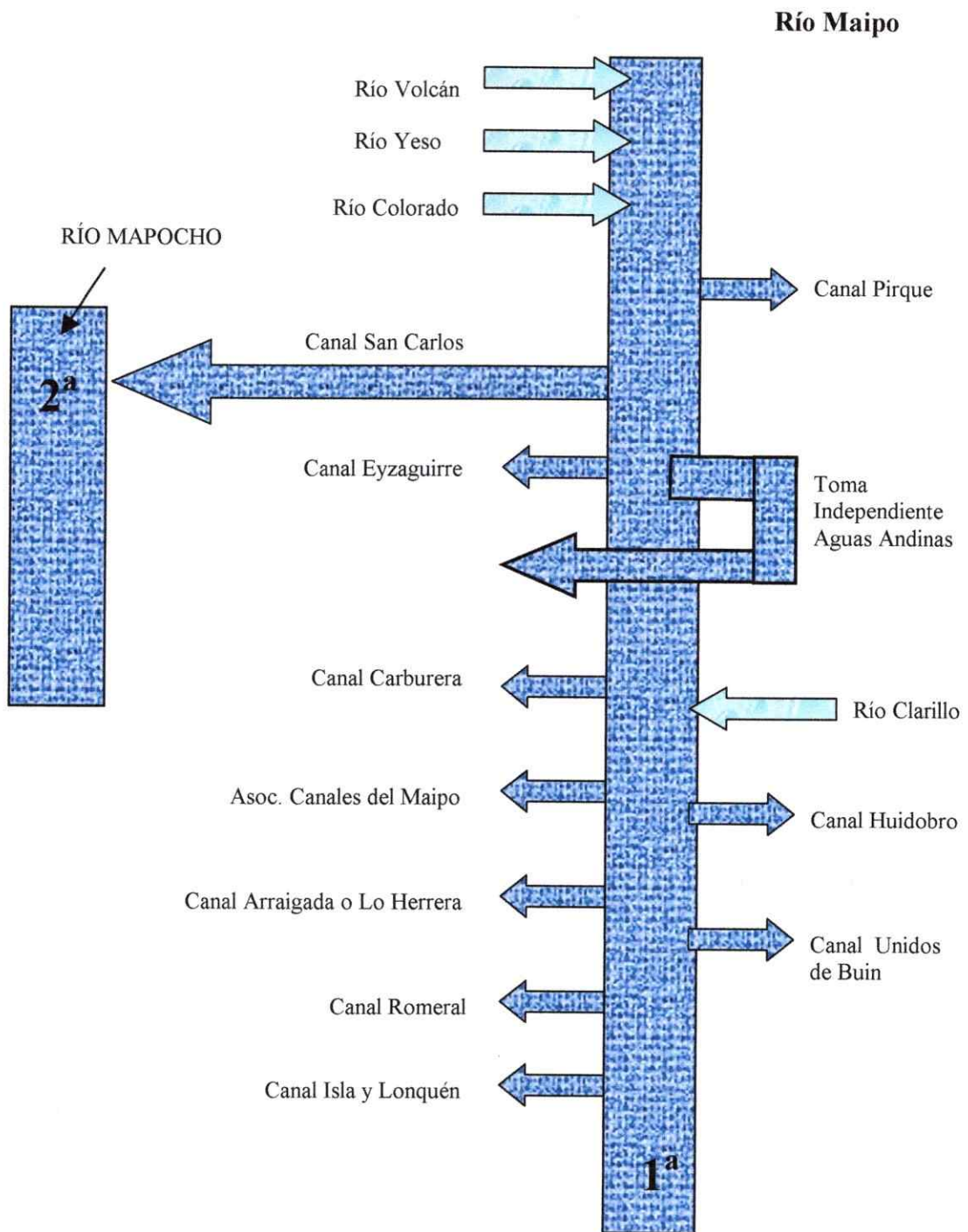


Figura 2.3.3.
Diagrama de la primera sección del río Maipo, que muestra los canales salientes del río, y como el Canal San Carlos trasvasija agua desde río Maipo al río Mapocho (Elaboración propia a partir de documentos de trabajo de Aguas Andinas S.A.).

Río Maipo

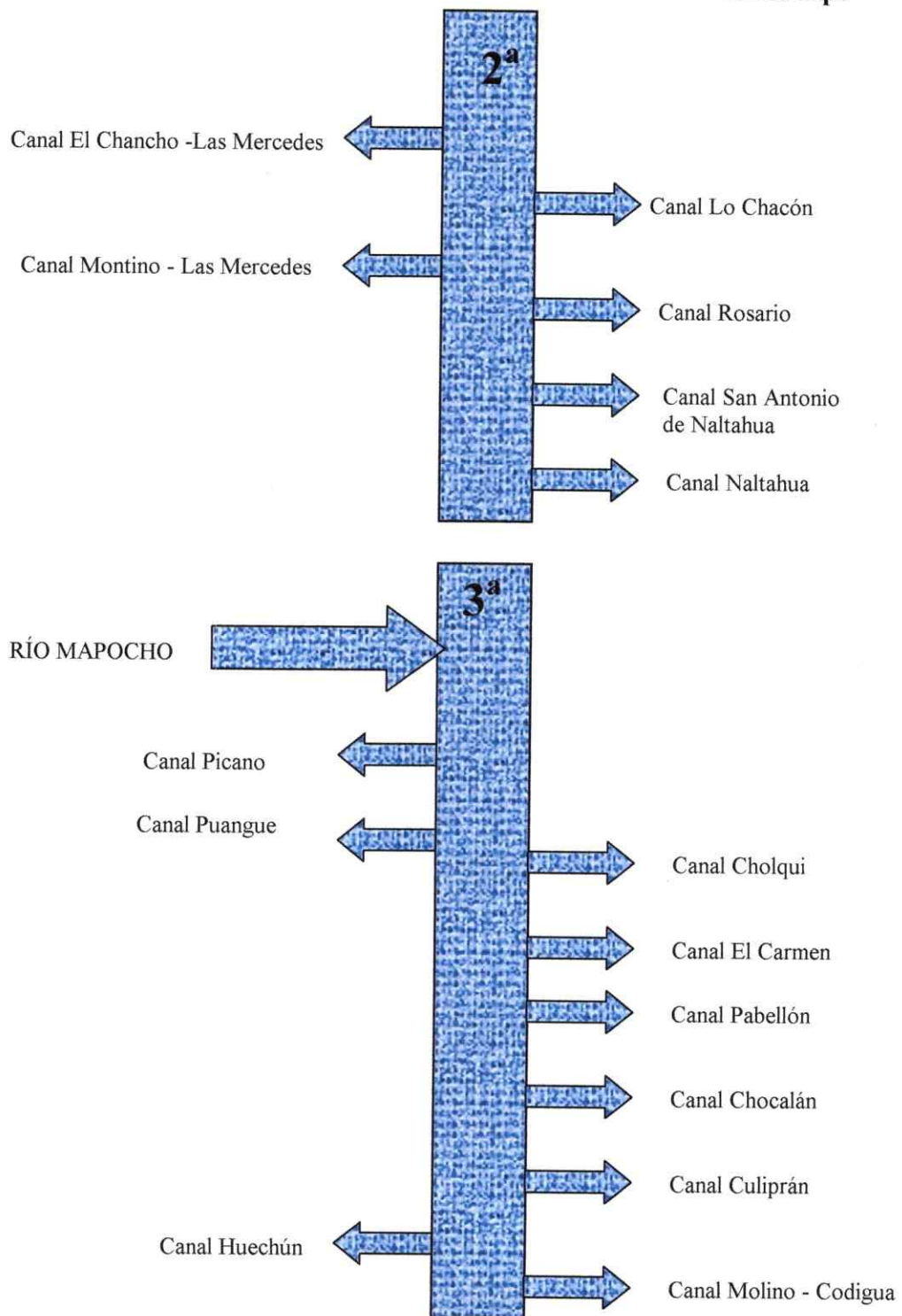


Figura 2.3.4.
Diagrama de la segunda y tercera secciones del río Maipo, que muestra los canales salientes del río.

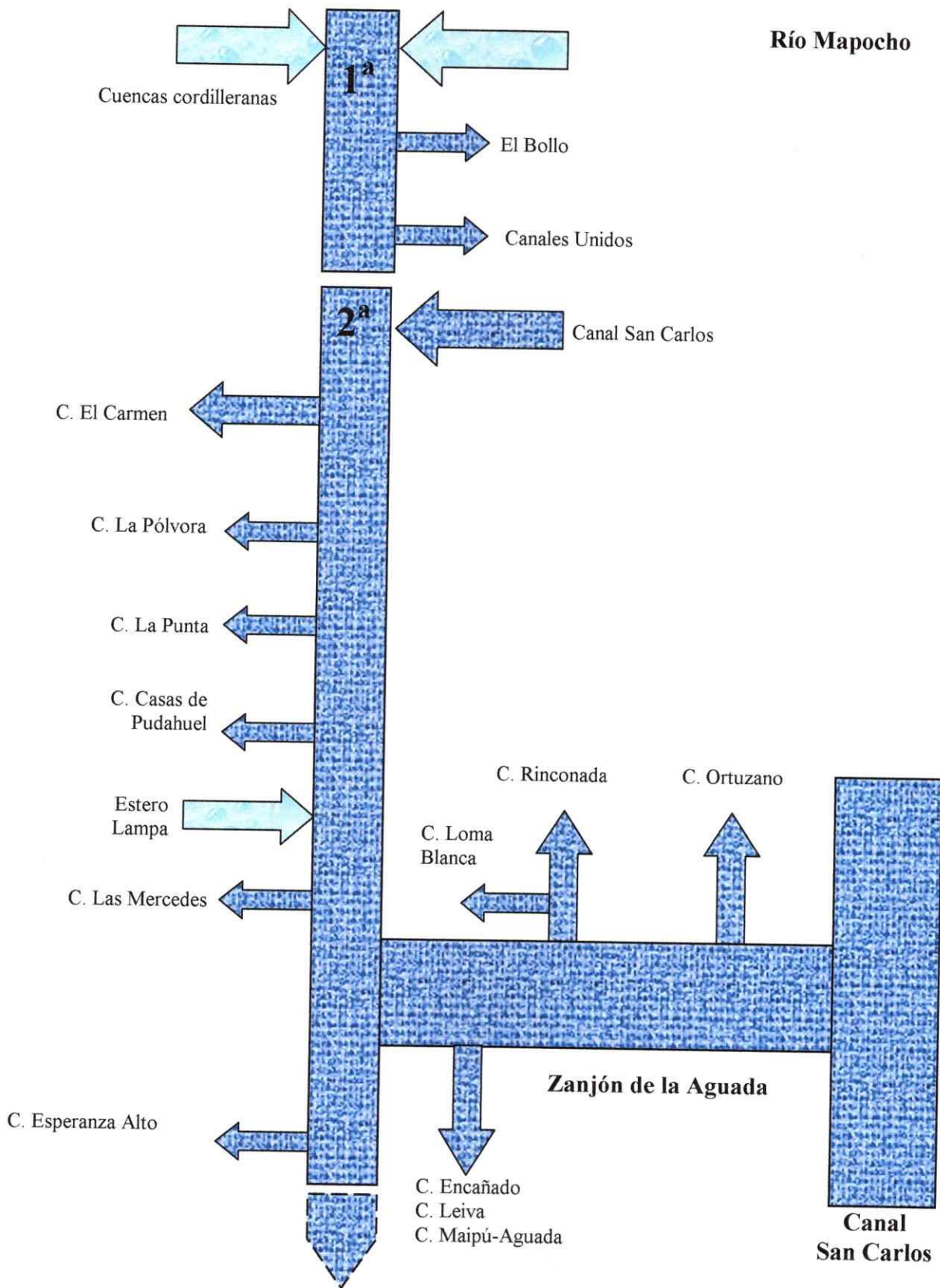


Figura 2.3.5.
Diagrama de la primera y segunda secciones del río Mapocho, que muestra los canales salientes del río, el Zanjón de la Aguada y el Canal San Carlos.

•La cuarta sección del río Mapocho

comprende únicamente el Canal Mallarauco-Pelvín, el cual se encuentra ubicado a unos 8 km de la bocatoma de los canales de la tercera sección, en esta cuarta sección se producen recuperaciones y aportes de algunos esteros tales como el Estero Frío (EMOS, 2001).

•La quinta sección del río Mapocho

En esta sección existen 10 canales. Los canales de la ribera derecha son Asociación Mallarauco, De Los Suarez, Pelvín Bajo, El Paico, San Miguel, Chiñihue-Chacón y San José; mientras que por la ribera izquierda están los canales Lo Aguirre, Santa Mariana y las Manresas, (Figura 2.3.7) (EMOS, 2001).

3) Hidrografía

La cuenca Maipo-Mapocho posee una topografía con fuertes pendientes en trechos cortos, originando caudales torrentosos, por lo que la hidrografía presenta un gran poder erosivo. Además de lo anterior las precipitaciones y deshielos se producen en cortas épocas dentro del año, lo que determina un régimen torrencial, este forma lechos de grandes proporciones en los ríos que generalmente no se condicen con el caudal de esos mismos ríos en las otras épocas del año (EMOS, 1995).

Río Mapocho

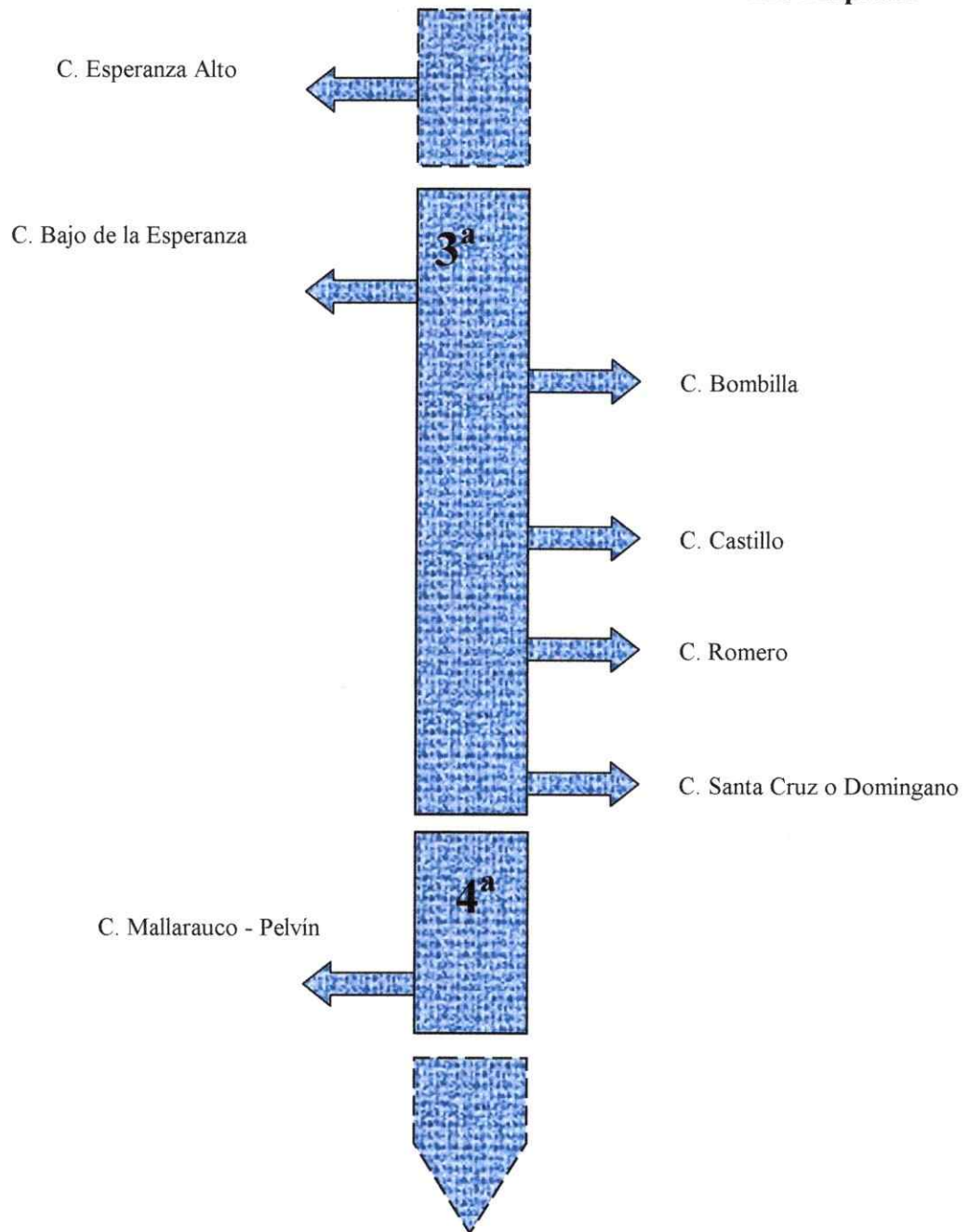


Figura 2.3.6.
Diagrama de la tercera y cuarta secciones del río Mapocho, que muestra los canales salientes del río.

Río Mapocho

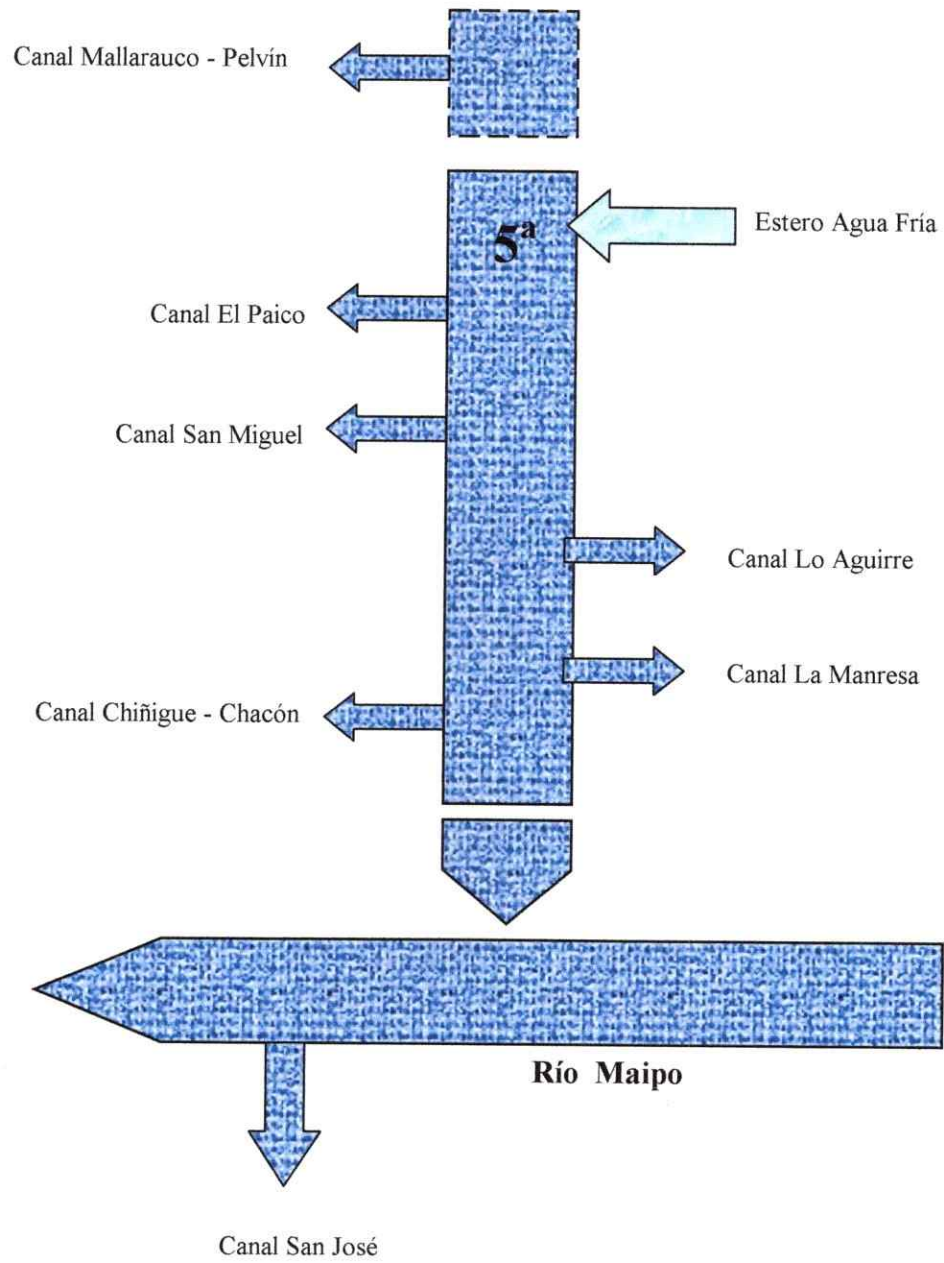


Figura 2.3.7.
Diagrama de la quinta sección del río Mapocho, que muestra los canales salientes del río, y su descarga el río Maipo.

4) Fluviometría

Se pueden distinguir en la cuenca Maipo-Mapocho dos zonas fluviométricas diferentes, una cordillerana y precordillerana de régimen nival y nivopluvial, y otra zona baja de régimen mayoritariamente pluvial. A su vez la zona cordillerana puede subdividirse en dos zonas: una correspondiente al río Maipo propiamente tal y que abarca hasta Maipo justo después de la salida del Canal San Carlos, y otra que corresponde a la cuenca alta del río Mapocho, incluyendo el Estero Arrayán (Comisión Nacional de Riego, Volumen III, 1984).

El régimen natural del río Maipo en su nacimiento se encuentra alterado por el Embalse el Yeso, ya que éste regula el cauce del río Maipo según las condiciones de caudal de este último. En la cuenca media y baja, el régimen natural del río Maipo se encuentra alterado por la influencia del riego, el que se realiza en forma intensa, existiendo a lo largo de su cauce y de sus afluentes numerosas captaciones (canales de regadío en su mayor parte) y generándose muchas recuperaciones (Comisión Nacional de Riego, Volumen III, 1984).

5) Sedimentos

Los mayores aportes de sedimentos de la cuenca provienen de la Cordillera de los Andes a través de los cursos de aguas principales Maipo y Mapocho, ríos que han sufrido variaciones históricas en sus cursos a causa de su fuerte sedimentación, de modo que gran parte de la cuenca ha sido rellenada por materiales fluviales, aún cuando se ha constatado la existencia de sedimentos glaciofluviales, corrientes de barro, eólicos, lacustres y volcánicos.

Los ríos que fluyen por la cuenca: Maipo, Mapocho, Lampa, Angostura, han dado forma a abanicos aluviales de los cuales destaca por su considerable extensión el abanico del Maipo el cual constituye más del 50 % del relleno. De dimensiones más pequeñas el

abanico del río Mapocho se desarrolla hacia el extremo septentrional de la cuenca. Los abanicos de los ríos Lampa, Colina, y Angostura son de dimensiones visiblemente menores (Comisión Nacional de Riego, Volumen IV, 1984).

6) Geología y Geomorfología

La red fluvial del río Mapocho habría comenzado a excavarse a partir de 25 millones de años atrás, pero los rasgos morfológicos principales de la cuenca Maipo-Mapocho se remontan a dos millones de años atrás aproximadamente.

La existencia de grandes depositaciones de sedimentos del valle, se debió principalmente a la actividad tectónica y a lo menos cuatro eventos glaciares, que permitieron la acumulación de detritos en el sector cordillerano. En la cuenca hay rocas volcánicas, sedimentarias y otras.

El sector de la cordillera de los Andes esta formado principalmente por rocas del mesozoico, volcánicas estratificadas y sedimentarias, marinas y continentales, y en parte por rocas del cenozoico plegadas y falladas, en sistemas de rumbo preferencial Norte-Sur. La litografía y disposición estructural de las formaciones andinas que integran las hoyas hidrográficas superiores de los ríos Colina, Maipo, Mapocho, y Angostura, permite que sólo a través de fracturas o interestratificaciones muy locales se produzca una escasa filtración hasta poca profundidad. De esta forma las aguas que escurren por estos valles se incorporan esencialmente como aguas superficiales al sector de la cuenca media (Comisión Nacional de Riego, Volumen IV, 1984).

7) Acuífero

El acuífero de la cuenca Maipo-Mapocho conforma uno de los principales embalses subterráneos del país, esto tanto por su extensión y volumen almacenado como por su situación geográfica, ya que se localiza bajo un gran centro de demanda tanto para sus

usos domésticos como industriales y también agrícolas, aunque en menor grado. Tiene una superficie de 2000 km² y una potencia media de relleno de 150 metros, con un volumen aproximado de agua de 10.000 mm³ (Comisión Nacional de Riego, Volumen VI, 1984).

En el acuífero del sector del río Mapocho encontramos depósitos fluviales, fluvio-aluviales, fluvio-glaciales y gravitacionales.

(a) Río Mapocho

En el río Mapocho, desde su tercera sección hasta su confluencia con el río Maipo (quinta sección), se tienen recuperaciones que varían entre los 6 m³/s y 22 m³/s, siendo su valor promedio del orden de 13 m³/s. Las recuperaciones señaladas incluyen tanto afloramientos de agua subterránea como retornos de riego superficiales. Los afloramientos de agua subterránea son bastante permanentes, fluctuando entre los 6 y 7 m³/s. Los retornos de riego superficiales explicarían la diferencia. A lo largo de la tercera sección del río, afloran recuperaciones que son captadas por los Canales Esperanza Bajo (ribera derecha) y Romero, Castillo, Santa Cruz o Domingano (ribera izquierda). Lo mismo ocurre en las secciones siguientes, donde se producen aportes importantes que se distribuyen entre los canales de cada tramo.

(b) Río Maipo

La primera sección del río Maipo, es un tramo de pérdidas. Ellas fluctúan entre los 0,1 m³/s y 6,7 m³/s. Puede afirmarse que estas pérdidas del río se explican por las características permeables del lecho y la gran profundidad a que se encuentra el agua subterránea. En la segunda sección del río, se presentan recuperaciones o ganancias de agua que oscilan entre los 4,5 m³/s y 11 m³/s. Estas provienen tanto de afloramientos de la napa, que ya se encuentra muy superficial, como de retornos de riego de áreas regadas por canales efluentes del río. La tercera sección del río Maipo, arroja importantes recuperaciones que van desde los 13 m³/s a los 19 m³/s. Los afloramientos de agua

subterránea son del orden de los 5 m³/s, por lo que los retornos de riego son importantes en este tramo.

8) Glaciares

La cuenca Maipo-Mapocho posee 647 glaciares, los que representan un área de 421,9 km². Posee además un 39 % de superficie con glaciares rocosos, esto es glaciares de roca cubiertos por detritos. El derretimiento de estos glaciares ha sido de vital importancia para la mantención de caudales en períodos secos de verano, representando el aporte glacial, desde un tercio hasta el 67% del caudal del río Maipo en meses de sequía, tales como 1968/69 y 1981/82 (Aguas Andinas & Ondeo, 2002).

9) Secciones del Maipo y el Mapocho

El río Maipo está dividido legalmente en 3 secciones independientes, cada una de las cuales puede agotar las aguas del río, esto es secar el 100% de las aguas en este tramo. El río Mapocho por otro lado está dividido en 5 secciones independientes, el resto de los cauces de la cuenca Maipo-Mapocho no existen divisiones de este tipo.

La primera sección del río Maipo va desde la precordillera hasta el puente del ferrocarril de Paine a Talagante (Lonquén). Sus recursos de agua están constituidos por el caudal del río Maipo y sus afluentes cordilleranos como los ríos Yeso, Volcán y Colorado; y los esteros Clarillo, Manzano, El Canelo, San José y Coyanco.

La segunda sección del río Maipo se extiende desde el puente del ferrocarril de Paine a Talagante, frente a la Puntilla de Lonquén, hasta la confluencia del Maipo con el río Mapocho. Mientras que el agua de la primera sección lo constituye todo el caudal del río Maipo, –sección que puede agotarse completamente–, el agua disponible de la segunda sección se forma con los excedentes de la sección anterior cuando el caudal supera sus necesidades, el aporte de sus afluentes y las recuperaciones por afloramientos de la napa

freática. Los afluentes del río Maipo, segunda sección, son el río Angostura, y los esteros El Chanco, Laguna de Aculeo, Peralillo y Pintué.

La tercera sección del río Maipo abarca desde la confluencia con el río Mapocho hasta el Océano Pacífico. Sus recursos de agua están constituidos por los excedentes de la segunda sección, afloramientos de la napa subterránea y retornos del riego y el aporte del río Mapocho y de varios esteros afluentes, aunque sólo son aprovechables los del Cholqui o Chocalán.

La primera sección del río Mapocho comprende la extensión entre la Cordillera de Los Andes hasta la desembocadura del Canal San Carlos en el río Mapocho. En esta sección se producen una serie de aportes de esteros y ríos y extracciones de canales por ambas riberas. Entre los principales aportes se mencionan el río Molina, el río San Francisco y el estero Arrayán.

La segunda sección del río Mapocho comprende el tramo entre el punto de vaciado del canal San Carlos y la bocatoma del canal Esperanza Alto inclusive. En este tramo nacen por la ribera derecha tres canales que son Casas de Pudahuel, Las Mercedes y Esperanza Alto.

La tercera Sección del río Mapocho comprende desde aguas abajo de la toma del Canal Esperanza Alto hasta la toma del Canal Esperanza Bajo inclusive.

La cuarta sección del río Mapocho comprende únicamente el Canal Mallarauco-Pelvín, el cual se encuentra ubicado a unos 8 km de la bocatoma de los canales de la tercera sección, en esta cuarta sección se producen recuperaciones y aportes de algunos esteros tales como el estero Frío.

La quinta sección del río Mapocho corresponde al tramo del río aguas abajo de la bocatoma del Canal Mallarauco-Pelvín (sin incluirlo) hasta la confluencia con el río

Maipo. Como aporte esta sección recibe el caudal del estero Aguas Frías por la ribera izquierda en un punto denominado Puente Pelvín.

10) Control de Crecidas y Manejo del Cauce

Las crecidas de la subcuenca del río Maipo son de origen principalmente pluvial y ocurren en invierno, sin embargo en la parte alta de la cuenca los caudales máximos se producen generalmente como producto de los deshielos de verano, aunque las crecidas extras más importantes se han generado durante eventos de lluvias cálidas, con línea de nieve muy alta.

La subcuenca del río Mapocho presenta sectores de riesgo permanente de aluviones que se presentan en el sistema de quebradas: Macul, Ramón, Nido de Águilas, esteros Las Haultatas y El Gabino, todas las cuales se localizan al oriente de Santiago, y son altamente críticas ya que con fenómenos hidrometeorológicos extremos han ocasionado importantes daños a la parte urbana de la ciudad. En los cauces que drenan la vertiente septentrional de la cuenca (esteros Lampa y Colina) también hay zonas con problemas de drenaje importantes, lo que resulta en inundaciones en sectores rurales y urbanos además de la infraestructura vial. Por último el Maipo ocasiona daños de consideración en su desembocadura en el sector Lo Gallardo.

2.3.5 Problemas Globales del Agua en la cuenca

El desarrollo económico de la cuenca ha llegado a una etapa en que el agua está aprovechada en su totalidad. La mayor prueba de esto es que no hay disponibles derechos de agua en ella, por lo que es una "cuenca agotada". Este elemento es ocupado como recurso en agricultura y abastecimiento doméstico, industrial y minero en los sectores en que es posible captarlos gravitacionalmente. Solo hay excedentes en el sector bajo el río, en el cual el aprovechamiento exige elevaciones mecánicas del agua. Este aprovechamiento intenso ha llevado a serios problemas de dilución de contaminación de

las aguas en los cauces lo que a su vez significa una menor disponibilidad de agua de buena calidad (MIDEPLAN, 1998).

El balance entre las demandas y disponibilidades de agua de buena calidad es deficitario en la cuenca, por lo que las necesidades de agua para el desarrollo económico deberán estar basadas en la mejora de la calidad de las aguas actualmente contaminadas y en la regulación de los excedentes. Además la cuenca tiene un gran potencial de aguas subterráneas, sin embargo su aprovechamiento se ha incrementado tanto en las últimas décadas que se ha llegado a la sobreexplotación en algunos puntos (MIDEPLAN, 1998).

Los terrenos con aptitud agropecuaria están totalmente utilizados en algún tipo de actividad productiva, y por las características particulares del clima (prolongado verano seco) necesitan ser regados para tener una productividad aceptable, lo que aumenta en forma importante la presión por el aprovechamiento del agua.

Todo lo anterior conlleva la necesidad imperiosa de la descontaminación de las aguas de la cuenca con vista a dos importantes objetivos: 1.- una mejora en la calidad del agua que ya es aprovechada y consumida; y 2.- gestión integral de cuencas para darle un mejor uso sustentable a todos los elementos constituyentes de la cuenca, especialmente el agua.

2.4 Valoración Económica y Valor Económico Total (VET)

2.4.1 Economía Ecológica y Economía de los Recursos Naturales y del Medio Ambiente

2.4.1.1 Ética Ecocéntrica y Ética Antropocéntrica

Las valoraciones de bienes naturales son dependientes de la perspectiva ética que tenga el evaluador, así puede realizarse una valoración ecocéntrica o una antropocéntrica.

La ética ecocéntrica establece que el valor del medio ambiente es independiente de las personas, ya que tienen valor en sí mismos. Por lo que, cuando se valora con esta aproximación, aparece el término Valor Primario. Este valor no está relacionado con las preferencias de las personas, ya sean individuales o colectivas, sino que hace referencia a el valor que tienen en sí mismos de los elementos del medio ambiente.

La ética antropocéntrica afirma que el valor del medio ambiente reside en las personas, pero en este punto puede hacerse una distinción, ya que de acuerdo al paradigma de la economía neoclásica este valor reside en las preferencias individuales; mientras que otra vertiente, desde la economía ecológica, propone que el valor reside en el conjunto de la sociedad o en los miembros de la comunidad, y que estas preferencias públicas se hacen operativas a través de normas y legislaciones sociales, (Pearce y Turner, 1990).

La valoración a través de la ética ecocéntrica esta relacionada con el concepto de Valor Ambiental Total (VAT), que incluye al Valor Primario. Por otra parte, la valoración a través de la ética antropocéntrica esta relacionada con el concepto de Valor Económico Total (VET) y sus componentes, que son valores instrumentales, por lo que se expresan a través de valores humanos. Ambos conceptos, VAT y VET será explicados detalladamente más adelante.

2.4.1.2 Economía de los RR. NN. y del Medio Ambiente

La Economía de los RR. NN. y del Medio Ambiente surge como la solución para los problemas medioambientales “sin mercado” dentro de los paradigmas de la economía neoclásica. La economía neoclásica funda sus modelos, principalmente, en la Teoría de la Oferta y la Demanda; desde donde surgen la Teoría del Valor y la Teoría de la Elección Racional del Consumidor.

Teoría de la Oferta y la Demanda

Existe una clara relación entre el precio de un bien y la cantidad demandada del mismo, a ésta relación se la llama *curva de demanda*. Una relación semejante existe entre el precio de un bien y la cantidad que los productores están dispuestos a producir y vender, a esta relación se la llama *curva de oferta*. A partir de la curva de demanda se enunció la Ley de Demanda Decreciente, que señala que “cuando sube el precio de un bien, los compradores tienden a comprar menos” (Samuelson y Nordahus, 1999).

La oferta y la demanda se equilibran en un mercado competitivo, el precio en el cual se equilibran, que es aquel en el que la cantidad demandada es exactamente igual a la cantidad ofrecida” (Samuelson y Nordahus, 1999).

Teoría del Valor

Según Sinden y Worrel (1979) valor es una propiedad de las cosas que deriva básicamente de algunas necesidades o deseos que requieren ser satisfechos, por lo que el valor sería una función de la capacidad de satisfacción. Ya que el valor puede ser medido en términos de deseos, las personas pueden ordenar las cosas en base a valores relativos en función de éstos deseos, así un objeto que entregue alta satisfacción tendrá un alto valor y un objeto que entregue poca satisfacción tendrá un bajo valor. Además los autores expresan que los valores dependen fuertemente de las circunstancias en las cuales ésta es valorada, (Cerda, 2003).

Teoría de la Elección Racional del Consumidor

Según Train (1986) la teoría microeconómica del comportamiento de los individuos se basa en varios supuestos, uno de ellos es que las cosas consumidas son jerarquizables de acuerdo a las preferencias (deseos) de los individuos que se comportan racionalmente, esto es: más es preferible a menos. En base a dichos supuestos es posible derivar las funciones de utilidad determinadas por las preferencias personales, (Cerda, 2003).

2.4.1.3 Economía Ecológica

La Economía Ecológica surge como una nueva disciplina alternativa a la economía tradicional, con una nueva formulación respecto del valor y respecto de dónde reside este último.

La Economía Ecológica propone al planeta tierra como un sistema global totalmente permeable a la energía –especialmente a la energía solar–, dentro del cual están presentes una gran cantidad de diferentes subsistemas, entre ellos el económico. El subsistema económico necesita entradas constantes de energía y materiales, y luego de sus procesos extractivos y productivos produce dos tipos de residuos: el calor disipado o energía degradada y los residuos materiales.

La Economía Ecológica ve al sistema económico como un subsistema abierto⁹ dentro de un sistema global mayor, el planeta tierra que es un sistema semi-abierto⁸, permite el intercambio de energía y de materiales, aunque éstos últimos con algunas restricciones.

2.4.2 Valoración Económica

Las Ciencias Económicas han desarrollado metodologías de valoración para obtener el valor de bienes y servicios que no tienen mercado, por lo tanto, para acercarnos a encontrar el valor que tiene para la sociedad el Plan de Saneamiento de Aguas Servidas de la Región Metropolitana, es necesario escoger una de estas metodologías.

⁹ Entendiendo 'Abierto' desde la Termodinámica, esto es, un sistema que permite el intercambio de materiales y energía; 'Semi-Abierto' es un sistema que permite el intercambio de energía libremente y de materiales con algunas restricciones; 'Cerrado' es un sistema que permite el intercambio de energía pero no de materiales; 'Aislado': es un sistema que no permite intercambio ni de materiales ni de energía con su entorno.

2.4.2.1 Valoración Económica de Proyectos

En Economía existen varias metodologías para conocer el valor de los proyectos o para conocer su beneficio, entre ellas están el Análisis Costo-Beneficio, que valora los costos de realizar el proyecto dado y los beneficios medibles en el mercado del mismo proyecto para así obtener los beneficios netos; el Análisis Costo-Eficacia, que elige de entre varios proyectos el que puede reducir al mínimo los costos del logro de un objetivo –no monetario– determinado; el Análisis Multicriterial o de Criterios Múltiples, que emplea técnicas matemáticas para elegir entre alternativas sobre la base de las metas ponderadas de los decisores teniendo en cuenta explícitamente las limitaciones y los costos; el Análisis Riesgo-Beneficio, que evalúa los beneficios relacionándolos con los riesgos; entre otros métodos (Barbier y col, 1997).

Una de las metodologías más usadas para conocer los beneficios netos es el Análisis Costo-Beneficio. En general, cuando es utilizado el análisis costo-beneficio se usan como costos, los costos monetarios (precios) de la implementación del proyecto; y como beneficios, se realiza una lista de los beneficios que tienen expresión en el mercado, con lo que también se obtiene el “precio de los beneficios” (Barbier y col, 1997).

Sin embargo, el método anteriormente señalado tiene aplicaciones totalmente distintas respecto de su valoración económica en dos tipos diferentes de proyectos. Estos dos tipos se pueden distinguir como sigue:

- (a) Proyectos de Inversión, que son proyectos que producen beneficios (bienes o servicios) que se transan en el mercado, y en los que la evaluación económica se realiza en términos de costos versus beneficios de realizar una inversión en un proyecto determinado; y
- (b) Proyectos de Descontaminación, que son proyectos que producen beneficios que no se transan en el mercado, por lo que tienen un carácter distinto, y que en general presentan problemas para ser valorados en términos de costos versus beneficios, ya

que presentan altos costos y los beneficios son de difícil identificación y evaluación económica.

Para los proyectos del primer tipo (proyectos de inversión) pueden aplicarse fácilmente cualesquiera de las metodologías descritas más arriba (análisis costo-beneficio, análisis costo-eficacia, análisis multicriterial), sin embargo para el segundo tipo (proyectos de descontaminación) existen muy pocas metodologías desarrolladas para valorar adecuadamente y en forma global los beneficios producidos por éstos proyectos.

Un problema conceptual al intentar valorar los beneficios producidos por un proyecto es que, cuando se pueden obtener los costos monetarios de los proyectos de inversión o beneficios monetarios de los proyectos de descontaminación, los costos y beneficios del proyecto dado no pueden ser considerados de igual manera, a causa del Criterio de Krutilla –según el cual la tecnología no será capaz de proveernos de ciertos servicios y bienes ambientales escasos por lo que su pérdida se hace irreversible, en cambio la oferta de bienes y servicios fabricados podría aumentar indefinidamente por los progresos de la ciencia– (Martínez y Roca, 2000). Ya que en el primer tipo de proyectos, los beneficios producidos podrán ser obtenidos en el futuro sin problemas, mientras que los beneficios del segundo tipo no podrán ser obtenidos en el futuro a ningún precio dado. Esto es importante debido, principalmente, respecto de la visión desarrollada en la Economía Ecológica, que en parte es recogida por este estudio.

Otro punto necesario de destacar es que esta metodología presenta un problema conceptual importante, especialmente crítico cuando se aplica al medio ambiente, ya que la mayoría de los costos (en el caso de que los impactos sean negativos para el medio ambiente, en los proyectos de inversión) o beneficios (en el caso que sea un proyecto de descontaminación o restauración ambiental)– no son transados en el mercado y por lo tanto, no tienen precio.

Estos problemas surgen a partir de lo que se entiende por “valor” en la economía actual ya que a través del tiempo se ha ido acotando su significado, siendo actualmente el concepto “valor”, lo mismo que precio, para una parte de los economistas.

2.4.2.2 Valoración Económica del Medio Ambiente

En la economía moderna, en general se ha abandonado el antiguo concepto de *valor de uso* de la Grecia clásica, que se puede entender como el valor que posee una cosa por su uso, es decir, por la necesidad que satisface, y no por el esfuerzo de ser manufacturada, ni por el precio que adquiriera en el mercado a través de la oferta y la demanda. Este antiguo concepto es el que de alguna manera intenta recobrar el VET; retomar todos los valores que posee un bien, no sólo el valor que adquiriera en el mercado por uso directo, lo que sería equivalente al antiguo concepto de *valor de cambio*.

Pero además el VET posee una característica particular, ya que toma los valores de Uso Indirecto, Opción y No Uso dentro del concepto, lo que, al parecer, no había sido propuesto antes en las Ciencias Económicas.

De esta forma, los nuevos autores de la Economía Ambiental y de los Recursos Naturales, y de la Economía Ecológica, proponen que: valoración económica del medio ambiente, es todo intento por asignar valores cuantitativos a los bienes y servicios proporcionados por el medio ambiente, independientemente si existen o no precios de mercado que ayuden a hacerlo (Barbier y col, 1997); o según Azqueta (1997), valorar económicamente el medio ambiente significa poder contar con un indicador de su importancia en el bienestar de la sociedad, que permita compararlo con otro componente del mismo, por lo tanto lo normal será utilizar para ello un denominador común, el dinero.

Existen tres posibles enfoques de evaluación para un estudio de valoración económica de los bienes o servicios ambientales según Barbier y col. (1997), estos son:

- (a) Análisis del Impacto
- (b) Valoración Económica Parcial
- (c) Valoración Económica Total

En este trabajo se utilizará la Valoración Económica Total, ya que es la única que busca encontrar todos los valores o beneficios que reporta un elemento del medio ambiente o una característica de éste. Asimismo, para el caso específico de la valoración del cambio en el estado de las aguas, se hace necesario realizar una Valoración Económica Total, ya que buscamos acercarnos al total de la cuantificación de los valores posibles de ser medidos, referentes al cambio en el estado de las aguas de la cuenca Maipo-Mapocho; a diferencia de lo que realiza un Análisis del Impacto, que sólo revisa un efecto del cambio obtenido en un bien o servicio ambiental; y de una Valoración Parcial que busca valorar sólo algunos de los beneficios del cambio obtenido o es empleada para evaluar los usos alternativos de un bien ambiental o elemento del medioambiente.

2.4.2.3 Valor y Precio

Para poder comprender este proceso de acotamiento del concepto de valor es útil hacer una muy breve revisión histórica del surgimiento del concepto.

(a) Oikonomía y la Crematística, y la diferencia entre el Valor de Uso y el Valor de Cambio

La Oikonomía, en su inicio, es definida como “la administración del hogar a fin de incrementar su *valor de uso* para todos los miembros de la familia a largo plazo”. Mientras que la Crematística surge como “la rama de la economía política relacionada

con la manipulación de la propiedad y de la riqueza para maximizar el *valor de cambio* monetario para el propietario a corto plazo” (Daly y Cobb, 1989).

Así, los economistas distinguieron dos tipos diferentes de valores: el *Valor de uso*, es el valor que tienen las mercancías (o bienes) por su uso, por la necesidad de ser usado (Daly y Cobb, 1989), o como dice Ricardo (1817) la utilidad de un objeto particular.

El *Valor de cambio*, es el valor que adquieren las mercancías al querer cambiarlas por otras a través del mercado, este valor no tiene relación con su valor de uso, sino más bien esta modificado por un cierto ajuste que corresponde al regateo y la puja del mercado (Smith, 1773).

La Oikonomía se diferencia con la Crematística por tres razones, en primer lugar adopta la visión de largo plazo antes que la de corto plazo; la Oikonomía considera los costos y beneficios de toda la comunidad, no solo de quienes participan de toda la transacción; y finalmente, la Oikonomía se centra en el ‘valor de uso’ concreto y la acumulación limitada que de allí deriva, antes que en un valor de cambio abstracto y su impulso hacia la acumulación ilimitada. La acumulación ilimitada es la meta de la Crematística y según Aristóteles eso demuestra el carácter antinatural de la actividad (Daly y Cobb, 1989).

(b) El Valor Real y el Valor Nominal

Los economistas clásicos pensaron que el valor de uso no daba un carácter peculiar a ningún bien, ya que todos los objetos de consumo humano en cualquier lugar poseen valor de uso, por lo que no lo tomaron como objeto de estudio de las ciencias económicas. Mientras que “poseyendo el valor de cambio las unas en relación con las otras, las mercancías exhiben su característica única” (Sweezy, 1942).

Marx, al igual que Smith, excluyó el valor de uso de la esfera de la investigación de la economía política ya que no se basa en una relación social, o sea, el requisito de que las categorías de la economía política deben ser categorías sociales, esto es, categorías que representen las relaciones entre los seres humanos (Sweezy, 1942). Así propuso que el valor real de los bienes es el trabajo. El valor real de cualquier cosa, lo que realmente le cuesta a una persona que quiere adquirirla, “son las penas y fatigas que su adquisición supone” (Smith, 1773). Esto conllevó a una distinción entre lo que llamaban el “valor real” o precio en trabajo y el “valor nominal” o precio en moneda; el primero apuntaba que la forma correcta económicamente hablando de valorar las cosas era a través de su “traducción” a horas-hombre de trabajo. Por lo tanto, en esta visión, “el trabajo es la medida real del valor en cambio de toda clase de bienes (Smith, 1773).

Por otro lado, existía el valor nominal que consistía en una forma diferente del valor en trabajo de las mercancías, a causa de hacer como iguales horas de trabajo que pueden tener diferente calificación (por lo que no ‘valen’ lo mismo); y debido a la distorsión “del regateo y la puja del mercado” (Smith, 1773).

Al hacer esta distinción, Marx concluyó que el capitalismo era una forma de enriquecimiento a costa de la explotación de la clase trabajadora. Por esta razón los economistas neoclásicos abandonaron la Teoría Objetiva del Valor, que hace referencia a que las cosas pueden expresar su valor en horas-hombre que, por lo tanto, todas las mercancías eran “valorables” por horas-hombre de producción. Y desarrollaron la Teoría Subjetiva del Valor, que se basa en las preferencias de los individuos, esto es lo que está dispuesto un individuo a pagar particularmente por algo que prefiere.

Debido a lo expresado anteriormente, las actuales valoraciones económicas se insertan dentro de la Teoría Subjetiva del Valor, y tienen como elemento central un concepto llamado “disposición a pagar”.

2.4.2.4 Valoración Económica y Disposición A Pagar (DAP)

Valorar económicamente algo es poder contar con un indicador de su importancia en el bienestar de la sociedad, que permita compararlo con otros componentes del mismo. A raíz de lo anterior, lo normal será utilizar para ello un denominador común, que no es otro que el dinero. Esta reflexión también es aplicable al medio ambiente como un componente importante sino fundamental del bienestar de la sociedad.

La idea de dar un valor monetario a los beneficios o al daño realizado al medio ambiente les parece a muchos ilícita, incluso inmoral. La justificación para la valoración monetaria reside en el modo en que se usa el dinero como un patrón de medida para indicar las pérdidas o ganancias de utilidad o bienestar.

La valoración económica, para la Economía neoclásica, se relaciona con las preferencias individuales. El rechazo de cualquier preferencia como la base adecuada para la toma de decisiones sobre el medio ambiente, implica rechazar los valores económicos, (Pearce y Turner, 1995).

Sin embargo, los beneficios ambientales –al no entrar en las cuentas nacionales entre otras características– tienden a ser menos “concretos” que los beneficios de mercado, por lo que la tendencia es a infravalorarlos comparativamente.

Así los métodos de valoración económica que usualmente han sido usados para medir la importancia del daño medio ambiental, también son usados para medir los beneficios de la política ambiental. “Lo que la gente quiere” o las preferencias individuales, deben ser la base de la medida de éstos beneficios, (Pearce y Turner, 1995).

Disposición a Pagar

Podemos asumir que una preferencia positiva por algo se reflejaría en la forma de *disposición a pagar* por ello. Este concepto de disposición a pagar nos ofrece un indicador monetario de las preferencias, siempre y cuando se cumplan cierta cantidad de supuestos. Uno de estos supuestos es que las personas no están dispuestas a pagar por algo que no quieren, y sí están dispuestas a pagar por algo que quieren. El supuesto que más crítica la Economía Ecológica es que las preferencias son evaluadas individualmente, mientras que las personas como comunidad o ciudadanos individuales muestran preferencias absolutamente distintas.

Otro punto importante es que muchos individuos están dispuestos a pagar por encima de los precios de mercado, por lo que el beneficio que ellos reciben es mayor de lo que indica el precio de mercado, a este exceso se le llama “excedente del consumidor”. Lo anterior se puede ver la siguiente ecuación:

$$\text{DAP bruta} = \text{Precio de Mercado} + \text{Excedente del Consumidor}$$

Pero en realidad existen dos conceptos básicos para medir el beneficio: la DAP, disposición a pagar y la DAC o disposición a ser compensado. Ambos conceptos pueden ser usados en dos situaciones distintas, al evaluar un daño al medio ambiente, o al evaluar una posible pérdida ambiental, así al combinar éstos dos conceptos y las dos situaciones posibles, se producen cuatro combinaciones posibles de llevar a cabo en una valoración económica: (a) disposición a pagar para asegurar un beneficio, (b) disposición a ser compensado para renunciar a un beneficio, (c) disposición a pagar para prevenir una pérdida, y (d) disposición a ser compensado para tolerar una pérdida. Y aunque la teoría económica dice que estas medidas deberían ser iguales, los estudios empíricos dicen lo contrario. Esto ocurre debido a que las personas tienen visiones diferentes de las pérdidas y de las ganancias, una pérdida es vista como una pérdida de algo que ya era de propiedad de esa persona, y por lo tanto es mucho más resentido,

mientras que una ganancia, como algo externo que puede o no ocurrir, (Pearce y Turner, 1995).

La búsqueda del VET esta pensada como un intento por medir el “beneficio total”, esto es el gasto total de un individuo en un bien concreto más el excedente del consumidor.

2.4.3 Valor Económico Total (VET) y Valor Ambiental Total (VAT)

2.4.3.1 Introducción

El concepto de Valor Económico Total o VET proviene desde un área de estudio desarrollada dentro de la Economía neoclásica: la Economía de los Recursos Naturales y del Medio Ambiente, y como concepto posee aportes desde la Economía Ecológica, una economía paralela a la neoclásica.

La Economía de los Recursos Naturales y del Medio Ambiente presenta una visión desde la Economía de Mercado, describiendo los problemas económico-ambiental como “externalidades no internalizadas”, “falta de mercado para ciertos bienes o servicios”, o “falta de dueño”. Por ello, gran parte de los economistas de esta corriente se dedican a introducir al mercado (crearles mercado) a ciertos usos de algunos bienes o servicios, o a buscar óptimos de contaminación.

Por otro lado la Economía Ecológica, surge más bien como una alternativa a la Economía de Mercado y desde la Ecología y la Termodinámica propone planteamientos teóricos y conceptuales radicalmente distintos, como por ejemplo la necesidad de dar límites al subsistema económico dentro del sistema ecológico global, puesto que un subsistema (económico) no puede crecer infinitamente dentro de un sistema finito (planeta tierra).

La Economía de los Recursos Naturales y del Medio Ambiente y la Economía Ecológica constituyen en la actualidad dos polos de un gradiente de visiones acerca de cómo es posible abordar la relación Medio Ambiente–Economía. En este gradiente es posible ubicar a los diferentes autores; así por ejemplo Azqueta se encuentra en una posición tradicional junto a Field; Pearce y Turner están en un sector intermedio entre ambas corrientes de estudio, aunque con una inclinación hacia la Economía más tradicional; Jiménez, por otro lado, tiene una visión con inclinación hacia la Economía Ecológica, pero no en su extremo; y Martínez y Roca presentan una posición bastante más cercana a la Economía Ecológica, encontrándose Costanza completamente dentro de ésta disciplina, como se aprecia en la Figura 2.4.1.

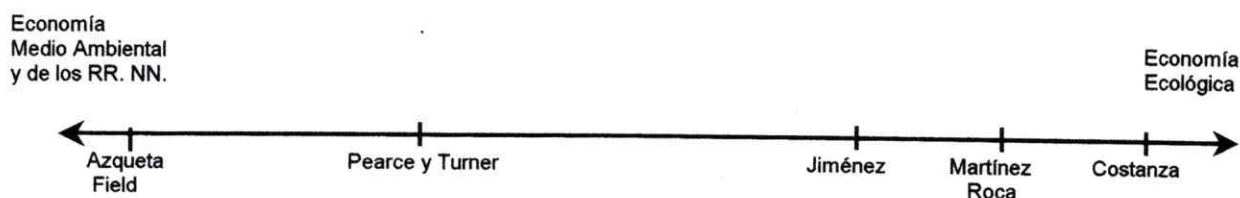


Figura 2.4.1
Gradiente de tendencias entre la Economía Medio Ambiental y de los Recursos Naturales (en el polo izquierdo) **y la Economía Ecológica** (en el polo derecho), representado por la línea horizontal. En este gradiente se muestran algunos autores según corriente. Elaboración propia.

El VET es un intento por darle un orden conceptual al “beneficio total” del cual hablábamos anteriormente, y además es una herramienta que permite valorar económicamente un elemento del medio ambiente en forma global, esto es, no solo sus usos directos, sino que también los usos indirectos (como servicios ecológicos), y usos de opción y existencia, por lo que proporciona nuevos elementos de juicio sobre los beneficios de la mejora del medio ambiente (Jiménez Herrero, 1997).

En la literatura actual sobre el VET, no existe consenso sobre la denominación y clasificación específica de los componentes del VET y en especial sobre la ubicación de éstos respecto de si son valores de uso o valores de no uso, pero en general si existe consenso respecto de los componentes generales que están contenidos en él.

2.4.3.2 Descripciones del VET y el VAT

Dentro del VET se pueden distinguir, en primer lugar, dos tipos de valores económicos, los *valores de uso* (VU) y los *valores de no uso* (VNU). La representación matemática es:

$$\text{VET} = \text{VU} + \text{VNU}$$

Los *valores de uso* hacen referencia al uso que pueda hacerse –o la utilización de alguna manera– de un bien o servicio del medio ambiente. Respecto de este valor se pueden hacer varias especificaciones. El valor de uso puede ser concebido como un valor de uso actual, y ser utilizado ahora, o como un valor de uso para ser utilizado en el futuro. Al valor de uso para ser utilizado ahora, Pearce y Turner (1995) lo llaman *valor de uso actual* (VUA), mientras otros autores como Bontems y Rotillon (2000), Figueroa (2003), entre otros, no hacen la distinción y lo llaman simplemente ‘valor de uso’. Al valor de uso en el futuro en cambio, se le llama *valor de opción*, ya que representa un beneficio potencial de ser usado.

Dentro del valor de uso actual, se pueden hacer dos distinciones más, el valor de uso directo (VUD) y valor de uso indirecto (VUI), expresado matemáticamente es:

$$\text{VUA} = \text{VUD} + \text{VUI}$$

El *valor de uso directo* es el que se obtiene por uso del elemento del medio ambiente directamente (sin intermediarios), ya sea en forma extractiva (uso directo con extracción), esto es, consumiendo el bien, o no extractiva haciendo uso no consuntivo del bien (uso directo sin extracción), como el turismo.

Por otro lado, el *valor de uso indirecto*, hace referencia a los usos que hacen las personas de un elemento del medio ambiente en forma no directa, esto es, a través de un

intermediario. El mejor ejemplo de este valor son los servicios ecosistémicos, que son la fuente de la mayoría de los materiales que utilizamos, por lo que subvencionan al subsistema económico, regulan el clima y la temperatura, y nos dan todas las condiciones de sostén de la vida en el planeta. También Costanza y col. (1997) afirma que “las economías de la tierra se reducirían a la mitad sin los servicios de los sistemas de soporte de la vida”.

Los servicios ecosistémicos se definen a partir de las funciones ecosistémicas que se dan en la naturaleza, éstas funciones son los posibles usos de la naturaleza por los humanos y los servicios ecosistémicos son las posibilidades o el potencial a ser utilizados por los humanos para su propio bienestar, (PASOLAC, 2000). Se pueden entender además como “los beneficios a las poblaciones humanas que derivan directa o indirectamente de las funciones ecosistémicas” (Costanza y col, 1997; Bolund y Hunhammar, 1999). De Groot y col. (2002) definen función ecosistémica como “la capacidad de los componentes y procesos naturales de proveer bienes y servicios que satisfacen las necesidades humanas, directa o indirectamente”, y que este concepto se transforma en el de servicio o bien cuando los valores humanos están implicados, por lo que el concepto de bien o servicio ecosistémico es inherentemente antropocéntrico.

En los últimos años, los servicios ecosistémicos han sido la gran novedad en valoración de recursos naturales y del medio ambiente (Costanza y col. 1997, Pimentel y col. 1997, Daily, 1997), dentro de las ciencias económico-ecológicas, y son el gran aporte que se ha hecho, dentro del VET, a las ciencias económicas más tradicionales.

El *valor de opción* (VO), como ya se dijo, representa un beneficio potencial de ser usado. El valor de opción puede entenderse como valor de uso por *el individuo*, por *otros individuos*, y por *individuos futuros* (generaciones futuras); pero además puede entenderse como los valores de uso directo e indirecto en el futuro. Aquí tomaremos al valor de opción como el valor de uso (directo e indirecto) por individuos actuales, independientemente de quien realiza la valoración, pero no por individuos futuros, ya

que eso correspondería al valor de legado, que es el valor de uso de las personas que existirán en el futuro (generaciones futuras).

Un valor semejante al de valor de opción, es el *valor de cuasi-opción* (VCO), este valor está relacionado a la opción de uso, opción ligada a la posible nueva información que se adquiriera en el futuro. Esto tiene cercana relación con la posibilidad de desaparición de biodiversidad (en cualquiera de sus niveles) de la cual aún no existe información, y que no podría ser utilizada para investigación científica, y desarrollo de proyectos farmacológicos, entre otros muchos usos.

Por lo tanto, matemáticamente, el valor de uso se expresa cómo:

$$VU = VUD + VUI + VO + VCO$$

Por último los *valores de no uso*, son abordados en forma muy disímil por diferentes autores, marcando aquí claramente la diferencia si son de tendencia neoclásica o ecológica. Así por ejemplo, para Pearce y Turner (1995), los valores de no uso son equivalentes al valor de existencia o lo que es lo mismo para ellos, valor "intrínseco". Mientras que Martínez y Roca (2000) prefieren no entrar al debate respecto de estos valores ya que pasan las barreras éticas de lo que es posible valorar para ellos. Así, realizan una ácida reflexión acerca del análisis costo-beneficio, y proponen el uso del análisis multicriterio, que permite explicitar las razones de las ponderaciones de cada sector involucrado, ya sea social, económico o medio ambiental, sin necesidad de transformar todos los beneficios en unidades de dinero.

Se abordará este estudio tomando como componentes del valor de no uso al valor de existencia (VE) y el valor de legado (VL). Matemáticamente:

$$VNU = VL + VE$$

El *valor de existencia*, hace referencia a un valor intrínseco del medio ambiente, un valor que está en el elemento del medio ambiente independiente y disociado de su uso, e inclusive, de la opción de su uso.

Por otro lado el *valor de legado*, hace referencia a la disposición a pagar por conservar el medio ambiente para las generaciones futuras nuestras y de otros. Es importante hacer aclaración de que el valor de legado, dependiendo del autor puede entenderse como valores de uso (directos e indirectos), o como valores de no uso de las generaciones futuras. En nuestro caso tomaremos como valor de legado cualquier valor que corresponda a la generaciones futuras, esto es de uso y no uso.

El *valor de existencia* ha sido criticado por algunos autores liberales (Freeman, 1990), pero defendido por otros (Field, 1997, Pearce y Turner, 1995). La mayoría desde distintas perspectivas (ver Figura 2.4.1.). Así por ejemplo Field (1997) le da validez solamente respecto de la disposición a pagar de las personas por la preservación / conservación de áreas silvestres que nunca visitarán. Azqueta (1994) lo plantea como un posible tipo de valor, pero cuestiona su medición. Por otro lado, Pearce y Turner lo asimilan al valor intrínseco, por lo que está presente en la *entidad* del elemento del medio ambiente, pero que es expresado en las *preferencias de los individuos*, de esta manera el valor intrínseco que reside en las entidades medio ambientales independientemente de los humanos –valor ‘no antropocéntrico’ o ‘ecocéntrico’– no es tomado como válido de ser valorado. Mientras tanto el valor intrínseco ‘ecocéntrico’, sólo es rescatado por Jiménez (1997), quien los renombra como *valor primario*, y componente del VAT.

Finalmente, la expresión matemática del VET es:

$$\text{VET} = \text{VUD} + \text{VUI} + \text{VO} + \text{VCO} + \text{VL} + \text{VE}$$

Es importante hacer notar que desde la Economía Ecológica ha surgido otro concepto para la valoración del medio ambiente: el Valor Ambiental Total (VAT), que se define como el valor total, económico-antropocéntrico y económico-no-antropocéntrico (o económico-ecocéntrico) que tendría un elemento del medio ambiente. Según Jiménez (1997) el VAT es una función compuesta del VET y del *valor primario*, siendo este último un reflejo del valor instrumental “no antropocéntrico” del capital natural; mientras que el VET esta precisamente referido al “valor antropocéntrico” específico desde la perspectiva económica.

Las relaciones que existen entre los valores del VET puede observarse en la Figura 2.4.2, además aquí se muestra la relación entre el VAT, el VET y el valor primario. En esta figura aparece una combinación de las estructuras del VET que presentan varios autores, ya que ninguno de ellos aborda cabalmente todas las propuestas del resto de los economistas. Así por ejemplo, Pearce y Turner (1995) sólo reconocen el valor de uso actual, el valor de opción, y el valor de existencia como componentes del VET, mientras que Martínez y Roca (2000) hacen referencia al valor de opción, de cuasi-opción, valor de legado y valor de existencia, además de los valores de uso directo e indirecto; pero sin hacer una estructura clara de cómo estos componentes se relacionan. Por último, Jiménez (1997) le da una estructura de relaciones, sin embargo omite describir el valor de cuasi-opción.

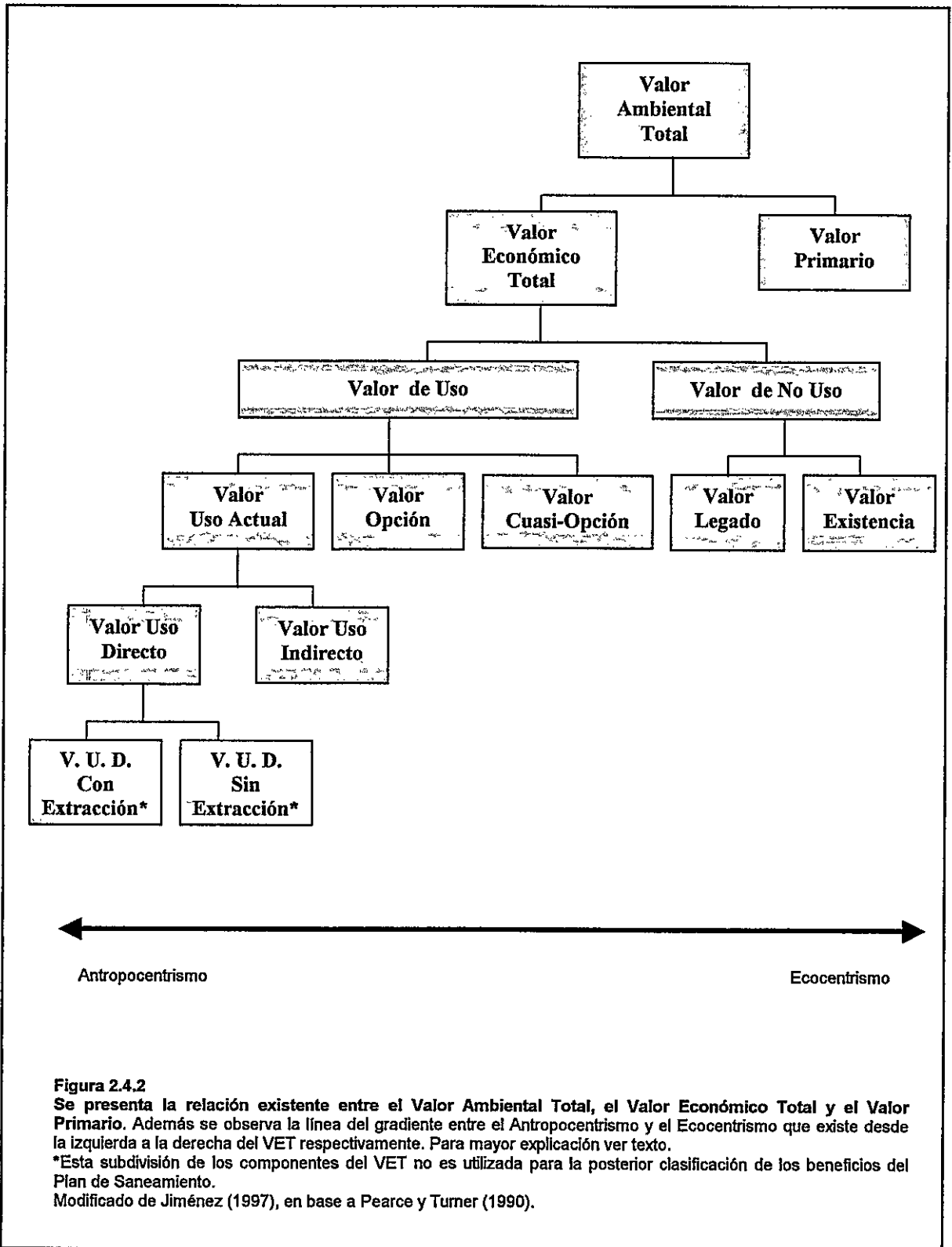


Figura 2.4.2

Se presenta la relación existente entre el Valor Ambiental Total, el Valor Económico Total y el Valor Primario. Además se observa la línea del gradiente entre el Antropocentrismo y el Ecocentrismo que existe desde la izquierda a la derecha del VET respectivamente. Para mayor explicación ver texto.

*Esta subdivisión de los componentes del VET no es utilizada para la posterior clasificación de los beneficios del Plan de Saneamiento.

Modificado de Jiménez (1997), en base a Pearce y Turner (1990).

2.4.3.3 Reflexiones y Críticas acerca del VET

El VET es un instrumento que ha sido usado por ambas visiones de la Economía, pero con claras distinciones respecto de cómo abordar el concepto.

Por un lado tenemos a los representantes de la economía neoclásica que “descuentan los flujos futuros” (ver más abajo), proponen que sólo se puede obtener el valor de las preferencias individuales, no así de las sociales (preferencias en comunidad), y además, lo más significativo, es que pretenden que, al darle valor económico a ciertos elementos del medio ambiente, estos son igualables en valor al capital económico o vendibles simplemente. Esta última visión es especialmente relevante ya que no toman en cuenta una importante característica de la gran mayoría de los elementos del medio ambiente o la naturaleza: su irreproductividad. Estos elementos son irreproducibles con las actuales tecnologías existentes, por lo que si se pierde o destruye una parte o característica de éste, ésta generalmente será irrecuperable e irreparable.

A diferencia de la visión anterior, los Economistas Ecológicos menos extremos, proponen que los valores económicos no sólo pueden ser obtenidos de las preferencias individuales de las personas, sino que también pueden ser obtenidos de sus conductas sociales, una mirada de las personas no sólo como individuos consumidores, sino como ciudadanos. Esto es parte de lo que Daly (1993), propone en “Para el bien común”, que las personas son individuos sociales y como tales tienen comportamientos particulares en comunidad, que claramente no se reflejan en las preferencias individuales del mercado.

El problema de la valoración del medio ambiente, y los supuestos que acarrea es un tema no poco importante. El hecho de que la gran mayoría de los Economistas del Medio Ambiente y de los RR. NN. piensen que el capital natural es intercambiable por capital económico (y que por lo tanto si un bosque vale \$100 y una industria textil vale \$100, entonces el dueño del bosque puede intercambiar el bosque por la industria –pues

técnicamente no ha habido pérdida de capital—), es realmente complejo, ya que la naturaleza pierde su sentido de sostenedora de la vida en la tierra y pasa a ser un simple “bien”, excluido de los beneficios únicos, irreparables y muchas veces irrepetibles, que trae su existencia.

Por otro lado, los Economistas Ecológicos más extremos, ponen en tela juicio no sólo el VET, sino la posibilidad de darle valor económico al medio ambiente, ya que, según plantean, la valoración en sí misma pasa por alto una importante característica del medio ambiente: su inconmensurabilidad. Esta desconsideración es —a causa de la forma en que se plantea la valoración económica del medio ambiente (expresada en el VET una porción significativa de las veces)— casi siempre en el contexto del análisis costo-beneficio. En este análisis la unidad de medida es el dinero, por lo que todo lo que no se logra transformar a esta unidad no cuenta en el resultado final, causal por la cual muchos elementos que, ya sean por razones técnicas o de otra índole, no pueden incluirse en el análisis (no pueden ser transformados en dinero) no quedan expresados en el resultado final, y por lo tanto, tampoco en la decisión que el resultado pueda acarrear. Esto es lo que se esconde en la falacia de *‘un número es mejor que ninguno’*.

2.4.3.4 Descontando el futuro en el Análisis Costo-Beneficio

El análisis costo-beneficio involucra actualizar los capitales al valor presente (valor actual), para lo cual hay que descontar la tasa de intereses. Según la economía neoclásica los individuos prefieren tener algo ahora (en el presente) que tenerlo en el futuro, por lo que se descuentan los costos de oportunidad de tener los bienes en el futuro y no ahora, por lo que se desvalorizan en el tiempo, teniendo un valor prácticamente de cero luego de 60 o 70 años.

Descontar o infravalorar el futuro, significa valorar menos los costos y beneficios futuros que los actuales, esto basado en el supuesto que las personas prefieren tener el

capital *ahora* en vez de en *el futuro*, supuesto que es cierto respecto del capital económico, en la mayoría de los casos.

La tasa de descuento que se aplica en el Análisis Costo-Beneficio proviene conceptualmente de la tasa de interés o 'valor del dinero', que tiene su base en el costo de oportunidad del dinero, y cómo éste se refleja en el tiempo. Así, no es lo mismo que yo pida \$100 hoy, que en 10 años más, ya que si los pido hoy, y los devuelvo en 10 años más tendré que pagar una tasa de interés por el préstamo, por lo que a un 5% los \$100 se convertirán en \$163. O al contrario, si deseo tener \$100 en 10 años más, entonces hoy debo tener \$61, a un 5% de interés. El hecho de que el dinero tenga costo de oportunidad no está en duda. Pero la aplicación de la tasa de descuento a las decisiones públicas, o en el cálculo de valoración de un elemento del medio ambiente o de un daño ambiental, es claramente discutible. Entre las razones están aplicar el 'valor del dinero' al medio ambiente, por un lado y, por otro, aplicar la tasa de descuento hace que los beneficios y costos pierdan importancia a medida que son más lejanos en el tiempo. Por lo que, se podría deducir, un bosque actual vale menos en 20 años más y casi nada dentro de 60 años, lo cuál en términos de soporte de la vida, es ridículo.

2.4.3.5 Una discusión de la diferencia entre Valor y Precio

Una de las dificultades de identificar los beneficios no reconocidos del cambio en la calidad del agua de la cuenca, además del problema de una aplicación de métodos de valoración muy parcial, es que la gran mayoría de los beneficios no se transan en el mercado, y por lo tanto no tienen precio. Así es fácilmente observable que existe una falla en el mercado para asignar precio a la contaminación o degradación de los recursos naturales, y por lo tanto una mayor incapacidad para asignar precio a la restauración de elementos del medio ambiente, como es el caso de estudio de este trabajo.

Por otro lado, al no transarse los daños o descontaminaciones al medio ambiente en el mercado, no se les puede asignar precio, lo que produce imagen de que este daño o reparación no tuvieran valor, o dicho de otra manera la sociedad actúa como si no tuvieran valor, lo cual representa un equívoco, ya que como se ha dicho, valor y precio no representan el mismo concepto.

El valor hace referencia a la utilidad de algo (esto tiene su origen en el antiguo *valor de uso*) o lo que este objeto representa (que hace referencia a los actuales valores de no uso, como el valor de existencia). Por otro lado, el precio es la cantidad de dinero en que se vende o se compra un bien, o más acotado, tiene relación con la cantidad de dinero en que la oferta y la demanda de un producto están en equilibrio en una economía de libre mercado –específicamente es el punto de intersección de las curvas de oferta y demanda respecto de un bien o servicio en particular–.

2.4.4 Presentación de los Métodos de Valoración

La forma de realizar la evaluación económica de los beneficios o externalidades positivas de un proyecto, relacionadas a un valor de uso o no uso, es a través de la aplicación de métodos o técnicas de valoración.

Existen gran cantidad de métodos o técnicas de valoración, la mayor parte de las cuales, serán explicadas en este punto del presente capítulo. Los métodos de valoración poseen diferentes clasificaciones, así por ejemplo Pearce y Turner (1990), los diferencian en métodos directos e indirectos, mientras que Martínez y Roca (2000) lo hacen como métodos objetivos y subjetivos. Figueroa (2003), por otro lado, los diferencia en cuatro grandes categorías, a saber: métodos de mercado, métodos indirectos, métodos directos y transferencia de beneficios. Por su claridad, será la clasificación de Figueroa (2003) la que se utilizará en el presente estudio.

Gran parte de los métodos descritos a continuación poseen diferentes nombres al ser explicados por diferentes autores, por lo que, para no llevar a confusión, se les ha nombrado de casi todas las formas que, comúnmente, son ocupadas por los distintos autores.

2.4.4.1 Métodos de Mercado

Los métodos de mercado o de preferencias observadas son los métodos más deseados por los evaluadores en la realización de una valoración económica. Lo anterior ocurre debido a que son los métodos por los cuales se obtiene el valor de los bienes que ya se transan en un mercado, por lo que el cálculo de sus valores económicos no reporta ninguna dificultad.

Dentro de estos métodos sólo se encuentran los métodos de Precios de Mercado y de Precios Sombra, los que se explican a continuación:

- **Método de Precios de Mercado**

Emplea los precios corrientes de los bienes y servicios comercializados en los mercados nacionales e internacionales. Los precios de mercado reflejan la disposición de los particulares a pagar por los beneficios y costos comerciales de los elementos del medio ambiente (pescado, madera). La mayor ventaja que posee este método es que, los datos relativos a los precios son relativamente fáciles de conseguir, (Barbier y col, 1997).

Las imperfecciones de los mercados y / o los fallos de las políticas pueden distorsionar los precios de mercado, en cuyo caso no reflejan el valor económico de los bienes y servicios para la sociedad en conjunto. Las variaciones estacionales y otros efectos en los precios deben tenerse en cuenta cuando se emplean precios de mercado en análisis económicos, (Barbier y col, 1997).

• Métodos de Precios Sombra

Este método consiste en el empleo de precios de mercado ajustados teniendo en cuenta los pagos de transferencia, las imperfecciones del mercado y las distorsiones derivadas de las políticas. Cuando se da cabida explícitamente a la equidad, se pueden ponderar también los efectos en la distribución. Además, se pueden calcular precios sombra de bienes que *no* son objeto de comercio. Los precios económicos reflejan el valor económico real o costo de oportunidad para toda la sociedad de los bienes y servicios comercializados en los mercados nacionales e internacionales. La gran dificultad que presenta este método es que es complicado deducir los precios económicos y esto puede exigir muchos datos, y muchas veces es posible que los precios artificiales sean muy criticados en su validez, (Barbier y col, 1997).

2.4.4.2 Métodos Indirectos

Los métodos indirectos o de preferencias reveladas son métodos en los cuales los bienes o servicios que se necesitan valorar no tienen mercado, por lo que hay que derivar sus valores a partir de mercados en los cuales se transan implícitamente ciertas características de estos valores o servicios. Las preferencias hacia los bienes o servicios ambientales son inferidas desde el comportamiento de las personas en relación a los mercados de bienes privados.

Dentro de esta categoría se encuentran los métodos de Cambios en la Productividad, Costo de Viaje, Precios Hedónicos, entre otros, gran parte de los cuales se detallan a continuación:

• Cambios en la Productividad o en la Función de Producción¹⁰

Se estima el valor de un bien o servicio ambiental no comercial, en términos de las variaciones de la actividad económica, elaborando modelos de la contribución física del elemento del medio ambiente a la producción económica. Dicho de otra manera, se mide el cambio positivo o negativo de la productividad en la actividad afectada, por ejemplo aumento en la productividad agrícola a causa de la mejora en la calidad de las aguas de riego.

Exige elaborar modelos explícitos de la relación 'dosis-respuesta' entre el elemento del medio ambiente objeto de valoración y algún producto económico. Este método es más fácil de aplicar a sistemas que admiten un único uso, pero esta tarea se complica tratándose de sistemas de uso múltiple, (Barbier y col, 1997).

• Método de Costo de Viaje o de Desplazamiento

Este método deduce la disposición a pagar por los beneficios ambientales en un lugar dado empleando información sobre el dinero y el tiempo que los visitantes emplean para acudir a él. Esto es, los costos en que incurren los visitantes a áreas silvestres como son: pasajes al lugar, costo de oportunidad de su tiempo, estadía, entrada al parque, entre otros. Se emplea generalmente para estimar el valor de lugares de recreo, como parques públicos y reservas naturales. Además podría emplearse para estimar la disposición a pagar por concepto de turismo ecológico o ecoturismo.

Una limitación de este método es el alto coeficiente de datos, los supuestos restrictivos sobre la conducta del consumidor (como por ejemplo, viaje con varias finalidades) y que los resultados son muy sensibles a los métodos estadísticos empleados para especificar la relación con la demanda, (Barbier y col, 1997).

¹⁰ Éste no es un método en sí mismo, ya que usualmente se trata de obtener Precios de Mercado a través de los Cambios en la Función de Productividad.

• **Método de Precios Hedónicos o Valor de la Propiedad**

Se comparan dos bienes inmuebles de características semejantes (cómo tipo de construcción, tamaño, cercanía a servicios públicos, seguridad) que sólo varíen en una característica ambiental, como por ejemplo en su cercanía a un río productor de malos olores; luego, la diferencia de sus precios debe corresponder al valor de la calidad ambiental.

El valor de la calidad del medio ambiente se deduce de los mercados de bienes raíces. La premisa básica es que el valor nominal de un bien raíz refleja una corriente de beneficios y que es posible aislar el valor de la característica medioambiental u oportunidad recreativa de que se trate. Es posible que los precios hedónicos sirvan para valorar algunas servicios ecosistémicos en términos de su impacto en el valor de las tierras, en el supuesto de que los servicios ecosistémicos se reflejen plenamente en los precios de la tierra, sin embargo este supuesto no se cumple en gran parte de las veces.

Para aplicar precios hedónicos a los servicios ecosistémicos es preciso que estos valores se reflejen en mercados sustitutivos. En caso de que exista distorsión de los mercados, de que los ingresos condicionen las posibilidades de elegir, de que la información sobre las condiciones medioambientales no se difunda ampliamente o escaseen los datos, es posible que disminuyan las posibilidades de aplicar este método, (Barbier y col, 1997).

• **Método de Salarios Hedónicos o de Diferencias Salariales**

Es muy semejante al método de los precios hedónicos, con la salvedad de que el valor se deduce de los mercados de trabajo. Esto es, son utilizados los salarios de los trabajadores para calcular el valor de un deterioro en la vida humana, o el valor de la vida humana misma, en función del riesgo que presenta cada trabajo, este método tienen el supuesto de que los trabajadores saben cual es el riesgo en todos los trabajos y pueden elegir libremente cual trabajo desean tomar sólo en función de la paga. En este caso, la

supuesto básico es que el valor nominal de los salarios refleja una corriente de beneficios o perjuicios, y que es posible aislar el valor de las características de las condiciones de trabajo de que se trate.

• **Método de Gastos o Costos Defensivos, de Protección, o Medidas Defensivas**

Gastos en que incurren las personas para protegerse de alguna contaminación en particular. Entre los usuales gastos de protección se encuentran por ejemplo las ventanas con vidrio dobles para impedir que el ruido ingrese a las casa y/o habitaciones. La gran falla de este método es que los gastos defensivos no se condicen con las molestias y las consecuencias que tienen estos tipos de contaminación, además de que este método sólo sirve para valorar los efectos de la contaminación sobre las personas y no sobre los ecosistemas naturales.

En definitiva –y como dice Jiménez (1997)–, son los costos *ex post* de mitigar los daños causados por los efectos ambientales y por ello, proporcionan una estimación mínima de los costos originales del daño.

Cuando la contaminación afecta a una actividad productiva, podemos clasificar el método de medidas defensivas en dos tipos: (a) las relativas a la composición de la producción, esto es cambiar la actividad productiva por otra; y (b) al producirse una utilización más intensiva de otros factores productivos o la introducción de algunos nuevos que disminuyan el efecto negativo de la contaminación, (Azqueta, 1994).

• **Método de Gastos o Costos Preventivos, o Comportamiento Preventivo**

El método de los gastos preventivos emplea los costos que se han de sufragar para evitar el deterioro o la degradación de beneficios ambientales, por lo que es un método *ex ante*. Este método sirve para estimar los beneficios de usos indirectos con tecnologías de prevención.

La limitación que conlleva es que toda discrepancia entre los beneficios de las inversiones con fines preventivos y el nivel original de los beneficios puede redundar en estimaciones deformadas de la disposición a pagar, (Barbier y col, 1997).

• Método de Costos Evitados o Inducidos o de Daños Evitados

Se estiman los costos de evitar un daño medioambiental a un bien o un servicio, los que representan una parte del valor de ese bien o servicio; para ello se cuantifican los costos de los daños que se producirían, a través de la construcción de las funciones de daño. Se basa en el supuesto de que las estimaciones de los daños representan una medida de valor, (Barbier y col, 1997).

En el caso de llevar a cabo un plan de descontaminación, que afecta a actividades productivas, éstas ya no se verán afectadas a causa de la contaminación. Esta disminución de la contaminación permitirá recuperar los niveles normales de producción. Según lo anterior, multiplicando el resultado de los incrementos esperados de la productividad, por el precio, deberíamos tener la expresión económica del beneficio total atribuible a la medida adoptada, la que algunas veces es llamada, *el excedente del productor*. Luego, conocidas las funciones dosis-respuesta correspondientes y los niveles de contaminación, se puede recoger el impacto que tiene la medida propuesta sobre las distintas actividades productivas afectadas, (Azqueta, 1994).

Una versión más completa del caso anterior de este método consiste en estimar la función de producción de la explotación o actividad afectada, en la que el bien ambiental se combina con el resto de los factores de producción. Así, si se analiza el comportamiento de maximización de beneficios del productor podría ser posible estimar las elasticidades respuesta, (de la composición de la producción y de la combinación de factores productivos utilizada), ante un cambio en la calidad ambiental y, a partir de

estas elasticidades respuesta, tratar de monetarizar el valor de los cambios en el bienestar producidos, (Azqueta, 1994).

La Función de Daño

Se relaciona un impacto ambiental con su efecto directo, el cual puede ser sobre las personas o sobre el medio ambiente, para luego intentar valorar económicamente el efecto a través de la valoración de la vida humana, ya sea por su tratamiento (si es que hay enfermedad), por su estrés medido cómo baja en el rendimiento de su trabajo, o por su muerte, medido a través de la productividad perdida.

Lo que se propone es relacionar un impacto ambiental con ciertas consecuencias sobre las personas o el medio ambiente, relación que debe ser valorada económicamente a través de los otros métodos mencionados.

La gran limitación y crítica que se le hace a este método es que necesita que se le de valor monetario a la vida humana, con los cuestionamientos éticos que esto implica; y por otro lado, lo difícil que resulta aplicarlo, sobre todo en lo que respecta a medir la baja del rendimiento laboral.

• Método de Costos de Restauración, Reemplazo o Reposición

Este método consiste en la restauración o restablecimiento de un elemento del medio ambiente o una característica de éste, semejante a su origen natural, lo que daría una idea mínima del valor de las características que se han restaurado. O dicho de otra manera, representa los costos de reemplazar el actual uso productivo en una zona dada por el anterior estado natural, por lo que se aproxima el costo de restablecer el activo dañado a las condiciones naturales.

El método del costo de restauración, emplea los costos de restauración de bienes y servicios de ecosistemas. Este método es posible que sirva para evaluar funciones ambientales determinadas. Dados los rendimientos decrecientes y lo difícil que es restablecer las condiciones preexistentes en los ecosistemas, es dudoso que este método se pueda aplicar con alta precisión, sin embargo puede ser útil para darlos una aproximación referencial.

• Método de Costo de Mantenimiento

Este método se basa en los costos que se deben incurrir para mantener una o todas las características de un elemento del medio ambiente en las condiciones actuales, suponiendo que éstas últimas están, más bien sin intervención y sin daño medioambiental.

Este método es semejante al Método de Daños Evitados, con la salvedad de que aquí no se apunta a los costos de evitar un daño en particular, sino en mantener todas las características del bien o servicio ambiental integral. Por lo tanto, valora el conjunto de condiciones de protección ambiental, que permita cumplir con un estándar de calidad ambiental.

• Método de Capital Humano

Este método intenta valorar la vida humana por el capital humano que se pierde, medido por el valor actualizado de los salarios futuros de la persona, que reflejan la productividad marginal del trabajador.

Este método presenta una gran limitación no técnica, sino más bien dada por la ética, ya que presupone que la vida humana tiene un valor económico superior o inferior dependiendo del puesto de trabajo y las perspectivas de carrera profesional de cada trabajador, y más grave aún que la vida de los incapacitados o retirados de la vida activa

no tienen valor económico, y aún peor, éste puede ser negativo, ya que sólo generan costos en su existir sin contribuir a la producción, (Martínez y Roca, 2000).

• **Método de Costos de Salud o Efectos en la Salud**

Este método consiste en medir los impactos valorados como producción pérdida a causa de enfermedad o muerte, incluidos los ingresos que se dejan de percibir y los costos de atención de salud o de la prevención, (Jiménez, 1997).

Un caso particular de este método es el de los Costos de Tratamiento, esto es, los costos de tratar enfermedades causadas por contaminación ambiental.

• **Método de Costos de Oportunidad Indirecto**

El método del costo de oportunidad indirecto, emplea salarios dejados de percibir cuando las personas gastan su tiempo produciendo bienes no comerciales. Su gran ventaja es que sirve para evaluar, por ejemplo, los beneficios de subsistencia cuando el tiempo dedicado a la cosecha o recogida es una variable importante. Su limitación es que puede infravalorar sustancialmente los beneficios si el excedente del productor o el consumidor es apreciable, (Barbier y col, 1997).

• **Método de Costos de Sustitución**

El método del costo de sustitución, como bien lo dice su nombre, utiliza los costos de sustituir artificialmente bienes y servicios ambientales. Sirve para estimar los beneficios de usos indirectos cuando no se cuenta con datos ecológicos para estimar funciones de daños con métodos óptimos. Un gran desventaja es que es difícil asegurarse de que los beneficios netos del sustituto no excedan de los de la función original, o al contrario, además puede sobrevalorar la disposición a pagar si sólo se cuenta con indicadores físicos de los beneficios, (Barbier y col, 1997).

• Métodos del Bien Afín

Buscar deducir el valor de un bien, empleando información sobre la relación entre un bien o servicio no comercializado y uno que es objeto de comercio. Estos enfoques pueden aportar indicadores aproximados del valor económico, pero esto depende de las limitaciones impuestas por los datos, el grado de similitud de los bienes afines y la medida en que sean sustituibles. Dentro de este método se encuentran:

(a) Intercambio de Trueque

Descansa en el intercambio efectivo de bienes no comercializados. El enfoque del intercambio de trueque exige información sobre la relación de intercambio entre dos bienes.

(b) Sucedáneo Directo

Se basa en la premisa de que un bien comercializado puede ser sustituido por uno que no es objeto de comercio. El enfoque del sucedáneo directo exige información sobre la medida en que los dos bienes, el comercializado y el que no lo es, son mutuamente sustituibles.

(c) Sucedáneo Indirecto

Este método se basa, también en un bien sustitutivo, pero si éste no se intercambia en el mercado, su valor se deduce de una variación de la producción económica (lo que equivale a combinar el enfoque del sucedáneo directo y el de la función de producción). El enfoque del sucedáneo indirecto también requiere información sobre el grado en que los dos bienes son mutuamente sustituibles, y la contribución del bien sustitutivo a la producción económica.

2.4.4.3 Métodos Directos

Los métodos directos o de preferencias declaradas, es el caso en el cual los bienes o servicios a valorar económicamente no tienen mercado, y no se puede obtener una aproximación a su valor por métodos indirectos, por lo que se les construye artificialmente uno, preguntándole directamente a las personas su disposición a pagar, de esta manera las preferencias son expresadas a través de las respuestas a un cuestionario.

Dentro de ésta categoría podemos encontrar el método de Valoración Contingente, y el de Clasificación Contingente, entre otros. Tres de los cuales se explican a continuación:

- **Método de Valoración Contingente**

Se basa en encuestas al público (consumidores) en las cuales los encuestadores preguntan a acerca de la disposición a pagar (DAP) de los encuestados respecto de la preservación de un bien o de la preservación de la calidad actual de éste; o la disposición a ser compensado (DAC) de los encuestados ante la pérdida de un bien ambiental o la pérdida de la actual calidad de éste.

Este método establece un mercado hipotético para determinar la disposición de los entrevistados a pagar. Según la literatura actual éste es casi el único método que permite medir los valores de opción y existencia.

Este método es uno de los más usados, ya que presenta el gran beneficio de permitir la posibilidad de valorar toda la gama de valores que presenta el VET. El gran problema que presenta es que al ser una encuesta, y por lo tanto no es un mercado real, presenta varios sesgos, entre ellos:

- (a) Estratégico: pueden existir incentivos para el polizón o free-rider¹¹
- (b) Diseño
 - a. Sesgo de Punto de Partida: puede ser posible que el punto de partida de la puja tenga alguna influencia sobre el encuestado
 - b. Sesgo del Vehículo: puede que la elección del instrumento de pago pueda tener alguna influencia sobre el encuestado
 - c. Sesgo de la Información: pueden influir sobre el encuestado cualesquiera de las formas de entregar la información, que no sea totalmente neutral
- (c) Hipótesis: puede influir o no el hecho de ser un mercado hipotético y no "real"
- (d) Operacional: puede que las condiciones operativas del método se no aproximen a las condiciones de hecho del mercado¹².

• Mercado Simulado

Establece un mercado experimental en el que se producen intercambios monetarios reales. La gran ventaja de este método es que el escenario experimental controlado permite estudiar de cerca los factores que determinan las preferencias, a pesar de lo cual su concepción y aplicación son muy complicadas, además de una inversión económica importante, lo que dificulta su aplicación, sobre todo, en países en desarrollo, (Barbier y col, 1997).

• Clasificación Contingente

Clasifica y asigna valores a los elementos del medio ambiente en términos cualitativos más que cuantitativos. Este método genera valores estimativos de una serie de bienes y servicios sin necesidad de determinar la disposición a pagar por cada uno de ellos,

¹¹ Polizón o Free-Rider es el efecto que se produce cuando alguien no quiere pagar por algo porque todo el resto está pagando por ello, pero no porque no lo considere valioso.

¹² "Condiciones operativas" son los requisitos que deben ser satisfechos, entre ellos se encuentran, que los encuestados estén familiarizados con el bien o servicio que valorarán, y que tengan una experiencia anterior considerando las variaciones del bien o servicio.

(Barbier y col, 1997). El gran problema que presenta este método es que no determina directamente la disposición a pagar, y por ende no presenta las ventajas teóricas de los demás métodos.

2.4.4.4 La Transferencia de Beneficios

La transferencia de beneficios no es un método de valoración propiamente tal, ya que presenta el supuesto de que dos impactos o elementos del medio ambiente semejantes pueden transferir sus beneficios, y hasta cierto punto también sus resultados, desde un estudio realizado a uno de los elementos a otro elemento, que no posea estudio.

La transferencia de beneficios consiste en estimar un valor en un sitio alternativo, como base para estimar los valores en el sitio en que se está trabajando. Los estudios de transferencia de beneficios muchas veces son la única salida cuando por razones de información o presupuesto disponibles no es posible llevar a cabo un estudio completo de valoración.

Barbier y col. (1997) explican algunos casos, entre ellos el de Gren (1994), que describe un estudio de valoración total en que los beneficios de la reducción del nitrógeno por los humedales situados a orillas del Danubio se estimaron empleando información sobre los humedales de la isla sueca de Gotland.

Estos autores explican que un número importante de factores determinan si es o no aconsejable o posible llevar a cabo este método, entre ellos la semejanza o grado de similitud entre los sitios o elementos del medio ambiente. A la hora de decidir si cabe recoger datos originales para medir algún valor de un elemento, hay que determinar los costos de recogida de información y los inconvenientes de no contar con ella. Si los costos son mayores que los inconvenientes, un estudio de transferencia de beneficios puede representar una alternativa viable, pero esto dependerá muy fuertemente del tipo

de valoración que se trate y los objetivos de ésta, además del contexto en que se inserta. Además dependerá de si se cuenta o no con estimaciones originales de los beneficios, que sirvan de base para proceder a una transferencia.

Barbier y col. (1997) hacen notar que Krupnik (1993) describió que los impactos en la salud se prestan más a este tipo de valoración que otros, como las variaciones de los valores recreativos. Esto ocurre porque dado que los efectos de los cambios medioambientales afectan a los seres humanos indirectamente y se reflejan directamente en la forma en que las personas perciben su estado de salud, los estudios sobre el valor que asignan a la prevención de problemas de salud pueden emplearse independientemente de la causa de un problema específico, siempre que se tomen las precauciones necesarias.

En el estudio de Gren (1994) fueron empleadas estimaciones del valor atribuido por las personas (consumidores) a la reducción de las concentraciones de nitratos del agua de beber, lo que no tiene relación con el método empleado para eliminar los nitratos, (Barbier y col, 1997).

Aplicar la transferencia de beneficios a la recreación es bastante más difícil, porque dependen en gran parte de las características del sitio y de las personas incluidas en la muestra. Lo anterior representa una importante limitación de este método, ya que la recreación es un importante valor de uso no extractivo o no consuntivo (ver punto 2.4.3. VET y VAT) de muchos elementos del medio ambiente. Además, puede que distintos estudios se concentren en cuestiones diferentes, lo que contribuye aún más a invalidar los criterios de semejanza y por lo tanto la extrapolación de resultados.

Evidentemente, cuanto más parecidos sean no sólo los sitios, sino también las características de los mercados y los usuarios, mayor será la pertinencia de aplicar el método de transferencia de beneficios. Si los estudios originales consignan la demanda o los valores de servicios ecosistémicos, ello debería emplearse conjuntamente con las

variables observadas en el área o población objeto de estudio, en lugar del promedio aritmético de los valores contenidos en dichos estudios, (Barbier y col, 1997).

3. METODOLOGÍA

3.1 Introducción

Este estudio se desarrolló con un enfoque de sistema ambiental en la identificación de los componentes y sus relaciones físicas o de materiales, económicas y de información, con el fin de dar un contexto sistémico y poder llevar a cabo la identificación de los beneficios del Plan de Saneamiento.

En primer lugar se describió el sistema ambiental en que se inserta el Plan de Saneamiento, incluyendo una gráfica de las relaciones de los diferentes flujos (materiales, económicos, o de información) que se encuentran contenidos en el sistema ambiental. Posteriormente, se identificaron los beneficios del Plan de Saneamiento, y realizó una clasificación de éstos en relación a los flujos del sistema ambiental. Seguido de ello, se aplicó el concepto de VET a los beneficios del Plan de Saneamiento, a partir de los cuales se redefinieron los beneficios, tomando en cuenta las distintas características de cada elemento del medioambiente, a los cuales apuntó cada valor. Finalmente, se procedió a la elección de los métodos de valoración para cada beneficio en función de los componentes del VET asignados a éstos.

De esta manera, el presente trabajo intenta identificar los beneficios, y mostrar que éstos tienen valores y que, además, a algunos de estos valores es posible asignarles precio, aunque, por supuesto, no sin dificultades ni limitantes. Para ello, se buscarán los mejores métodos de valoración que puedan utilizarse con el fin de evaluar los precios que pudieran presentar estos beneficios.

Los métodos de valoración tienen diferentes maneras de aproximación al posible precio de un bien o servicio ambiental, sin embargo, al estar estos métodos en ciertos aspectos basados en el mercado, presentan grandes limitaciones y supuestos. Estos supuestos deben ser explicitados para poder tener presente que –en la evaluación de los beneficios

para obtener precios– se obtendrán aproximaciones gruesas que sólo nos darán una idea del real precio que podrían llegar a tener, pero en ningún caso el precio exacto.

3.2 Metodología del Estudio

3.2.1 Enfoques de Evaluación y Elección del Enfoque

3.2.1.1 Presentación de los Enfoques de Evaluación

El proceso de evaluación para la valoración económica se divide en tres etapas de análisis, según Barbier y col. (1997):

(A) Etapa 1: Determinación del problema y elección del *enfoque de evaluación económica*. La primera etapa es necesaria para determinar el enfoque apropiado para evaluar el elemento del medio ambiente que se trate o el cambio en la calidad de éste.

(B) Etapa 2: Determinación del alcance y los límites del análisis, así como de la información necesaria para aplicar el enfoque elegido. La finalidad de esta etapa es determinar qué información hace falta para aplicar el enfoque de evaluación elegido.

(C) Etapa 3: Determinación de las técnicas de recolección de datos y los métodos de valoración que la evaluación económica requiera. En esta etapa se pretende escoger los métodos de valoración apropiados.

Lo anterior se observa claramente en la Figura 3.2.1, la que muestra los pasos a seguir para la valoración económica de un elemento del medio ambiente, con los tres enfoques de evaluación posibles de ser elegidos.

Aparentemente las etapas de la evaluación y valoración económica se prosiguen la una a la otra en un proceso sucesivo, pero en realidad se produce un proceso de retroalimentación continua, ya que en cualquier etapa del proceso puede ser necesario volver atrás y revisar cualquiera de los procedimientos anteriores.

El proceso de tres etapas mostrado en la Figura 3.2.1 esta dirigido a calcular los valores económicos de un elemento del medio ambiente. A continuación se describen más extensamente cada una de ellas.

(A) Etapa 1: Determinación del Problema y Enfoque de Evaluación

En esta etapa se determina el objetivo o problema general. El tipo de enfoque de evaluación económica elegido dependerá directamente del problema que se desee abordar.

La valoración económica de un elemento del medio ambiente, según la presenta Barbier y col. (1997), puede abordarse con cualquiera de tres enfoques distintos, dependiendo del objetivo que tenga la valoración. Estos enfoques guardan relación con tres grandes categorías de objetivos, estas categorías son:

(a) Análisis de Impacto

Este método es útil cuando se esta tratando de analizar situaciones en que la alteración de un elementos del medio ambiente determinado, tiene repercusiones específicas. Cuando el medio ambiente está siendo contaminado por una actividad productiva, otras fuentes productivas pueden verse afectadas, así, las pérdidas de valores del medio ambiente derivadas de los daños representan los costos de la actividad perjudicial. Tales daños equivalen a las pérdidas de *beneficios netos de la producción*. Estos últimos, son los beneficios económicos de la producción menos los costos derivados de los impactos negativos de la actividad contaminante, más las pérdidas de beneficios ambientales netos, reflejadas por otras pérdidas en las características del elemento ambiental.

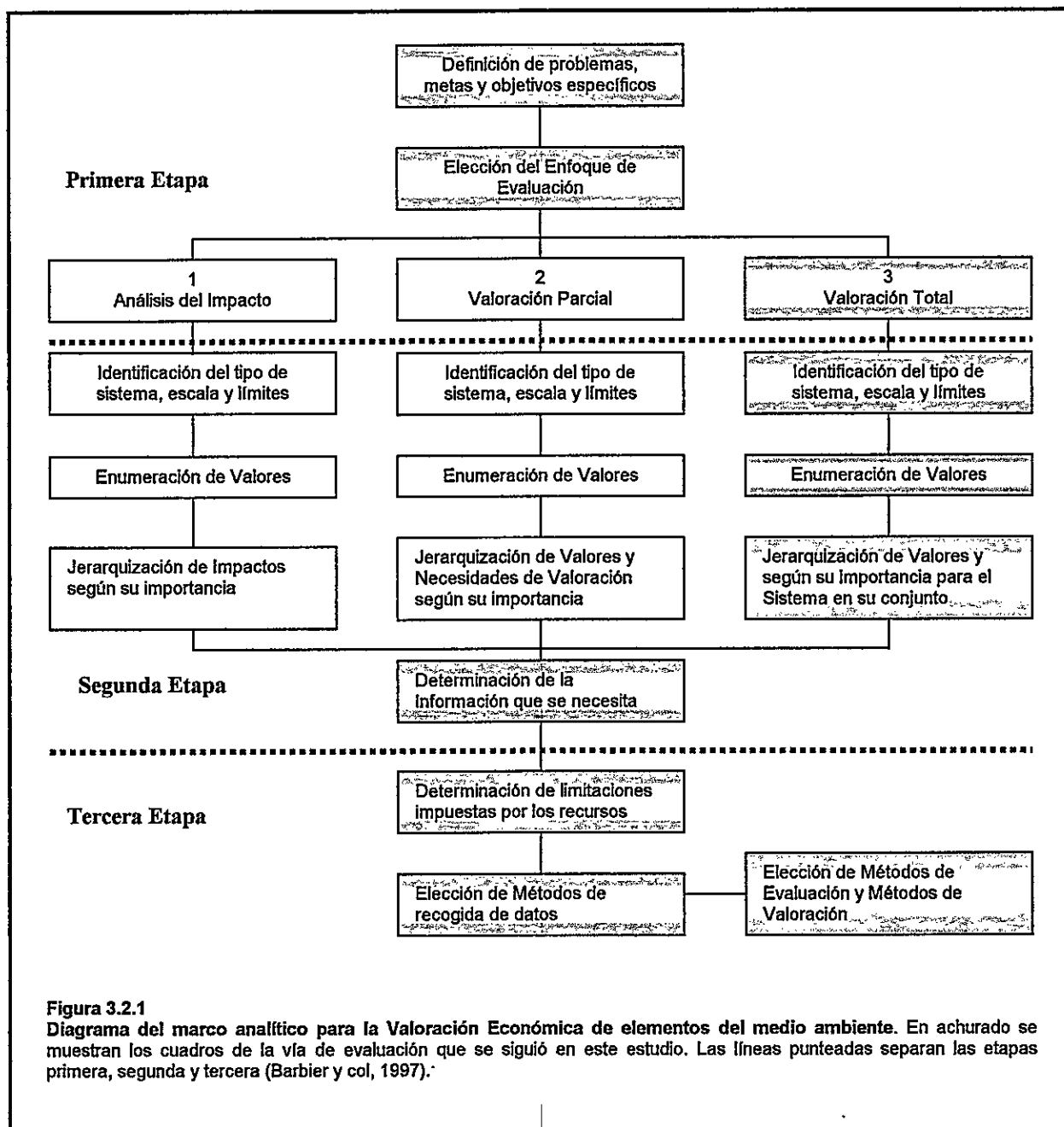


Figura 3.2.1

Diagrama del marco analítico para la Valoración Económica de elementos del medio ambiente. En achurado se muestran los cuadros de la vía de evaluación que se siguió en este estudio. Las líneas punteadas separan las etapas primera, segunda y tercera (Barbier y col, 1997).

El análisis de impacto se refiere a que la actividad productiva perjudicial impone costos externos al elemento del medio ambiente. Estos costos externos deben compararse con el aumento de beneficios netos del incremento de la actividad productiva perjudicial, ya que sus verdaderos beneficios netos solo se pueden determinar evaluando y valorando las pérdidas externas provocadas.

En el caso de una actividad de descontaminación como la que nos atañe, que cambia la calidad de un elemento del medio ambiente, este análisis de impacto no se aplica, ya que no hay un impacto negativo de una actividad productiva.

(b) Valoración Parcial

Este tipo de enfoque se utiliza principalmente para evaluar usos alternativos de un elemento del medio ambiente. Si existe posibilidad de desarrollar diferentes actividades productivas respecto de este elemento, se deben comparar los beneficios netos de cada uno de sus usos.

En este tipo de valoración no hace falta medir todos los beneficios que pueda reportar el bien o servicio ambiental, solo aquellos que son impactados por el proyecto de desarrollo.

(c) Valoración Total

Este enfoque es el más utilizado cuando se necesitan contabilizar todos los costos y/o beneficios relacionados a un elemento del medio ambiente. Es muy útil cuando se tiene interés en saber todos los beneficios que presenta un elemento para tomar decisiones acerca de su conservación o para incluirlo en las cuentas ambientales nacionales.

(B) Etapa 2: Determinación del Alcance y los Límites de la Valoración, así como de la Información requerida

El paso siguiente, una vez realizada la elección del enfoque a utilizar, es determinar el análisis y la información requeridos. Luego de determinado con precisión el elemento, una característica o servicio de éste, o un cambio en una característica de él, es necesario delimitar el estudio temporal y espacialmente, además de conceptualmente. Si el estudio es un análisis de impacto, entonces los límites conceptuales, espaciales y temporales, pueden ser breves, ya que abarcarán principalmente a los efectos causados por el impacto, y el tiempo en que se demoren en producirse estos efectos.

Posteriormente debe ahondarse en el análisis para determinar las características fundamentales del elemento de evaluación; para ello resulta útil distinguir (i) las funciones, que prestan servicios, (ii) los componentes estructurales, o bienes ambientales y (iii) las propiedades del elemento, que pueden tener un valor económico porque impulsan ciertos usos económicos, o bien porque se valoran a sí mismos.

Una vez identificado las características y valores principales, según el objetivo de la valoración, es necesario jerarquizarlos, lo que se hace con arreglo a los criterios que varían según el enfoque a utilizar.

En el caso de una valoración total hay que estimar cuales son las características que más contribuyan al valor total y de ser posible procurar estimar todos los valores importantes.

(C) Etapa 3: Determinación de Técnicas de Recogida de datos y Métodos de Valoración requeridos por la Evaluación Económica

En esta etapa se lleva a cabo la valoración propiamente dicha. Es importante recalcar que debe darse prioridad a la evaluación de los recursos, funciones y propiedades que ocupen los primeros lugares en la jerarquía.

Las limitaciones impuestas por los recursos y las técnicas de recogida de datos aplicables influyen en la elección de los métodos de valoración, pero por sobre todo, es que la mayoría de los métodos sirven para valorar sólo algunos componentes VET y no este último completamente.

3.2.1.2 Justificación del Enfoque a utilizar

En nuestro estudio pretendemos valorar los beneficios del Plan de Saneamiento en la cuenca Maipo-Mapocho, hasta la etapa de la selección de los métodos de valoración. Como se pretende valorar todos los beneficios del cambio en el estado de las aguas de la cuenca, entonces se ha escogido el enfoque de Valoración Económica Total.

El enfoque de Valoración Parcial no es atingente a este estudio porque la parcialidad de la valoración está centrada respecto de los valores, por lo que involucra valorar solo algunos, los que son atingentes al proyecto en particular, mientras que los más dificultosos no son tomados en cuenta. A diferencia de los anterior, la Valoración Total busca valorar todos los valores, los de uso directo e indirecto y hasta los de no uso o de legado, de los bienes o servicios que el elemento o una de sus características reporta.

3.2.2 Proceso de Evaluación para la Valoración Económica

El marco del proceso de evaluación en tres etapas presentado en el punto 3.2.1 se puede subdividir en siete pasos prácticos que se han de dar para someter un elemento del medio ambiente a valoración económica. Estos pasos son una metodología descrita originalmente por Barbier y col. (1997) para la valoración de humedales. Esta metodología fue adaptada, por la aproximación sistémica de la realización de este trabajo, es por ello que algunos pasos se han modificado y se ha omitido el séptimo paso. Estos pasos, se explican a continuación:

(A) Etapa 1

• Primer paso: elección del método de evaluación apropiado

Como se explicó anteriormente existen tres enfoques: análisis del impacto, valoración parcial y valoración total. Si el problema estriba en un impacto externo, como la

contaminación de un elemento del medio ambiente, convendrá llevar a cabo una análisis del impacto. Si estriba en la necesidad de optar entre usos alternativos de un elemento del medio ambiente, como por ejemplo, convertir un área silvestre en terrenos urbanizables, el enfoque apropiado será una valoración parcial. A veces el problema es más amplio. Por ejemplo, para elaborar una estrategia nacional de conservación es posible que haga falta evaluar la totalidad de los beneficios netos de un sistema de elementos del medio. En este caso se ha de llevar a cabo una valoración total.

(B) Etapa 2

• Segundo paso: determinación del área de estudio (a través de criterios espaciales)

Es posible que los límites del área donde se encuentre el elemento del medio ambiente hayan sido fijados ya con fines políticos, por ejemplo mediante la creación oficial de un parque nacional. Pero sería inadecuado seguir estos límites a priori.

En esta caso Barbier y col. (1997) argumentan que éstos deben ser obtenidos científicamente a partir de un grupo multidisciplinario empleando mapas que aporten información sobre la extensión cubierta por las inundaciones, los suelos, los usos agropecuarios y la vegetación, en el caso de los humedales.

En nuestro estudio, sin embargo se abordó desde la modelación de un sistema ambiental, para el cuál se fijaron criterios espaciales y temporales, de la misma manera que se fijan en el estudio ecológico de los ecosistemas.

• Tercer paso: determinación de componentes y flujos del sistema ambiental, y identificación de los beneficios

Este paso supone avanzar en la elaboración de una lista definitiva de componentes, funciones y propiedades del elemento del medio ambiente. Sin embargo, en nuestro caso

se realizaron dos subpasos: (i) la identificación de los principales componentes y flujos del sistema ambiental y (ii) la identificación de los beneficios que presenta el Plan de Saneamiento respecto de cada uno de esos flujos. Para ello se recurrió a distintas fuentes de datos, tal y como sugieren Barbier y col. (1997). Sin embargo la jerarquización que sugieren los autores no fue llevada a cabo, debido principalmente a la extensión y la dificultad de ordenar por importancia 47 beneficios.

• **Cuarto paso: determinación de la relación entre los beneficios y los valores de uso / no uso**

Este paso consiste en determinar si cada beneficio se relaciona con un uso directo o indirecto o un no uso. Barbier y col. (1997) aconsejan que este paso se realice a partir de entrevistas a miembros de las comunidades locales, así como los censos e informes de consultores. En este caso, esta determinación se llevó a cabo principalmente a través de bibliografía y datos de terreno.

• **Quinto paso: determinación y recogida de la información necesaria para llevar a cabo la evaluación**

Barbier y col. (1997) sitúan este paso como previo a elección de los métodos o técnicas de valoración apropiadas (sexto paso). Sin embargo y debido a que en el presente estudio no se realizará la evaluación económica, este paso se deberá realizar como un paso previo a la evaluación económica. A continuación se describe brevemente este paso, con el fin de entregar información útil para la futura evaluación económica.

Este paso supone determinar y conseguir los datos físicos, químicos y biológicos necesarios para llevar a cabo la evaluación (que varían según los valores de que se trate) y decidir qué métodos de valoración emplear para recogerlos y analizarlos.

Además, hay que recoger información sobre el alcance y el índice de utilización del elemento del medio ambiente por el ser humano. También en este caso es posible que se necesiten datos sobre cuestiones muy variadas, tales como los rendimientos de la agricultura y la pesca, el turismo o la reducción de los daños causados por tormentas o inundaciones, y por ende distintos métodos de recogida y fuentes de información.

Se necesita información sobre todos los insumos y productos de todas las actividades económicas sustentadas o protegidas directa o indirectamente por las funciones ecológicas del elemento del medio ambiente. Esto abarca los costos económicos de los insumos y los precios de los productos. En cuanto a los insumos, hay que hacer un distingo entre los comerciales y los no comerciales. Análogamente, hay que distinguir entre los productos que se comercializan y los que no. Se necesitan también datos sobre los precios al productor y al consumidor, así como del transporte, y otros costos intermedios de los productos comercializados. En cuanto a los productos que no se comercializan, es necesario conocer los índices de consumo y puede ser útil conseguir información sobre los precios de mercado de cualesquiera productos sustitutivos o alternativos.

La recogida de datos debe empezar con una búsqueda bibliográfica de las estadísticas y estudios existentes y de los análisis sobre la región, que pueden aportar una parte de la información necesaria. Acto seguido, se han de llevar a cabo cualesquiera encuestas *in situ* respecto de las distintas actividades económicas. Una evaluación rural rápida basada en entrevistas cortas con productores y agricultores y la participación colectiva puede servir para reunir información general sobre los usos del elemento del medio ambiente por el ser humano, así como datos económicos.

(C) Etapa 3

• Sexto paso: cuantificación de los valores económicos

En esta etapa se han de elegir y aplicar los métodos de valoración apropiados. Éstos se examinan en el punto 2.4.4 del capítulo 2.

Los métodos deben ser elegidos cuidadosamente a fin de que sea pertinente desde el punto de vista teórico, sea adecuado para el elementos del medio ambiente que se esta valorando y se adapte a las circunstancias locales.

La segunda parte de este paso (aplicación de los métodos) junto con el paso cinco, son los dos que deben seguirse cuando se proceda a realizar la evaluación económica de los beneficios del Plan de Saneamiento.

3.2.3 Elección del Enfoque de Clasificación de los Beneficios con respecto de los componentes del VET

En distintos estudios existen diferentes maneras de abordar la forma en que los beneficios son valorados, muchos de ellos plantean el VET como su marco conceptual a partir del cual enumeran los beneficios, y desde allí buscan algún método de valoración apropiado. Otro tipo de aproximación usada, es la de presentar el problema de valoración ya sea este de impacto negativo o positivo, y escoger un método para valorarlo; en estos casos la gran parte de los estudios escogen los métodos tradicionales, Valoración Contingente, Costo de Viaje, Precio Hedónicos.

En este estudio fue usada una aproximación en la que, a través de la identificación de un sistema ambiental fueron especificados los beneficios de Plan de Saneamiento y a partir de éstos últimos, que fueron clasificados según los componentes del VET, se identificaron los métodos más adecuados para cada uno de los beneficios.

3.2.4 Elección de los Métodos de Valoración correspondientes al VET

3.2.4.1 Proceso de Selección de Técnicas

Según Figueroa (2003) el proceso de selección de técnicas o métodos de valoración, puede entenderse como se muestra en la Figura 3.2.2, en la que se aprecia algunos de los diferentes caminos que existen para la elección de los métodos de valoración, según se correspondan con elementos, servicios o impactos medioambientales.

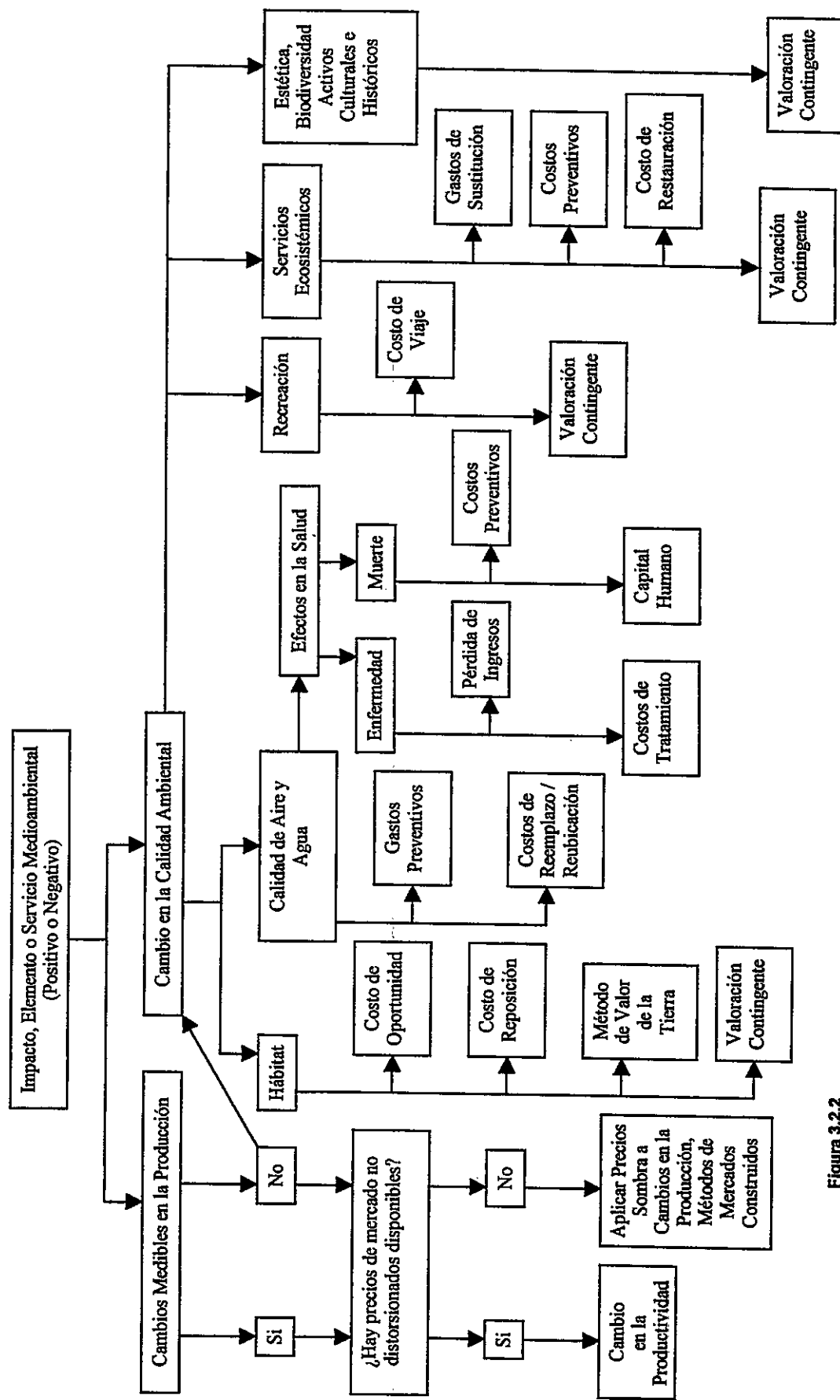


Figura 3.2.2
Proceso de selección de los métodos de valoración, en el que se observan algunos de los métodos a utilizar según el impacto, elemento o servicio medioambiental (positivo o negativo) que se requiera valorar. (Modificado de Figueroa, 2003)

4. RESULTADOS

4.1 Beneficios del Plan de Saneamiento en un contexto de Sistema Ambiental

4.1.1 Descripción del Sistema Ambiental

El Sistema Ambiental del Plan de Saneamiento está definido por la pregunta: “¿Cuáles son los beneficios del Plan de Saneamiento de la cuenca Maipo-Mapocho?”, y en función de estos beneficios “¿Cuál es el valor económico total de estos beneficios?”, según lo anterior los componentes seleccionados deben estar en relación con el tipo de pregunta de que se trata, esto es, relacionada a los bienes y servicios que se producen a partir de los beneficios del Plan de Saneamiento, al igual que las interacciones que entre éstos se den.

Así, los componentes relevantes serán los que tengan relación con la producción de beneficios del Plan de Saneamiento, o serán los componentes que reciban estos beneficios. Las interacciones descritas serán, entre otras, los beneficios del Plan de Saneamiento, que se produzcan desde un componente (subsistema) a otro dentro del sistema ambiental, además de las relaciones de información, capital, y flujos de materiales.

4.1.2 Criterios de Delimitación

El sistema ambiental, en lo que respecta a sus flujos, está delimitado por varios tipos de criterios:

- (i) Flujos de Materiales ó Físicos (Agua, Lodos, Servicios Ecosistémicos)
- (ii) Flujos Económicos (Capitales o de Dinero)
- (iii) Flujos de Información

Respecto a la escala espacial del sistema ambiental, éste está delimitado por la cuenca Maipo-Mapocho, ya que los límites dónde es posible observar los beneficios del Plan de Saneamiento son en esta escala.

Respecto a la escala temporal, el sistema ambiental presenta varias escalas, en primer lugar está delimitado por el tiempo de funcionamiento del Plan de Saneamiento, y en segundo lugar, por la realización de los beneficios de éste sobre los subsistemas componentes del sistema ambiental. Sin embargo, esta temporalidad es engañosa, debido a que se incluyeron los beneficios que presentará el Plan de Saneamiento en la cuenca, — lo que tendrá beneficios sobre las generaciones futuras—, por lo que la escala a usar en este segundo aspecto es bastante grande (decenas de años). Debido a que es la escala más grande la que define la escala temporal del sistema ambiental, entonces la escala definida para el sistema ambiental en estudio es de varias decenas de años.

4.1.3 Estructura del Sistema Ambiental

Por estructura del sistema ambiental se entiende la composición de sus elementos y flujos. Los elementos constitutivos del sistema ambiental delimitado para nuestra pregunta son:

- (a) Subsistema Social: Esta constituido por el conjunto de personas de la ciudad de Santiago y los centros urbanos y rurales que se sitúan en la cuenca Maipo-Mapocho y las propiedades emergentes sociales que se generan, propias de la interacción entre las personas.
- (b) Subsistema Natural: Es el conjunto de ecosistemas naturales (con distintos grados de intervención) que presenta la cuenca Maipo-Mapocho (en cuanto ésta como sistema natural), que puedan ser afectados por el Plan de Saneamiento. Inclusive la Zona Costero-Litoral de afluencia del Maipo.

- (c) Subsistema Económico-Productivo: Es el conjunto de actividades económicas y productivas presentes en la cuenca Maipo-Mapocho, incluyendo a la industria, agricultura, pesca, y la producción de servicios, entre otros.
- (d) Subsistema Público: Es el conjunto de organismos y organizaciones del Estado (y sus respectivas institucionalidades) que tienen influencia en la toma de decisiones en lo que respecta al Plan de Saneamiento y que interactúan con Aguas Andinas en el desarrollo del Plan de Saneamiento. Especialmente CONAMA.
- (e) Subsistema de Saneamiento - Aguas Andinas: Empresa Sanitaria que lleva a cabo el Plan de Saneamiento de aguas servidas en la Región Metropolitana.

Los beneficios del Plan de Saneamiento están contextualizados en un sistema ambiental que se creó a partir de la puesta en marcha del propio Plan. Con anterioridad al funcionamiento de éste había una estructura de relaciones perjudiciales entre los subsistemas interactuantes lo que se observa en la Figura 4.1.1. En esta figura es posible observar los flujos o relaciones más importantes que existían por la falta de tratamiento de las aguas servidas, éstos flujos son básicamente producción de enfermedades patógenas (a través del ciclo largo y ciclo corto), producción de malos olores y mantención de hábitat para animales vectores, así como producción de una importante cantidad de gases efecto invernadero (metano, óxido nitroso y dióxido de carbono). Es relevante hacer notar que de éstos sólo dos fueron descritos en el Programa de Tratamiento¹³ como impactos negativos que se reducirían en función de la puesta en marcha del Plan de Saneamiento, estos son los beneficios de “Reducción en la incidencia de enfermedades enteroparasitarias” y “Disminución de vectores sanitarios”.

¹³ Ver EMOS (1995).

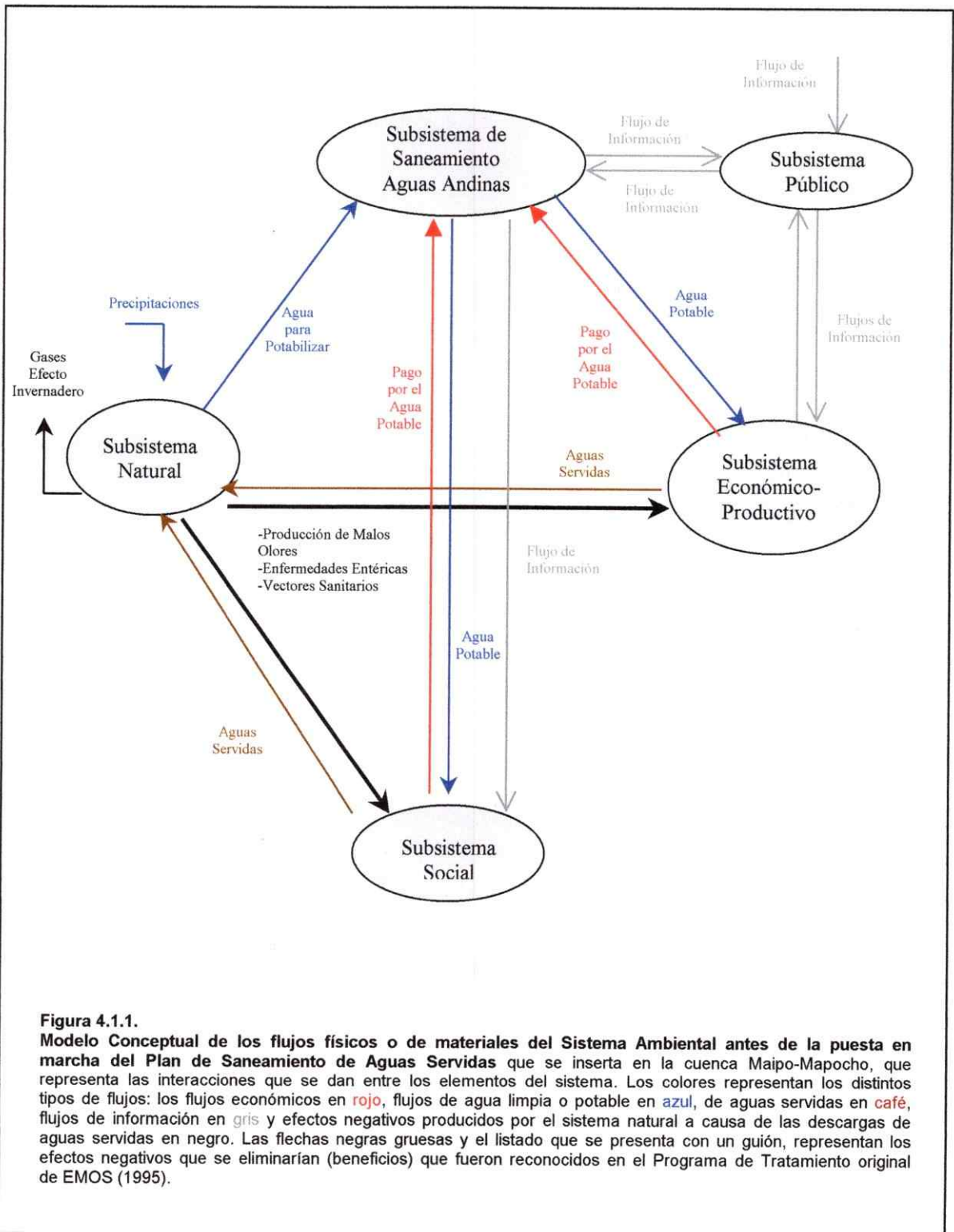


Figura 4.1.1.

Modelo Conceptual de los flujos físicos o de materiales del Sistema Ambiental antes de la puesta en marcha del Plan de Saneamiento de Aguas Servidas que se inserta en la cuenca Maipo-Mapocho, que representa las interacciones que se dan entre los elementos del sistema. Los colores representan los distintos tipos de flujos: los flujos económicos en rojo, flujos de agua limpia o potable en azul, de aguas servidas en café, flujos de información en gris y efectos negativos producidos por el sistema natural a causa de las descargas de aguas servidas en negro. Las flechas negras gruesas y el listado que se presenta con un guión, representan los efectos negativos que se eliminarían (beneficios) que fueron reconocidos en el Programa de Tratamiento original de EMOS (1995).

Gracias al Plan de Saneamiento estas relaciones perjudiciales van a desaparecer, a lo que se suma que se crearán un sinnúmero de otros flujos positivos entre los subsistemas, estos flujos pueden agruparse en tres grandes categorías, ellos son:

(a) Flujos Físicos o de Materiales

Estos flujos pueden ser de diferentes tipo, pero en general, hacen referencia a flujos de cosas o servicios físicos entre los componentes del sistema, estos pueden ser:

- Flujos de Agua Natural, Potable, Servida o Saneada: Están referidos a los flujos de agua, ya sea agua natural, potable, contaminada (aguas servidas), o agua saneada, que se dan a través de los componentes del sistema.
- Servicios Ecosistémicos: Están referidos a una acción realizada por el ecosistema que satisface una necesidad humana. Es importante hacer notar que los ecosistemas naturales presentan funciones ecosistémicas, las que en su funcionamiento realizan Servicios Ecosistémicos, y son estos servicios, los que presentan beneficios indirectos para la humanidad.
- Lodos: Están referidos al flujo físico de lodos que se realizará hacia sectores naturales o de agricultura, producto del saneamiento.

(b) Flujos Económicos

Se refieren a los flujos económicos, monetarios y de capitales en relación al Plan de Saneamiento. Los flujos de capitales, son los préstamos y pagos de éstos, realizados por Aguas Andinas S.A., para llevar a cabo el Plan de Saneamiento, los flujos económicos están relacionados a servicios que presta el Plan de Saneamiento que se transforman en aumento de la producción o ganancia neta por parte de sectores de los componentes que reciben estos flujos, y los de Dinero están relacionado a pagos de tratamiento de agua potable, alcantarillado (mantención) y distribución.

Entre estos se pueden distinguir: (i) los que ya existen y son fácilmente identificables (pago por el tratamiento del agua potable, pago por el alcantarillado, pago por

distribución), y (ii) los que creó el Plan de Saneamiento y que no son fácilmente identificables.

(c) Flujos de Información

Se refieren a flujos en los que, lo que circula es información que al llegar a un componente del sistema, este componente puede transformarla en un flujo distinto.

En la Figura 4.1.2a se observa que los distintos tipos de flujos interactúan entre ellos, así un flujo que puede ser económico al llegar a un subsistema (por ejemplo el social) se transforma en un tipo diferentes de flujo (físico), que está en un nivel distinto (Figura 4.1.2b). En la Figura 4.1.2b se representan básicamente la misma idea que en el modelo anterior (Figura 4.1.2a), con la diferencia de que hace notar que los distintos tipos de flujos no representan sistemas separados ni subsistemas dentro del sistema ambiental, sino más bien niveles diferentes en los que interactúan los distintos subsistemas, lo que produce un macro sistema de flujos, que se observa en la Figura 4.1.2 a y b.

En la Figura 4.1.3 se observa claramente el Sistema Ambiental, incluyendo sus componentes y flujos, diferenciados por tipos. Teniendo estos 3 tipos de interacciones entre los subsistemas del sistema ambiental, es posible distinguir todos los 'beneficios particulares', y flujos específicos en el sistema. Los que se detallan a continuación.

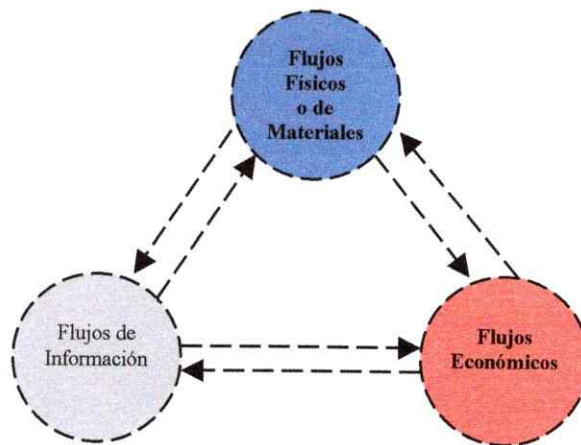


Figura 4.1.2a

Modelo Conceptual de interacciones entre los distintos tipos de Flujos en el Sistema Ambiental en estudio. Se puede observar que los distintos tipos de flujos interactúan entre ellos, por lo que el Sistema Ambiental se vuelve complejo. Los colores representan los distintos tipos de flujos: Flujos Físicos o de Materiales, -los que pueden ser agua con distintos grados de pureza o contaminación, pueden ser Servicios Ecosistémicos, o pueden ser lodos- en azul, Flujos de Información en gris y Flujos Económicos en rojo. Las flechas indican conexiones entre los diferentes flujos, estas conexiones son interacciones, no flujos.

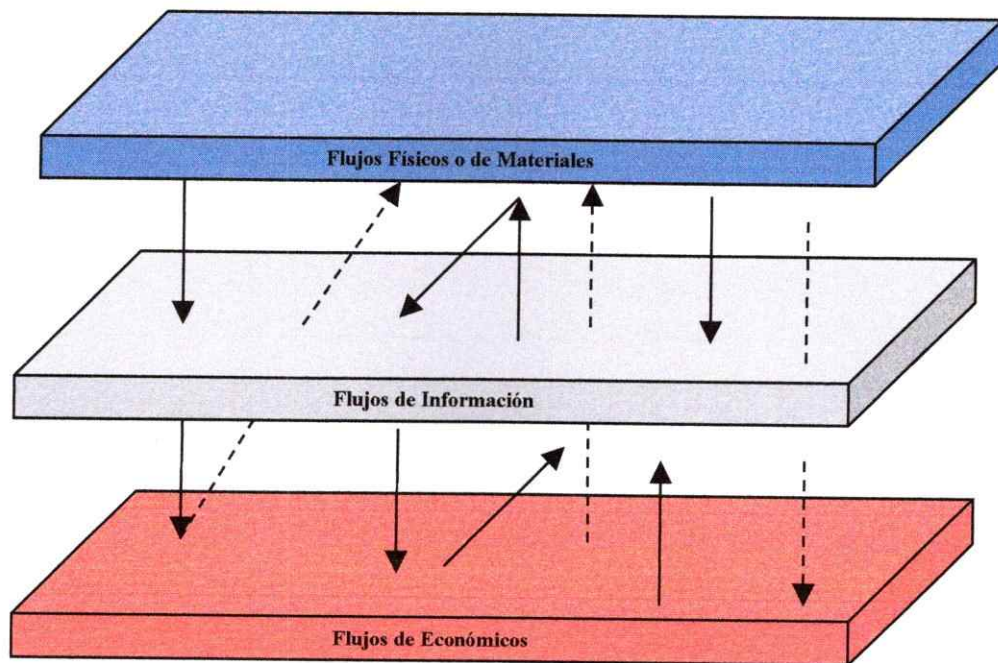


Figura 4.1.2b

Modelo Conceptual de interacciones entre los distintos niveles de Flujos en el Sistema Ambiental en estudio. Los colores representan los distintos tipos o niveles de flujos: Flujos Físicos o de Materiales, -los que pueden ser agua con distintos grados de pureza o contaminación, pueden ser Servicios Ecosistémicos, o pueden ser lodos- en azul, Flujos de Información en gris y Flujos Económicos en rojo. Las flechas indican conexiones de interacción entre los diferentes flujos. Las flechas discontinuas representan interacciones que van desde los Flujos Económicos hasta los Flujos Físicos directamente, o viceversa y no interactúan necesariamente con los Flujos de Información.

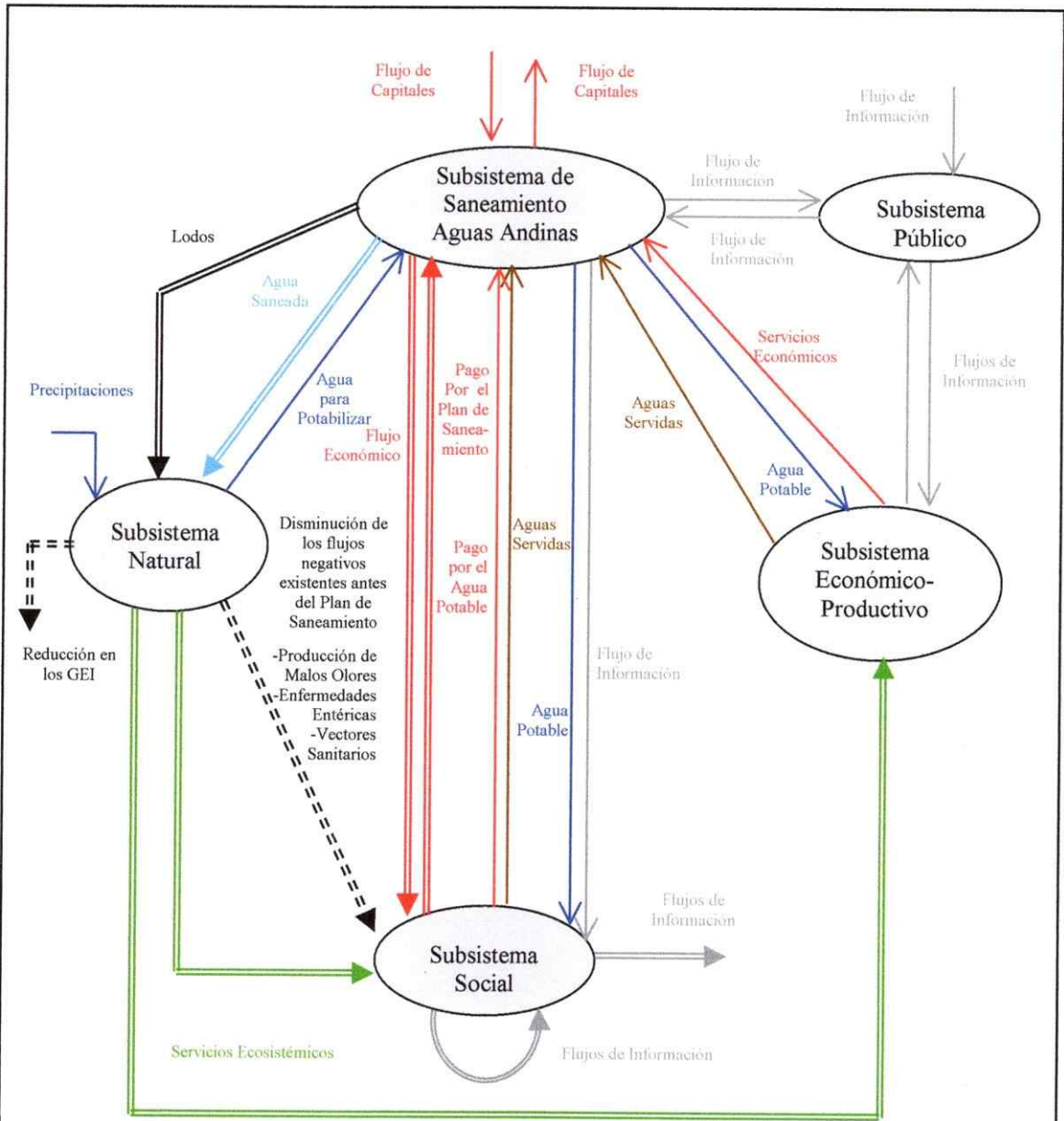


Figura 4.1.3.

Modelo Conceptual del Sistema Ambiental del Plan de Saneamiento de Aguas Servidas que se inserta en la cuenca Maipo-Mapocho, que representa las interacciones o flujos físicos o de materiales, económicos, y de información, que se dan entre los elementos del sistema. Las flechas dobles y llenas (\Rightarrow) representan flujos que son servicios producidos por el Plan de Saneamiento, mientras que las flechas simples y vacías (\rightarrow) representan otros flujos entre los elementos, además, con línea continua (\Rightarrow) se observan los flujos con beneficios directos y con línea discontinua (\Rightarrow) los flujos con beneficios producidos por reducción de un flujo existente anteriormente al Plan de Saneamiento. Los colores representan los distintos tipos de flujos: flujos económicos, de capitales o monetarios en rojo, flujos de información en gris, flujos de materiales 'no-agua' en negro, servicios ecosistémicos en verde, flujos de agua limpia o potable en azul, y agua saneada por el Plan de Saneamiento en celeste y de aguas servidas en café.

4.1.3.1 Beneficios basados en Flujos Físicos o de Materiales

Beneficios Ecológicos:

1) Recuperación y Recolonización de Poblaciones de Especies

El tratamiento de las aguas que se descargan a la cuenca Maipo-Mapocho implicará la descontaminación de las aguas de la cuenca, lo que creará condiciones más favorables para la recuperación o el repoblamiento de especies que existieron previamente en estos sectores, y que migraron o desaparecieron del sector por la contaminación. También es posible que cree condiciones favorables para el poblamiento de especies nativas, con origen en otros sectores del país, que ahora puedan encontrar un hábitat en la cuenca.

2) Restauración de Hábitats (en los Ríos y la Zona Costera)

El tratamiento de las aguas servidas que se descargan a los cauces de la cuenca Maipo-Mapocho permitirá que éstos comiencen un proceso de recuperación de varias de las características que presentaban con anterioridad a la contaminación por las aguas servidas. Lo anterior implicará una restauración de los ecosistemas de los ríos Maipo y Mapocho, esto significa una restauración de los flujos de materiales y energía que existían, lo que conlleva la recuperación o restauración de los hábitats que estos cauces proveían.

3) Uso Potencial de Especies de Flora y Fauna de los Ríos

Las especies de flora y fauna de los ríos que actualmente están desaparecidas o disminuidas y que se recuperarán con la restauración de los ecosistemas en los cauces, podrían potencialmente tener un uso para fines farmacológicos, de pesca o de consumo, en el futuro, dependiendo de las nuevas posibilidades que den las investigaciones.

4) Uso Potencial de Especies de Flora y Fauna de la Zona Costera

Las especies de flora y fauna litorales que actualmente están muy disminuidas o contaminadas y que se recuperarán y / o descontaminarán con la restauración y descontaminación de la zona costera, podrán tener un uso potencial en el futuro para fines farmacológicos, de pesca o de consumo, dependiendo de las nuevas posibilidades que den las investigaciones.

5) Recuperación y Recolonización de Poblaciones de Especies en Extinción en Ríos, Riberas, y Zona Costera

En la cuenca Maipo-Mapocho existió una gran cantidad de especies que migraron o desaparecieron del sector a causa de la contaminación (por la descarga de las aguas servidas a la cuenca). Muchas de estas especies actualmente están con problemas de conservación (vulnerables o en peligro). Con el tratamiento de las aguas servidas, se descontaminarán las aguas de la cuenca, lo que creará condiciones favorables para el repoblamiento de las especies migraron o desaparecieron del área de la cuenca, que presentan problemas de conservación, lo que será un aporte a su mantención en el tiempo.

6) Restauración de Ecosistemas

El tratamiento de las aguas servidas que se descargan a los cauces de agua de la cuenca Maipo-Mapocho permitirá que estos cauces comiencen un proceso de recuperación de varias características anteriores a la contaminación, lo que significará una restauración de los ecosistemas de los ríos Maipo y Mapocho, esto es restaurar parcialmente los flujos de materiales y energía que existían con anterioridad a la recepción de las aguas servidas.

7) Biodiversidad de los Ríos y Zona Costera

El tratamiento de las aguas servidas que se descargan a los cauces de agua de la cuenca Maipo-Mapocho, permitirá que estos cauces comiencen un proceso de recuperación de varias características anteriores a la contaminación por estas descargas, lo que significará una restauración de los ecosistemas de los ríos Maipo y Mapocho, lo anterior permitirá restaurar la biodiversidad a nivel de ecosistemas en la cuenca. Por otro lado, estarán dadas las condiciones para la recuperación del hábitat de muchas especies que migraron o desaparecieron del área, por lo que se reestablecerá también la biodiversidad a nivel de especies en la cuenca.

Servicios Ecosistémicos:

8) Control de Gases Efecto Invernadero

Las aguas servidas, contienen alta cantidad de materia orgánica y microorganismos, que realizan procesos biológicos para obtención de energía como respiración, fermentación o metanogénesis. Estos procesos liberan altas cantidades de gases a la atmósfera, entre ellos CO_2 , CH_4 , N_2O , principalmente, algunos de los cuales son 'gases efecto invernadero' (GEI). El entubamiento a través de los interceptores y emisarios de las aguas servidas que desprenden estos gases y su tratamiento permite un control de éstos, por lo que ya no habrá emisiones de CH_4 y N_2O a la atmósfera. Simultáneamente el CH_4 proveniente de los procesos biológicos en los cursos de agua será ingresado a los fermentadores de las plantas de tratamiento transformándolo, a través de la quema, en CO_2 , el menos contaminante de los GEI.

9) Potencial uso del Lodo en Plantaciones Forestales en Laderas (Control de la Erosión)

Los lodos que se producen en las plantas de tratamiento del Plan de Saneamiento, ricos en materia orgánica, así como minerales traza y otros nutrientes para la vegetación (nitrógeno, fósforo), se podrán utilizar con distintos fines, entre ellos la recuperación de suelos degradados, ya que presentan todas las características que son necesarias para la plantación de especies vegetales, (materia orgánica y nutrientes). Además podrán recuperarse suelos que presentan relaves mineros, a través de la disposición de lodos con importante cantidad de materia orgánica y la reforestación.

10) Protección de Laderas por la no Extracción de Tierra de Hojas (por la producción de Compost)

Las plantas de tratamiento del Plan de Saneamiento producirán grandes cantidades de lodos, estos lodos serán usados en diferentes áreas, una de ellas es hacer compost. Algunos de los usos del compost producen indirectamente grandes beneficios, ya que evita el comercio y uso de tierra de hoja, comercio que en la actualidad causa un importante efecto de degradación de los suelos de las áreas pre-cordilleranas de la Región Metropolitana; la degradación de estos suelos provoca una multitud de efectos negativos, entre ellos, pérdida de suelo fértil, pérdida de especies nativas y cobertura vegetal, y una disminución de la calidad del agua de la cuenca ya que la falta de suelo aumenta el arrastre de sedimentos.

11) Cambios en la Biodiversidad

Los cauces de agua de la cuenca Maipo-Mapocho serán saneados, con lo que prestarán el servicio de eliminación de biodiversidad patógena y microbiana, y asimismo poblamiento de nueva y más grata biodiversidad (algas, peces, aves), al permitir un proceso de reparación de varias características anteriores a la contaminación

(especialmente hábitat y condiciones para la vida). Esto significará además un posible restablecimiento de la biodiversidad a nivel de ecosistemas en la cuenca Maipo-Mapocho, además de recuperar la biodiversidad específica principalmente la nativa.

12) Prevención de la Contaminación del Acuífero

Actualmente, las aguas de los cauces de la cuenca (especialmente el río Mapocho) son usadas para obtener agua de riego para los canales, los que transportan estas aguas contaminadas a las zonas de riego, estos sectores presentan alta porosidad del suelo por lo que infiltran al acuífero una cantidad importante de esta agua altamente contaminada, lo anterior provoca que el acuífero se contamine con patógenos y materia orgánica.

Al eliminar la materia orgánica y los patógenos de los cauces, se revertirá la tendencia sostenida de contaminación del acuífero. Esto se producirá particularmente en la zona poniente de la Región Metropolitana, donde adicionalmente, el agua es captada en pozos poco profundos para fines de agua para bebida humana de campesinos (norias) y dueños de parcelas de agrado, de esta manera se prevendrá una futura contaminación del acuífero.

13) Prevención de la Contaminación con Nutrientes del Acuífero

Gracias al uso de lodos como fertilizante o en forma conjunta como parte de los fertilizantes minerales (nutrientes), se dejará de usar una importante cantidad nutrientes minerales que contaminan el acuífero, por lo que se prevendrá la futura contaminación de éste con nitratos y fosfatos de origen agrícola.

14) Reproducción de Especies

Los cauces de agua de la cuenca Maipo-Mapocho al estar saneados, podrán prestar el servicio ecosistémico de recuperación y especialmente mantención de hábitats lo que

posibilitará la recuperación y el repoblamiento de especies que existieron previamente en la cuenca, o el poblamiento con otras especies nativas, provenientes de otros sectores del país, que ahora puedan encontrar en la cuenca su hábitat reproductivo.

15) Mejora en Estética y Paisaje, y Aumento de la Belleza Escénica

Cuando este saneadas las aguas que se descargan a los ríos, se producirá una restauración del hábitat para la flora y fauna que habita en el río, especialmente, en la cuenca media y baja. Esto provocará una mejora en el paisaje (especialmente en los alrededores de los cursos de agua), lo que se traducirá en una mejora en la estética en los cursos de agua y en los alrededores de éstos, que se traducirá en un impacto visual positivo y en un hermosteamiento de los cauces.

Beneficios Agrícolas:

16) Mejora en la Productividad de las Zonas Agrícolas Degradadas (por recuperación de suelos degradados)

Los lodos, ricos en materia orgánica, minerales traza (micronutrientes) y otros nutrientes para la vegetación (macronutrientes como el nitrógeno, fósforo, etc), que se producen en las plantas de tratamiento, podrán ser utilizados en distintos fines, entre ellos la recuperación de suelos agrícolas degradados, ya que presentan todas las características que son necesarias para la plantación de especies vegetales, (materia orgánica y nutrientes). De esta manera muchos suelos, actualmente con muy bajo o sin valor agrícola podrán tener una mayor calidad y podrán mejorar su productividad.

17) Mejora en la Calidad Higiénica del Suelo

El riego actual, con aguas con alto porcentaje de aguas servidas, es una gran fuente de contaminación del suelo por organismos y microorganismos patógenos, ya sea bacterias,

virus resistentes, platelmintos (en estado de huevo) y artrópodos (insectos, ácaros) en estado adulto o larvario, que no se encuentran naturalmente en él; esto provoca una contaminación biológica importante. Esta situación cambiará con la puesta en marcha del Plan de Saneamiento.

Beneficios por Producción de Lodos:

18) Producción de Compost (para venta)

Las plantas de tratamiento del Plan de Saneamiento producirán grandes cantidades de lodos. Estos lodos podrán ser usados en diferentes formas, una de ellas es hacer compost para distintos fines (fertilización, plantaciones, recuperación de suelos, etc.). Esto produce un importante beneficio económico para Aguas Andinas, ya que el compost podría ser vendido.

19) Ahorro en Consumo de Fertilizantes

Actualmente la agricultura ocupa una importante cantidad de fertilizantes, muchos de los cuales son minerales, por lo que son rápidamente disueltos en agua y liberados del suelo a una tasa a la cual supera grandemente la capacidad de absorción de las plantas, por lo que no se aprovechan en la función para la cual fueron creados. La característica más importante de los nutrientes contenidos en los lodos es que al estar formando un complejo con componentes orgánicos, son de lenta liberación, por lo que pueden ser absorbidos por los vegetales, aprovechándose mucho más en la fertilización del suelo para las plantas que los fertilizantes minerales. Todo lo anterior traerá como resultado un ahorro en el consumo de fertilizantes por parte de los agricultores que usen los lodos.

20) Mejora en la Productividad Agrícola (por cambios en la Fertilización)

El uso de lodos en la agricultura conlleva otro beneficio, ya que los lodos presentan minerales traza, también llamados *micronutrientes* (Mn, Cu, Zn y Fe), que generalmente están ausentes en el suelo agrícola a pesar de que éste sea de buena calidad, ya que los suelos agrícolas han sido continuamente utilizados, sin posibilidad de recuperación de éstas sustancias la mayor parte del tiempo. Estos micronutrientes mejoran la calidad de los cultivos, ya que abastecen de Manganeseo (Mn), Cobre (Cu), Zinc (Zn) y Hierro (Fe) a las especies vegetales. El lodo proveniente de las plantas de tratamiento posee, en cantidades bajas pero importantes estos minerales traza, por lo que al usar lodos en suelos agrícolas se abastecerá a éstos de los importantes micronutrientes que son necesarios para el crecimiento adecuado de muchos cultivos.

Beneficios relacionados al Agua:

21) Mayor Oferta y Disponibilidad de Agua

Debido a la puesta en marcha del Plan de Saneamiento, habrá un aumento en las cuentas de agua de los consumidores, ya que se cobrará por los costos que supone el tratamiento de aguas servidas, –en función de los metros cúbicos de agua potable consumida– por lo tanto, se presume que los consumidores tenderán a utilizar menos agua potable con el fin de ‘palear’ el alza intentando mantener un monto de la cuenta semejante al que tenían anterior al cobro por el Plan de Saneamiento, (esto es posible porque el agua consumida no es el mínimo necesario, sino que muchos consumidores derrochan grandes cantidades de agua en el lavado de autos con la manguera corriendo y/o el regado de jardines a pleno sol), por ende habrá una disminución en el consumo efectivo de agua potable.

Esta disminución del consumo de agua potable, presenta efectos positivos en la sustentabilidad del uso del recurso hídrico, ya que si se consume menos agua, también es posible dejar más agua disponible para “uso” del sistema natural, como mantención de

poblaciones y especies en los sistemas lóticos de la cuenca Maipo-Mapocho. Sumado a lo anterior, al tener más agua disponible, se “ocupa” menos agua para potabilizar, lo que permitiría dejar un caudal ecológico¹⁴ para el funcionamiento de los sistemas naturales de los ríos de la cuenca Maipo-Mapocho.

Por otro lado, con la puesta en funcionamiento del Plan de Saneamiento se obtienen además aguas relativamente limpias (sin materia orgánica y sin patógenos, aunque con fosfatos y nitratos en abundancia) que pueden tener nuevos usos, además del actual que se les da en agricultura, estos usos pueden ser su descarga al río para posteriormente usarla como agua para producir agua potable, u otros usos en procesos productivos.

22) Reservorio de Agua Dulce (el Acuífero)

Al sanear las aguas que son descargadas a los ríos y otros cursos de la cuenca Maipo-Mapocho, el acuífero ya no presentará contaminación por infiltración, por lo que será un reservorio de agua limpia, lo que es importante en sí mismo –más allá del consumo humano– porque no producirá perturbaciones por contaminación en otros elementos del medio ambiente.

23) Abastecimiento de Agua Dulce (el Acuífero)

Debido a que con la puesta en funcionamiento del Plan de Saneamiento se obtendrán aguas limpias y quedará disponible en la cuenca una cantidad importante de agua por reducción del consumo¹⁵, esta agua podrá ser una futura fuente o abastecimiento de este elemento escaso a largo plazo.

¹⁴ Caudal ecológico está referido a un porcentaje (generalmente 10%) del caudal promedio del río, con el fin de conservar algunas de las especies que en éste se encuentran.

¹⁵ Ver Mayor Oferta y Disponibilidad de Agua.

Beneficios por Mejora en la Condición Sanitaria:

24) Disminución de Enfermedades Entéricas

Este beneficio se producirá al eliminar la contaminación de aguas servidas de los ríos (especialmente el Mapocho), así el agua que llevan los canales de regadío estará descontaminada¹⁶. Esto permitirá que se disminuyan las enfermedades de origen entérico, por dos vías de contagio:

(a) Ciclo Largo: por ingesta cruda de productos comercializados que estuvieran contaminados con carga patógena por ser regados con aguas servidas.

(b) Ciclo Corto: por contacto directo de agricultores y otros trabajadores del campo con las hortalizas y verduras contaminados, los que se contagian y contagian a sus familias.

Entre las enfermedades que se evitarán se encuentran Paratífus, Fiebre tifoidea, varios tipos de Hepatitis, diarreas agudas por infección, Amebiasis, además de otras, que al presentarse en niños traen como secuela desnutrición y retraso en el crecimiento físico e intelectual.

Por otro lado, al evitarse muchas de estas enfermedades, se liberará un máximo de un 20% de las camas de hospital disponibles en el área afectada. Lo que representará un importante beneficio para el sistema de salud que podrá redirigir estos recursos.

25) Disminución de Vectores Sanitarios

Una importante cantidad de vectores de enfermedades como guarenes (*Rattus norvegicus*), ratas (*Rattus rattus*), lauchas (*Mus musculus*), zancudos, moscas, mosquitos y dípteros de varios tipos, encuentran en la materia orgánica los recursos adecuados para su desarrollo.

¹⁶ Pensando en que se implantará el Manejo Integrado de Cuencas, y se descontaminarán las aguas por los agricultores (canales de regadío) y las industrias (RILES).

Las aguas servidas que se descargan a los cursos de agua naturales (Mapocho, Maipo) serán saneadas, por lo que se reducirá la gran cantidad de materia orgánica que actualmente llevan estos cursos. Por lo que, estos vectores no podrán continuar viviendo en las riberas de los cursos de agua. De ésta manera, al sanear las aguas servidas, se evita la aparición y mantención de estos vectores en las riberas de canales y ríos. Por lo tanto se mejoran en las condiciones sanitarias, se evitan enfermedades transmitidas por *Rattus rattus*, *Rattus norvegicus* o *Mus musculus*, como rabia, leptospirosis, salmonelosis, triquinosis, entre otras; y la eventual posibilidad de transmisión de Hanta. También evita la posible llegada de peste bubónica, y otras que no se encuentran en Chile, y transmitidas por dípteros como Tifus exantemático o Dengue.

Finalmente es importante mencionar que se disminuyen de los desagradables efectos que provoca, para algunas personas, la presencia de estos animales, mejorando su calidad de vida.

26) Disminución de Malos Olores

Debido a que las descargas de aguas servidas a los ríos Mapocho y Maipo (en menor medida), y a los canales (Zanjón de la Aguada, principalmente) de la Región Metropolitana serán eliminadas directa o indirectamente, esos cursos de agua ya no serán fuentes de malos olores. La principal causa de estos olores es la degradación anaeróbica de la materia orgánica por parte de bacterias en el cauce; de manera que cuando las aguas servidas sean conducidas hacia las plantas de tratamiento por interceptores sellados, se eliminarán los malos olores que producen éstas en su paso por la ciudad. Este beneficio será uno de los más importantes, desde el punto de vista social, ya que afecta a prácticamente todos los residentes ribereños de los ríos y canales.

27) Recuperación de Espacios Públicos

Al sanear las aguas que se descargan sobre los cuerpos de aguas naturales, se eliminarán los olores que se producen en ríos y canales que actualmente conducen aguas con alto porcentaje de aguas servidas. Lo anterior permitirá recuperar espacios públicos ribereños, para actividades de recreación y en general, para actividades de esparcimiento. Estos espacios pueden ser sectores para paseos al lado del río, pequeñas playas para recreación u otros.

4.1.3.2 Beneficios basados en Flujos Económicos

Beneficio Agrícola:

1) Reducción en la pérdida por Enfermedades del Ganado

A una parte importante del ganado que actualmente se cría para consumo de carne en la Región Metropolitana se les da de beber agua de los canales de regadío que contienen aguas servidas, esto acarrea que un alto porcentaje de ganado adquiera enfermedades patógenas, lo que conlleva castigos por parte del matadero a los dueños del ganado, que pueden ser una penalización (en dinero) si el ganado está contaminado parcialmente con enfermedades, o la pérdida definitiva del ganado si es que éste presenta enfermedades en forma importante. Estas pérdidas ya no ocurrirán al sanearse las aguas que son descargadas a los cauces.

Beneficios relacionados al Agua:

2) Reducción del Gasto de Descontaminación del Agua del Acuífero

Gracias al tratamiento de las aguas servidas que se descargan a los cauces de la cuenca y que se utiliza en el riego para la agricultura, se dejará de contaminar el acuífero con organismos patógenos y materia orgánica¹⁷, por lo que se ahorrará el futuro gasto en descontaminación de las aguas de éste que quieran ser usadas para consumo.

3) Reducción del Gasto de Descontaminación de Nutrientes del Agua del Acuífero (por uso de Lodos)

Gracias al uso de lodos como parte de los fertilizantes minerales (nutrientes) que contaminan el acuífero, se dejará de usar una importante cantidad de nutrientes minerales que contaminan el acuífero¹⁸, por lo que se ahorrará el gasto en descontaminación de las aguas de éste que quieran ser usadas para consumo.

4) Reducción de los Costos de Tratamiento de Agua Potable

Las aguas de la cuenca Maipo-Mapocho desembocan, en la cuenca baja, en Llolleo, donde existe la Planta de Agua Potable 'San Juan de Llolleo', la que reducirá sus costos de tratamiento y potabilización, pues con la puesta en marcha del Plan de Saneamiento el agua que baje por la cuenca (y especialmente en el Maipo) estará descontaminada de patógenos y materia orgánica, contaminantes que actualmente le resultan bastante costosos de tratar para la planta de agua potable.

¹⁷ Ver Prevención de la Contaminación del Acuífero.

¹⁸ Ver Prevención de la Contaminación con Nutrientes del Acuífero.

Beneficios Turísticos:

5) Potencial Turístico

Debido al saneamiento de las aguas que se descargan a los cauces de la cuenca, se producirá una restauración de los cursos de agua de la cuenca y en especial de los ríos Maipo y Mapocho, y de las zonas ribereñas de éstos, habrá una mejora en el paisaje y un desarrollo de la belleza escénica de la cuenca. Todo lo anterior permitirá un potencial desarrollo turístico a pequeña, mediana y gran escala en la cuenca.

6) Turismo / Recreación en los Ríos

Gracias a la restauración de los cursos de agua de la cuenca y en especial de los ríos Maipo y Mapocho, y de las zonas ribereñas de éstos, habrá una mejora en el paisaje y una recuperación de la belleza escénica de la cuenca. Todo lo anterior permitirá el desarrollo de zonas de recreación y la potenciación del turismo en la cuenca alta y, especialmente en la media.

7) Turismo / Recreación en la Zona Costera

Gracias a la restauración de los cursos de agua de la cuenca y en especial de los ríos Maipo y Mapocho, la zona costera en la cuenca baja tendrá una recuperación de su calidad de agua, en especial la zona litoral cercana a la descarga del Maipo, lo que conllevará una mejora en el paisaje y un desarrollo de la belleza escénica de la zona costera (especialmente respecto al agua), esto permitirá la potenciación del turismo y la potenciación de zonas de recreación en esta parte de la cuenca.

Beneficios Sociales:

8) Aumento de la Equidad Social

Las enfermedades originadas por las aguas servidas que circulan por los ríos y canales afectan a toda la población, por diferentes vías, (el ciclo largo y el corto¹⁹). Los costos económicos, como consulta médica, remedios, días de trabajo perdidos, entre otros, asociados a los tratamientos de estas enfermedades son semejantes para la población; pero para las personas del estrato económico inferior, (especialmente estratos “bajo” y “extrema pobreza”), la proporción de estos gastos médicos sobre sus ingresos es mayor; por lo tanto, el costo del tratamiento de la enfermedad tiene efectos progresivos (desde el punto de vista distributivo). Es importante aclarar, sin embargo, que para la indigencia esto podría no ocurrir, ya que es el Estado el que asume sus gastos.

Lo anterior se suma a que muchas de ellas no acuden al médico, por riesgo de perder sus trabajos o imposibilidad de tiempo, esto resulta en que “padecen” la enfermedad sin consultar al médico, y con un mayor costo en términos de malestares y riesgo. Así, las familias de menores recursos se ven proporcionalmente más favorecidas que las de mayores ingresos.

9) Creación de Empleos

La inversión en el Plan de Saneamiento, esto es, la construcción y operación de las diferentes plantas de tratamiento, está originando y originará empleo en sus diferentes fases, lo que dado el actual estado de desempleo en el país representa un importante impacto positivo tanto social como económico.

¹⁹ Ver Disminución de Enfermedades Entéricas.

4.1.3.3 Beneficios basados en Flujos de Información

Beneficios por Mejora en la Gestión de la Cuenca:

1) Implementación del Manejo Integrado de Cuencas

Actualmente la administración del río Mapocho y el río Maipo en cuanto a sus aguas, funciona de acuerdo a un formato, que se especifica en el Código de Aguas DFL 1.122 del 13 Agosto de 1981 Ministerio de Justicia, llamado 'Derechos de Agua'; el que funciona como un "mercado de las aguas". Este sistema separa el agua de los demás elementos del río (bióta, lecho, etc.) y da derechos de usos sobre ésta sin hacer referencia de los demás elementos, por lo que es reduccionista respecto de lo que se entiende por un río y como se administran sus elementos o recursos.

De esta manera, el Maipo fue dividido en 3 secciones y el Mapocho en 5 (cómo se explicó en el Marco Conceptual). Estas secciones ya tienen concedidas en un 100 % los derechos de agua, sin importar si son aguas limpias o son aguas servidas. El Plan de Saneamiento cambiará el estado de las aguas de la cuenca, y dado que los avances más importantes se produjeron en el mismo período en que se discutió la norma secundaria de calidad de agua superficial, fue posible abrir la discusión acerca de una mejor administración de la cuenca, que permita potenciar todos los posibles beneficios de la descontaminación, esto es, el sistema de Manejo Integrado de Cuencas.

2) Implementación del concepto de Caudal Ecológico en la cuenca

Actualmente el río Mapocho, y en menor medida el Maipo, con el sistema de "derechos de agua" son prácticamente vaciados al final de cada una de sus secciones. Este sistema impide que exista vida en los ríos de la cuenca Maipo-Mapocho del tipo de invertebrados macroscópicos o peces, entre otros; ya que, en varios sectores, el río se queda prácticamente sin agua.

Con el Plan de Saneamiento los cursos de agua estarán libres de contaminación, lo que refuerza la posibilidad de discutir el concepto de 'Caudal Ecológico'. Este concepto está referido a un mínimo caudal que debe llevar siempre un río para mantención de la vida natural, independientemente de los usos que tenga el agua en ellos. Esta discusión es más factible cuando se cuenta con aguas limpias, y no con los actuales cursos de agua, que en algunas épocas del año conducen básicamente aguas servidas.

3) Implementación de Corredores Biológicos

Con la puesta en marcha y desarrollo del Plan de Saneamiento se reforzará el inicio de la discusión para la implementación del Manejo Integrado de Cuencas y el Caudal Ecológico, esto además permitirá implementar otras iniciativas como la re-vegetación de riberas, que permitirán el desarrollo y / o mantención de corredores biológicos, lo que permitirá e incentivará al repoblamiento de los ríos y sectores de ribera de la cuenca Maipo-Mapocho.

Beneficios Agrícolas por uso de agua limpia:

4) Cambios en los Tipos de Cultivo

Al implementar el Plan de Saneamiento permitirá que algunos agricultores puedan cambiar el tipo de cultivo que poseen, a otros tipos. Entre ellos, los agricultores que cultivaban hortalizas a ras de suelo y que habitualmente se consumen en forma cruda, y que tuvieron que abandonar esos cultivos, por la presencia del cólera en nuestro país, podrán volver a sus antiguos cultivos de vegetales. Lo que podría transformarse en un aumento de los ingresos de los agricultores.

5) Fomento de la Agricultura Limpia

Con el tratamiento de las aguas servidas que se descargan a los cauces naturales llegará agua con buena calidad hasta los canales de regadío²⁰, por lo que las verduras y hortalizas ya no se producirán con bajos estándares de calidad bacteriológica, por causa de las aguas servidas con que son regadas.

Por lo anterior se producirá, un aumento en el valor del producto final y por ende un mayor beneficio económico para los agricultores. Esto facilitará eventuales procesos de certificación y exportación a mercados internacionales

6) Tecnificación del Riego

La presencia actual de aguas contaminadas hace necesario el riego por inundación (que demanda de altos volúmenes de agua por hectárea), ya que las aguas contaminadas contienen altas cantidades de los sólidos suspendidos que impiden la tecnificación del riego por obstrucción de los sistemas de riego. Debido al uso de aguas tratadas, especialmente la proveniente del río Mapocho, abrirá la posibilidad de que los agricultores usen riego tecnificado, esto es por goteo o aspersión. Esta tecnificación aumentará el nivel de la tecnología usada en la agricultura, lo que aportará en la modernización de ésta área de producción en Chile.

Un punto relevante de este beneficio es la cantidad de agua que será ahorrada, debido a que la tecnificación disminuye el agua necesaria en el riego, esto permitirá un aumento neto en la cantidad de agua disponible para riego u otros usos. Por lo que se provocará un claro beneficio de restauración, ya que se disminuye el consumo de agua, lo que es importante desde el punto de vista de la sustentabilidad del elemento.

²⁰ Pensando en que se implantará el Manejo Integrado de Cuencas, y se descontaminarán las aguas por los agricultores (canales de regadío) y las industrias (RILES).

Beneficios Sociales:

7) Investigación Científica

Al existir una recuperación de los cursos de agua y tratamiento de las aguas servidas, se posibilitará la investigación científica en diferentes líneas. Estas pueden ser (a) estudios sobre los procesos biológicos y ecológicos, a distintas escalas, que se producirán en los cauces, al cambiar las características del agua de la cuenca Maipo-Mapocho, y de la restauración de las poblaciones y ecosistemas; (b) investigaciones y creación de un mayor conocimiento de los procesos de tratamiento de las aguas servidas; (c) estudios acerca del aprovechamiento del subproducto 'lodos' generado en el proceso de saneamiento de las aguas; entre otras. Con la posibilidad de realizar investigación científica aplicada acerca de los procesos para el tratamiento de aguas servidas y del subproducto 'lodos', se posibilitará la creación de conocimiento para el desarrollo tecnológico del país.

8) Educación Ambiental

Las Plantas de Tratamiento que existen y las que se construirán en el desarrollo del Plan de Saneamiento de la Región Metropolitana son lugares de aprendizaje del tratamiento de aguas servidas y del medio ambiente. Este aprendizaje puede ser llevado a cabo a diferentes niveles, tales como universitario, técnico, colegios y liceos, o público en general a través de cualquier organización que esté interesada en que se entienda la importancia del saneamiento de las aguas servidas, y cómo se lleva a cabo este proceso. Además las plantas de tratamiento son un muy buen lugar para sensibilizar a las personas acerca del necesario cuidado y aprecio por su medio ambiente.

Por otro lado, además de lo anterior, se crearán nuevos espacios al aire libre con la restauración de los ecosistemas del río Mapocho y Maipo, y de la zona costera, para

realizar educación ambiental, principalmente respecto de nuestra cuenca, los ecosistemas que en ellas se encuentran y las especies nativas que en ella habitan.

9) Cambios en la Planificación Territorial

Varias comunas, en general, y El Monte, en particular, han experimentado una planificación urbana 'de espaldas al río' a causa de la contaminación de sus aguas, los vectores sanitarios que en él encuentran un hábitat adecuado, y los malos olores que se desprenden. Con el Plan de Saneamiento y el cambio en la calidad de las aguas de la cuenca Maipo-Mapocho y la restauración de los ecosistemas de ésta, las comunas pretenden cambiar el sentido de la planificación y crecer hacia el río para recuperarlo e incorporarlo a la ciudad.

10) Cambio en la Relación Campo / Ciudad

La ciudad de Santiago es la mayor generadora de aguas servidas en la Región Metropolitana. Estas aguas son conducidas por el alcantarillado y posteriormente descargadas en canales y ríos que llegan a los campos, y a los cultivos a través de los canales de regadío. Al desarrollar el Plan de Saneamiento, la ciudad se hará cargo de la producción de sus desechos líquidos, y será posible restablecer una relación menos conflictiva entre las actividades de la ciudad y las actividades del campo.

11) Mejora en la "Imagen País"

El Plan de Saneamiento de la cuenca Maipo-Mapocho generará una imagen externa de Chile de alto nivel respecto al cuidado ambiental, como un país preocupado por sus habitantes, la calidad de vida de su ciudad capital y el medio ambiente. Además, se conocerá que los productos que actualmente son regados con aguas servidas serán regados con agua sin contaminación, ni orgánica, y sobre todo patógena. Por lo tanto el Plan de Saneamiento, sumado a otros planes de descontaminación convierte a Santiago,

en una capital a la “altura de las grandes ciudades del mundo”. Lo anterior redundará en un potencial aumento del comercio de otros países con Chile, un aumento del turismo externo en la Región Metropolitana y un aumento de la inversión en ciertos sectores del Gran Santiago.

4.2 Aplicación del VET a los Beneficios del Plan de Saneamiento

4.2.1 Beneficios del Plan de Saneamiento clasificados según el VET

A continuación se muestran clasificados los beneficios del Plan de Saneamiento, según los valores componentes del VET, los que fueron revisados en el punto 2.4 (Valoración Económica y Valor Económico Total); además se han clasificado según si son flujos de materiales, económicos o de información, tal y como fueron detallados en los puntos 4.1.3.1, 4.1.3.2 y 4.1.3.3.

De esta manera, cada beneficio fue clasificado según si es un beneficio de uso directo o indirecto, o en el caso de que fuera un beneficio de no uso, si es de legado o de existencia, lo que se presenta en la Tabla 4.2.1. Simultáneamente, la Figura 4.2.1 muestra la estructura del VET y los beneficios que corresponden a cada valor según la Figura 2.4.2. del Marco Conceptual.

Tabla 4.2.1.
Beneficios del Plan de Saneamiento clasificados según valores componentes del VET. Se presentan los beneficios y los valores componentes del VET que les corresponden a cada uno.

Beneficios del Plan de Saneamiento clasificados según valores VET	
Beneficios	Valores
Flujos Físicos o de Materiales	
Recuperación y Recolonización de Poblaciones de Especies	Valor de Opción
Restauración de Hábitats (en los Ríos y la Zona Costera)	Valor de Opción
Uso Potencial de especies de Flora y Fauna de los Ríos	Valor de Cuasi-Opción
Uso Potencial de especies de Flora y Fauna de la Zona Costera	Valor de Cuasi-Opción
Recuperación y Recolonización de Poblaciones de Especies en Extinción en Ríos, Riberas y Zona Costera	Valor de Existencia
Restauración de Ecosistemas	Valor de Existencia
Biodiversidad de los Ríos y Zona Costera	Valor de Legado
Control de Gases Efecto Invernadero	Valor de Uso Indirecto
Potencial uso del Lodo en Plantaciones Forestales en Laderas (Control de la Erosión)	Valor de Uso Indirecto
Protección de Laderas por la no Extracción de Tierra de Hojas (por la producción de Compost)	Valor de Uso Indirecto
Cambios en la Biodiversidad	Valor de Uso Indirecto
Prevención de la Contaminación del Acuífero	Valor de Uso Indirecto
Prevención de la Contaminación con Nutrientes del Acuífero	Valor de Uso Indirecto
Reproducción de Especies	Valor de Uso Indirecto
Mejora en Estética y Paisaje, y Aumento de la Belleza Escénica	Valor de Uso Indirecto
Mejora en la Productividad de las Zonas Agrícolas Degradadas	Valor de Uso Directo
Mejora en la Calidad Higiénica del Suelo	Valor de Uso Directo
Producción de Compost (para venta)	Valor de Uso Directo
Ahorro en Consumo de Fertilizantes	Valor de Uso Directo
Mejora en la Productividad Agrícola (por cambios en la Fertilización)	Valor de Uso Directo
Mayor Oferta y Disponibilidad de Agua	Valor de Uso Directo
Reservorio de Agua Dulce (el Acuífero)	Valor de Existencia
Abastecimiento de Agua Dulce (el Acuífero)	Valor de Legado
Disminución de Enfermedades Entéricas	Valor de Uso Directo
Disminución de Vectores Sanitarios	Valor de Uso Directo
Disminución de Malos Olores	Valor de Uso Directo
Recuperación de Espacios Públicos	Valor de Uso Directo
Flujos Económicos	
Reducción en la Pérdida por Enfermedades del Ganado	Valor de Uso Directo
Reducción del Gasto de Descontaminación del Agua del Acuífero	Valor de Uso Directo
Reducción del Gasto de Descontaminación de Nutrientes del Agua del Acuífero (por uso de Lodos)	Valor de Uso Directo
Reducción de los Costos de Tratamiento de Agua Potable	Valor de Uso Directo
Potencial Turístico	Valor de Opción
Turismo / Recreación en los Ríos	Valor de Uso Directo
Turismo / Recreación en la Zona Costera	Valor de Uso Directo
Aumento de la Equidad Social	Valor de Uso Directo
Creación de Empleos	Valor de Uso Directo
Flujos de Información	
Implementación del Manejo Integrado de Cuencas	Valor de Uso Directo
Implementación del concepto de Caudal Ecológico en la cuenca	Valor de Uso Directo
Implementación de Corredores Biológicos	Valor de Uso Directo
Cambios en los Tipos de Cultivo	Valor de Uso Directo
Fomento de la Agricultura Limpia	Valor de Uso Directo
Tecnificación del Riego	Valor de Uso Directo
Investigación Científica	Valor de Uso Directo
Educación Ambiental	Valor de Uso Directo
Cambios en la Planificación Territorial	Valor de Uso Directo
Cambio en la Relación Campo / Ciudad	Valor de Existencia
Mejora en la Imagen "País"	Valor de Uso Directo



Figura 4.2.1

Se presentan los componentes del VET y los correspondientes beneficios del Plan de Saneamiento clasificados según los componentes.

4.2.2 Fundamentos Generales de la Clasificación

Los beneficios que fueron incluidos en el valor de uso directo presentan una característica de aprovechamiento directa, entre estos beneficios, los que tienen uso directo con extracción están: Mayor Oferta y Disponibilidad de Agua, y Explotación de Especies de la Zona Costera, entre otros. También tiene valor de uso directo el Compost, ya que podrá ser vendido y utilizado directamente, igualmente los lodos que serán utilizados directamente como fertilizante en campos agrícolas. También son beneficios con valor de uso directo la creación de empleos, por el beneficio social directo que se crea a través del flujo económico.

Por otra parte, entre los beneficios con valor de uso directo que son de uso directo sin extracción, están: Turismo / Recreación en los Ríos, Turismo / Recreación en la Zona Costera, Aumento de las Zonas Agrícolas, y Mejora en la Calidad Higiénica del Suelo. El aumento en la investigación científica, también es un beneficio social directo creado por un nuevo flujo de información; la tecnificación del riego, por su parte, es un beneficio con valor de uso directo ya que permitirá mejor aprovechamiento directo del agua. Es importante hacer notar que el beneficio de turismo se considera en este trabajo como un valor de uso directo (sin extracción) y no como un tipo de servicio ecosistémico (recreación) como lo incluyen algunos autores (Costanza y col, 1997).

El beneficio de Cambios en la Planificación Territorial, es un valor directo porque permitirá un uso directo a través de la replanificación; y finalmente la Mejora en la "Imagen País", es un uso directo de la "imagen país", ya sea para promocionar el turismo o los acuerdos comerciales, entre otros.

Los beneficios que fueron incluidos en el valor de uso indirecto, son básicamente servicios ecosistémicos, servicios que subsidian al sistema socioeconómico, esto es, servicios que son proveídos por el ecosistema en estado limpio para satisfacer ciertos

criterios humanos, entre éstos se encuentran: Control de Gases Efecto Invernadero, Control de la Erosión, Cambios en la Biodiversidad, Prevención de la Contaminación del Acuífero, Reproducción de Especies y Belleza Escénica.

Los beneficios que fueron clasificados dentro del valor de opción, presentan una característica que permite que las personas puedan desear usar este elemento en el futuro, y por ello estén dispuestos a pagar por la seguridad de que estos beneficios estén en ese futuro. Lo anterior ocurre respecto de beneficios como: Recuperación y Recolonización de Poblaciones de Especies, Restauración de Hábitats y Potencial Turístico.

El beneficio que posee la calidad de valor de cuasi-opción es básicamente el Uso Potencial de especies de Flora y Fauna de los Ríos, y el Uso Potencial de especies de Flora y Fauna de la Zona Costera. Ambos beneficios que, en algún momento del futuro, podrían ser explotados en alguno de sus atributos, dependiendo de la mayor información –y por lo tanto de las posibles utilidades– que se puedan presentarse en el futuro.

Los beneficios que fueron incluidos dentro de los valores de no uso, tienen la característica especial, de que representan espacios naturales restaurados, por lo que las personas estarán dispuestas a pagar por mantener en buen estado estos espacios, para las futuras generaciones, lo que representa el valor de legado. Este es el caso de los siguientes beneficios: Abastecimiento de Agua Dulce, y Biodiversidad de los Ríos y Zona Costera. Conjuntamente, las personas estarán dispuestas a pagar por el hecho de que estén allí ciertas especies o ecosistemas, o dicho de otra manera, por mantener la restaurada biodiversidad de la cuenca Maipo-Mapocho, lo que representa el valor de existencia. Este es el caso de los beneficios de Recuperación y Recolonización de Poblaciones de Especies en Extinción en Ríos, Riberas y Zona Costera, Mejora en la Estética y Paisaje en los Ríos y en la Zona Costera, y Reservorio de Agua Dulce.

El beneficio Cambio en la Relación Campo / Ciudad, presentó gran dificultad en su clasificación, ya que este beneficio no puede ser usado, ni en forma actual ni en el futuro. Y aunque las personas pudieran "disfrutar" las posibles consecuencias positivas que este beneficio podría tener, no lo usarían, ni directa ni indirectamente. Es por ello que este beneficio sólo podría ser un valor de no uso, y dado que no será aprovechado por las personas futuras (próximas generaciones), entonces este beneficio posee valor en sí mismo (valor de existencia), más allá de que tenga o no consecuencias positivas que puedan ser disfrutadas.

4.3 Métodos de Valoración correspondientes a los Beneficios del Plan de Saneamiento

4.3.1 Beneficios del Plan de Saneamiento y sus Métodos de Valoración asociados

Los beneficios observados en los puntos 4.1.3.1, 4.1.3.2 y 4.1.3.3 del capítulo 4, y sus respectivos componentes del VET, que se observan en el Tabla 4.2.1, deben ser necesariamente asociados a uno o varios métodos de valoración de los revisados en el punto 2.4.4.

Al hacer una relación entre los beneficios del Plan de Saneamiento, los componentes del VET y los métodos de valoración se puede advertir que, prácticamente cualesquiera de los métodos de valoración podrían ser utilizados para valorar cada uno de los beneficios del Plan de Saneamiento, por lo que se hace necesario una selección cuidadosa de cada uno de ellos, en base a criterios relacionados a las características propias de cada beneficio. De esta manera, los métodos de valoración fueron elegidos para cada beneficio especialmente, según lo referido a si el beneficio es factor de producción, si es fuente de recreación, o si presta servicios ecosistémicos, entre otros. Además jugó un papel fundamental en la selección de los métodos, la consideración de a qué componente del VET correspondía cada beneficio.

A continuación se muestran los beneficios del Plan de Saneamiento con sus respectivos métodos de valoración que se han seleccionado para cada uno. Es importante hacer notar que en algunos casos aparece más de un método, ya que dos o tres de los métodos podría servir para evaluar a un beneficio, dependiendo del énfasis que quiera dársele a la valoración.

Tabla 4.3.1.
Se presentan los beneficios del Plan de Saneamiento y los métodos de valoración asociados a cada uno, respecto de sus características particulares.

Beneficios del Plan de Saneamiento	
Beneficios	Métodos Específicos
Flujos Físicos o de Materiales	
Recuperación y Recolonización de Poblaciones de especies	Valoración Contingente
Restauración de Hábitats	Valoración Contingente
Uso Potencial de especies de Flora y Fauna de los ríos	Valoración Contingente
Uso Potencial de especies de Flora y Fauna de la zona Costera	Valoración Contingente
Recuperación y Recolonización de Poblaciones de especies en Extinción en Ríos, Riberas y Zona Costera	Valoración Contingente
Restauración de Ecosistemas	Valoración Contingente
Biodiversidad de los Ríos y Zona Costera	Valoración Contingente
Control de Gases Efecto Invernadero	Precios de Mercado (Bonos de Fijación de Carbono)
Potencial uso del Lodo en Plantaciones forestales (Control de la Erosión)	Costos de Restauración y Costos de Mantenimiento
Protección de Laderas por la no Extracción de Tierra de Hojas	Costos de Restauración y Costos de Mantenimiento
Cambios en la Biodiversidad	Valoración Contingente
Prevención de la Contaminación del Acuífero	Costos de Restauración, Valoración Contingente
Prevención de la Contaminación de Nutrientes del Acuífero	Costos de Restauración, Valoración Contingente
Reproducción de Especies	Valoración Contingente
Mejora en la Estética y Paisaje, y Aumento en la Belleza Escénica	Precios Hedónicos
Mejora en la Productividad de las Zonas Agrícolas Degradadas (por recuperación de suelos degradados)	Precios de Mercado (diferencia de valor de distintas clases de suelo), Cambios en la Productividad
Mejora en la Calidad Higiénica del Suelo	Precios de Mercado (diferencia de precios en suelos regados con agua de distinta calidad).
Producción de Compost	Precios de Mercado
Ahorro en Consumo de Fertilizantes	Precios de Mercado (de los Fertilizantes)
Mejora en la Productividad Agrícola (por cambios en la Fertilización)	Precios de Mercado a través de Cambios en la Productividad (mejora en la productividad gracias a los micronutrientes)

Mayor Oferta y Disponibilidad de Agua	Precios de Mercado (agua cruda), Precios de Mercado (agua potable), Costos de Sustitución (camiones Aljibe)
Reservorio de Agua Dulce	Valoración Contingente
Abastecimiento de Agua Dulce	Valoración Contingente
Disminución de Enfermedades Entéricas	Método de Costos en Salud, Salarios Hedónicos, Capital Humano
Disminución de Vectores Sanitarios	Costos de Sustitución (Costo de Eliminar los Vectores), Precios Hedónicos
Disminución de Malos Olores	Precios Hedónicos
Recuperación de Espacios Públicos	Costos de Restauración, Costos de Sustitución
Flujos Económicos	
Reducción en la Pérdida por Enfermedades del Ganado	Precios de Mercado
Reducción del Gasto de Descontaminación del Agua del Acuífero	Precios de Mercado
Reducción del Gasto de Descontaminación de Nutrientes del Agua del Acuífero	Precios de Mercado
Reducción de los Costos de Tratamiento de Agua Potable	Precios de Mercado
Potencial Turístico	Costo de Viaje
Turismo / Recreación en los Ríos	Precios de Mercado
Turismo / Recreación en la Zona Costera	Precios de Mercado, Costo de Viaje
Aumento de la Equidad Social	Coefficiente de Gini ²¹
Creación de Empleos	Precios de Mercado
Flujos de Información	
Implementación del Manejo Integrado de Cuencas	Valoración Contingente
Implementación del concepto de Caudal Ecológico en la cuenca	Valoración Contingente
Implementación de Corredores Biológicos	Costos de Restauración y Costos de Mantenimiento, Valoración Contingente
Cambios en los Tipos de Cultivo	Precios de Mercado
Fomento de la Agricultura Limpia	Precios de Mercado
Tecnificación del Riego	Precios de Mercado
Investigación Científica	Precios de Mercado
Educación Ambiental	Precios de Mercado
Cambios en la Planificación Territorial	Valoración Contingente
Cambio en la Relación Campo / Ciudad	Valoración Contingente
Mejora en la Imagen "País"	Precios de Mercado (aumento del comercio y la inversión)

4.3.1.1 Fundamentos Generales de la Selección

La mayor parte de los beneficios identificados como valores de uso directo se le fue asignada como el mejor método de valoración el método de "Precios de Mercado", o

²¹ Este coeficiente permitirá tener una magnitud del beneficio pero no una aproximación a su valor económico.

éste sumado a otros asociados como "Precios Sombra" o "Cambios en la Productividad". Lo anterior resulta coherente, ya que en general los beneficios con valores de uso directo deben estar asociados a métodos que se acercan más a la obtención de éstos desde el mercado.

En el caso del resto de los beneficios con valor de uso directo, se les asignaron diferentes métodos de valoración, así por ejemplo en el caso de la Disminución de Malos Olores, se le asignó el método de "Precios Hedónicos" ya que este método permite valorar un cambio en un rasgo o característica medioambiental asociado a las zonas residenciales, lo que se ve reflejado en el precio de las viviendas. Este método resulta el más apropiado en el caso de la disminución de olores, ya que esta disminución se verá notablemente reflejada en el precio de las viviendas aledañas a los cauces río Mapocho (planta Los Nogales, en el sector Pudahuel, principalmente), a todo lo largo del Zanjón de la Aguada y la parte sur del río Mapocho (gracias a la planta La Farfana).

Otro ejemplo de beneficios con valor de uso directo es la Recuperación de Espacios Públicos, un caso más complicado que simplemente obtener precio de mercado, y en el que no es tan claro que sea un rasgo que se refleje adecuadamente en los precios de las viviendas del sector, por lo que resulta más adecuado pensar su valoración en función de los Costos de Restaurar estos espacios públicos ó los costos de la creación de nuevos espacios en sectores no contaminados (Costos de Sustitución).

En el caso del beneficio de la Disminución de Enfermedades Entéricas, es claro que los mejores métodos para su valoración son el Método de Costos en Salud, el de Salarios Hedónicos, y el de Capital Humano, ya que están relacionados con la pérdida de horas de trabajo de las personas enfermas, su gasto en salud e inclusive en el costo de la pérdidas de vidas humanas.

En los casos de los beneficios de Mejora en la Productividad de las Zonas Agrícolas Degradadas (por recuperación de suelos degradados), Mejora en la Productividad

Agrícola (por cambio en la Fertilización) y Tecnificación del Riego, el mejor método que se encontró es el de Cambios en la Productividad. Sin embargo, no se debe olvidar que este método se mide a través de Precios de Mercado, esto es relevante, ya que éstos implica que: dada una área de producción (producción agrícola), los cambios en una serie de características medioambientales (como la producción de un bien como el lodo), implicarán cambios que tiendan a mejorar la productividad de esta actividad comercial, esto se puede apreciar mejor en la Figura 4.3.1.

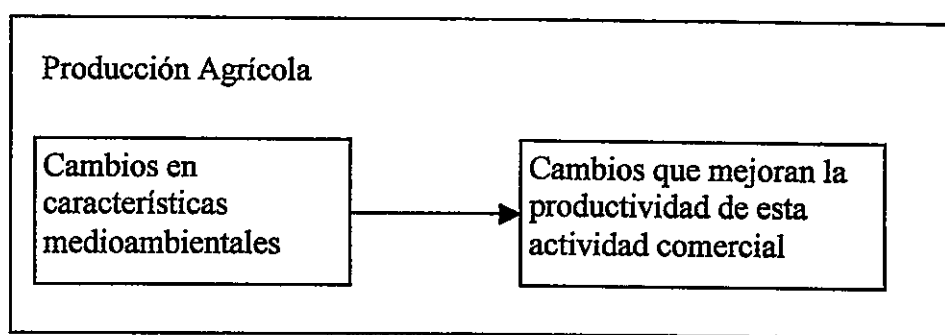


Figura 4.3.1.
Se presenta la relación entre los cambios medioambientales y los cambios en la productividad de una actividad comercial.

Para el caso de los beneficios con valor de uso indirecto (servicios ecosistémicos), les fueron asignados diferentes métodos, ya que especialmente éstos reportan la gran dificultad de su valoración, por ser servicios que son prestados por el sistema natural (ecosistemas) luego de su restauración, al sistema socioeconómico. El único beneficio que presenta en su valoración un menor nivel de dificultad, es el Control de Gases Efecto Invernadero, ya que una vez obtenidos la cantidad de gases equivalentes a dióxido de carbono (CO₂) que se dejarán de emitir, se puede obtener su valor a partir del precio de los bonos de fijación de carbono, el que hasta hace poco no tenía mercado, pero se está creando uno importante a nivel internacional en el marco del Protocolo de Kioto, en el que Chile participa.

En el caso del beneficio de Mejora en Estética y Paisaje y Aumento de la Belleza Escénica, resulta un tanto menos complicado asignarle método de valoración, ya que éste es un rasgo que podría llegar a evaluarse a partir del aumento en el precio de las

viviendas que mejoren esta característica medioambiental, por lo tanto el método de Precios Hedónicos resultaría ser el más adecuado. Al resto de los servicios ecosistémicos se les propone asignar una combinación de dos métodos el de Costos de Restauración del servicio y el de Costo de Mantenimiento del servicio como una aproximación de su valor, con la excepción de los beneficios "Cambios en la Biodiversidad" y "Reproducción de Especies" que por sus características no es posible evaluarlos separadamente de otros beneficios, explicados a continuación.

En el caso de los beneficios con valores de opción, cuasi-opción o valores de no uso, todos presentan características que no permiten su valoración por separado sin comprometer la posibilidad de una sobrevaloración, ya que todos los beneficios están relacionados a la restauración del sistema natural de la cuenca alta, media y baja, incluyendo en ésta última, la zona costera y litoral. Junto con estos beneficios, se debe además, valorar los beneficios con uso indirecto mencionados anteriormente ("Cambios en la Biodiversidad" y "Reproducción de Especies"), por lo que el mejor método para valorar todos estos beneficios, dadas sus características, es el de valoración contingente. Es importante tomar en cuenta, eso sí, que en este método debe ser incluida una clara explicación hacia los encuestados de la diferencia entre los beneficios que se pretende medir con este método, para que ellos estén en posición de identificarlos y evaluar su DAP respecto de cada uno, separadamente.

Tres beneficios (Cambios en la Planificación Territorial, Implementación del Manejo Integrado de Cuencas e Implementación del concepto de Caudal Ecológico en la cuenca), por sus características de flujos de información, fueron bastante problemáticos de asociar un método de valoración, siendo en definitiva seleccionado el método de valoración contingente, ya que es el único método que podría evaluar la DAP de las personas por cambios en condiciones administrativas o de gestión. A pesar de ello, y por lo abstracto de éstos beneficios, es muy posible que la DAP de las personas sea baja.

4.3.2 Fundamentos de la Selección de los Métodos de Valoración en función de los Beneficios

Ahora se llevará a cabo un análisis de cada método, beneficio por beneficio, para evitar la posibilidad de que uno o más beneficios sean sobrevalorados de alguna manera. Eso sí, es necesario dejar en claro que es imposible evitar una subvaloración de los beneficios, la que es ciertamente probable que se produzca.

4.3.2.1 Métodos de Beneficios basados en Flujos Físicos o de Materiales

Beneficios Ecológicos:

- **Recuperación y Recolonización de Poblaciones de Especies**
- **Restauración de Hábitats**

Ambos beneficios están relacionados a la restauración del sistema natural y además corresponden al mismo tipo de valor (valor de opción), por lo tanto es necesario que sean valorados, en conjunto, a través del método de valoración contingente, esto por la características particulares de estos beneficios.

El método de Valoración Contingente, en este caso, debe ser usado en formato de encuestas personales, ya que será necesario dar una detallada descripción de las mejoras en las características particulares que se están valorando. Respecto de si utilizar una disposición a pagar (DAP) o una disposición a ser compensado (DAC), se pueden tomar, a grandes rasgos, dos posibilidades de ser utilizadas:

- (a) DAP para descontaminar el sistema natural.
- (b) DAC por dejar la cuenca como está (DAC por no descontaminar la cuenca).

Dadas las circunstancias de que se mejorarán rasgos medioambientales, será más adecuado realizar una encuesta que pregunte por DAP, porque la DAC tiene el problema de que las personas encuestadas siempre demandan por más, cuando se les dará el dinero, que cuando deben pagarlo, por lo que la DAP siempre tiende a ser más baja que la DAC. Esto presenta el inconveniente de que se podría subvalorar el bien o servicio, pero con ello nos aseguramos de que no será sobrevalorados, y podamos sumarlo a otros valores obtenidos. Por todo ello, es altamente recomendable buscar la DAP en el estudio de evaluación económica.

Por otro lado, para las personas es más confuso se les pida que den la cifra de cuanto dinero estaría dispuestas a recibir por no descontaminar, y por lo tanto no restaurar, el sistema natural de la cuenca, a que se les pida digan cuanto dinero están dispuestas a pagar por un plan de descontaminación y restauración del sistema natural.

El método de valoración contingente, en general tiene el problema de que, como las personas que serán evaluadas han vivido toda o gran parte de su vida con la cuenca contaminada, no conocen otro "estado" de la cuenca. Por esto, las personas encuestadas podrían darle un valor muy bajo a que les compensen porque la cuenca siga como ha estado hasta ahora. Este es un factor que debe ser tomado en cuenta, sobre todo respecto de la descripción que debe hacer el encuestador al encuestado.

También debe ser explicitada la forma en que se ha de financiar el mejoramiento medioambiental (familiarizar al encuestado con los medios de pago hipotéticos, como impuestos o alzas en la cuenta de agua u otro).

- **Uso Potencial de especies de Flora y Fauna de los Ríos**
- **Uso Potencial de especies de Flora y Fauna de la Zona Costera**

Los beneficios asociados al "uso potencial" están relacionados a valores de cuasi-opción por lo que involucran en su conceptualización el uso futuro, si es que se produce más

información de utilización de estos elementos del medio ambiente. Es por ello que ambos beneficios deben ser valorados con el método de Valoración Contingente²².

Es importante que en el desarrollo de la encuesta quede bien especificado por el encuestador la incertidumbre que comprenden estos beneficios y la calidad de opción de uso que tienen estos valores.

- **Recuperación y Recolonización de Poblaciones de Especies en Extinción en Ríos, Riberas y Zona Costera**
- **Restauración de Ecosistemas**

Ambos beneficios están relacionados a la recuperación del sistema natural (recuperación de especies y ecosistemas), pero además están caracterizados porque ambos son valores de existencia, es por ello que el único método adecuado es la Valoración Contingente²³.

Durante la encuesta debe darse una detallada descripción de lo que la recuperación de poblaciones de especies significa, y lo que es y significa la restauración de los ecosistemas de la región. Junto con ello es esencial que se explique claramente el sentido de "valor de existencia" que se está evaluando en este punto.

- **Biodiversidad de los Ríos y Zona Costera**

Este beneficio presenta la cualidad de que representa la biodiversidad en su conjunto (genes, especies y ecosistemas) y que está asociado a la DAP que le darán los encuestados como valor de legado, esto es como beneficio para las generaciones futuras.

²² Respecto del método de valoración contingente se aplica todo lo dicho en el caso anterior (Recuperación y Recolonización de Poblaciones de Especies y Restauración de Hábitats), acerca de la recomendación del uso de la DAP.

²³ Nuevamente es válido lo dicho anteriormente (Recuperación y Recolonización de Poblaciones de Especies y Restauración de Hábitats) acerca de la valoración contingente y específicamente, sobre la recomendación del uso de la DAP.

Es por ello que la única posibilidad de evaluación de este beneficio es mediante una Valoración Contingente²⁴.

Durante la realización de la encuesta es importante recalcar la relevancia de la biodiversidad como legado y el hecho de que las futuras generaciones de seres humanos no deberían "pagar" el costo de nuestro bienestar actual si queremos tener un desarrollo sustentable, en la forma que fue concebido este concepto por primera vez²⁵.

Servicios Ecosistémicos:

• **Control de Gases Efecto Invernadero**

El servicio ecosistémico de fijación de carbono que ha comenzado a tener mercado, por lo que puede ser utilizado para evaluar una aproximación al valor de la no liberación de una cantidad de gases efecto invernadero. De esta manera sería necesario para esta evaluación, determinar la cantidad de gases CH₄, N₂O, y CO₂ que se reducirán en el paso de aguas servidas sin tratamiento a con tratamiento; y luego calcular el precio de esa cantidad a partir de los precios de los bonos de fijación de carbono en el mercado.

• **Potencial uso del Lodo en Plantaciones forestales (Control de la Erosión)**

• **Protección de Laderas por la no Extracción de Tierra de Hojas (por la producción de Compost)**

Estos dos beneficios apuntan a diferentes partes del mismo beneficio, que es la protección de las laderas por erosión. En este caso es más conveniente evaluar ambos beneficios con una sola evaluación, ya que si se hiciera por separado, lo más probable es

²⁴ Respecto del método de valoración contingente se aplica todo lo dicho en "Recuperación y Recolonización de Poblaciones de Especies y Restauración de Hábitats" acerca de la recomendación del uso de la DAP.

²⁵ Satisfacer las necesidades actuales de la población, sin comprometer la satisfacción de las necesidades de las futuras generaciones.

que se llegaría a una sobrevaloración de éstos. Por lo anterior se propone usar el método Precios de Mercado, para ambos y a la misma vez, de esta manera se evita la sobrevaloración.

El lodo será usado como abono y sustrato para plantaciones forestales, en el primer caso; y será vendido en forma de Compost (lo que evitará la venta de tierra de hoja) en el segundo caso. Por lo que la aproximación menos compleja para obtener el valor de estos beneficios es evaluar los precios de mercado de la “tierra de hoja”, a pesar de que esto infravalora el control de la erosión, ya que sólo nos da el precio de un producto en el cual no está integrado el costo de las externalidades negativas que acarrea su extracción.

Otra posible forma de aproximarnos al valor de estos beneficios es a través de evaluar los Costos de Restaurar las laderas de la zona central que están degradadas, ya sea que puedan ser usadas en plantaciones forestales o que estén degradadas porque se les está extrayendo la capa de mantillo y horizonte A (de suelo recién formado), además de calcular el Costo de Mantenimiento de estas áreas, ya sea por cercados o guardias. Pero esta manera puede ser compleja y además puede involucrar una sobrevaloración importante del beneficio.

- **Cambios en la Biodiversidad**
- **Reproducción de Especies**

Estos dos beneficios presentan la característica de que son servicios ecosistémicos que están relacionados a la recuperación del sistema natural. Al ser servicios ecosistémicos (valores de uso indirecto) pueden ser evaluados con distintos métodos de valoración, pero debido a su particularidad se hace imposible evaluarlos por un métodos distinto al

de valoración contingente²⁶, ya que representan mejoras al medio ambiente que no están incluidas de alguna manera a ningún mercado existente.

Cuando sean evaluadas es importante que los encuestadores realcen en sus descripciones la calidad de servicios ecosistémicos que tienen ambos beneficios y que por ello representan una subvención actual y futura al sistema socioeconómico, lo que eventualmente debería darle un más alta DAP que algunos o varios de los beneficios relacionados a la recuperación del sistema natural mencionados anteriormente.

- **Prevención de la Contaminación del Acuífero**
- **Prevención de la Contaminación con Nutrientes del Acuífero**

De forma semejante a casos anteriores, las dos posibilidades viables respecto de estos servicios ecosistémicos, son (i) valorarlo a través de los costos que implicaría restaurar el acuífero ya que éste se encuentra contaminado con patógenos y materia orgánica, además de sales como sulfatos y nitratos, y posiblemente también comience a estar con fosfatos, (Costos de Restauración). O (ii) incluirlos en la Valoración Contingente de los beneficios 'Reservorio de Agua Dulce (el Acuífero)' y 'Abastecimiento de Agua Dulce (el Acuífero)', anteriormente mencionados. Aunque al valorar e incluir en la misma encuesta beneficios que presentan valores de uso indirecto con valores de no uso, hace necesaria una más exacta y acuciosa descripción de lo que se quiere valorar, para no cometer algún tipo de sesgo y llevar a cabo la metodología satisfactoriamente.

- **Mejora en la Estética y Paisaje y Aumento en la Belleza Escénica**

El hecho de que la belleza escénica pueda ser considerada como un factor que influya en el precio de las viviendas, permite aproximarnos al valor de éste beneficio mediante el método de Precios Hedónicos. Para ello es necesario conocer previo al cambio en el

²⁶ Respecto del método de valoración contingente se aplica todo lo dicho en "Recuperación y Recolonización de Poblaciones de Especies y Restauración de Hábitats" acerca de la recomendación del uso de la DAP.

paisaje, el precio de las viviendas en los sectores en los cuales se producirá este beneficio, una parte importante de la cuenca media y baja, (especialmente los sectores aledaños a los cauces río Mapocho y Maipo, y en el sector de la zona costera en la desembocadura del río Maipo), para luego de producido el beneficio, realizar la comparación de precios en las viviendas, las que descontando el envejecimiento de éstas, si lo hubiera, debería reflejar las variaciones en la estética y el paisaje.

En el caso de que las zonas afectadas por este beneficio coincidan con las zonas afectadas por la Disminución de malos Olores, entonces deberá realizarse el método de Precios Hedónicos de manera que involucre a ambas características.

Beneficios Agrícolas:

• Mejora en la Productividad de las Zonas Agrícolas Degradadas (por recuperación de suelos degradados)

Las zonas agrícolas degradadas presentan una muy baja productividad, debido principalmente al suelo se mala calidad y sobreuso de éste. Al disponer lodo en los suelos, éstos van a mejorar su nivel de materia orgánica, además de otras características (nutrientes). Por lo tanto, una de las maneras de aproximarnos al valor de este beneficio, es a través de una diferencia en el valor de las distintas calidades de suelo, así por ejemplo una hectárea de suelo de clase 1 vale mucho más que una hectárea de suelo clase 4, ya que el suelo de la primera es de mucha mayor calidad que el suelo de la segunda.

Otra forma de aproximación al valor de este beneficio, es en términos de la variación que presentará la productividad elaborando modelos de la contribución física del cambio en la calidad del suelo. Para ello sería necesario realizar un modelo acerca del rendimiento de los suelos, en función de la calidad de éstos, expresado como cantidad de materia orgánica, macronutrientes y micronutrientes. Luego se podrá tener una idea

aproximada de la contribución de los lodos al rendimiento de los suelos respecto de las actividades productivas que en ellos se realizan.

- **Mejora en la Calidad Higiénica del Suelo**

Dada la mejora en la calidad higiénica del suelo que se producirá, gracias a la eliminación de los organismos y microorganismos patógenos que se encuentran en las aguas servidas, se obtendrán productos agrícolas de mejor calidad. La mejor posibilidad metodológica para evaluar este beneficio es la diferencia de precios en suelos de igual calidad (de la misma clase), pero con la diferencia de que unos serán regados con aguas servidas, y por lo tanto tengan una mala calidad higiénica y otros que sean regados con agua de pozo, y por lo tanto una mejor calidad higiénica.

En el caso de que actualmente existiera información acerca de la diferencia entre los precios (claramente más altos) que se obtendrían de los productos agrícolas producidos en suelos más higiénicos, en comparación con productos muchos más baratos en suelos pocos higiénicos, podría obtenerse el valor diferencial a partir de ahí, lo que evitaría realizar una completa evaluación de los precios en ambos casos.

Beneficios por Producción de Lodos:

- **Producción de Compost (para venta)**

Evaluar el valor de mercado de este beneficio es posible, ya que este bien se transa en el mercado con un precio conocido, por lo tanto sólo es necesario tomar en cuenta la cantidad producida de compost y evaluar los Precio de Mercado de éste.

• Ahorro en Consumo de Fertilizantes

Este beneficio al ser un beneficio económico presenta una expresión de su precio en el mercado, por lo que es factible obtener aproximaciones de su valor. En este caso se podrá utilizar los Precio de Mercado de los fertilizantes que serán ahorrados (urea, güano), por la cantidad del ahorro de éstos, en un período de tiempo dado.

• Mejora en la Productividad Agrícola (por cambios en la Fertilización)

Las zonas agrícolas presentan una productividad dada, debido en parte a la calidad del suelo y los fertilizantes que se incorporan a éste. Al utilizar lodo, los suelos van a mejorar su nivel de micronutrientes, lo que reporta una importante mejora que se reflejará en la calidad de los productos, y por lo tanto, en la productividad.

De esta manera, una forma de aproximarnos a la evaluación de este beneficio, es a través del aumento en la productividad, por lo que será necesario construir un modelo del rendimiento de los suelos en función de la cantidad de micronutrientes, vistos éstos como la cantidad de lodos dispuesta en los suelos.

Otra forma de evaluar este beneficio es a través del valor de distintos tipos de suelo, pero dado que los diferentes tipos de suelo están caracterizados principalmente por el contenido de materia orgánica, entonces sería más conveniente hacer la evaluación a partir de una diferencia en el precio de los suelos de diferentes clases. Aunque sería necesario realizar esta evaluación junto con el beneficio de Mejora en la Productividad de las Zonas Agrícolas Degradadas (por recuperación de suelos de gradados).

Beneficios relacionados al Agua:

- **Mayor Oferta y Disponibilidad de Agua**

Con el fin de poder valorar, al menos parcialmente la mayor disponibilidad de agua que producirá la puesta en marcha del Plan de Saneamiento, se podrán obtener valores a partir del precio que se le da actualmente al agua cruda (aguas servidas), que es fijado por la Superintendencia de Servicios Sanitarios.

También se podrán obtener los valores a partir de los precios de mercado del agua potable, en cuanto a su potabilización y distribución, y se podrán obtener valores respecto de la disposición a pagar por el agua tomando los Costos de Sustitución de ésta, a base del valor del agua de camiones aljibe, aunque ésta última opción podría resultar en una sobrevaloración, ya que la diferencia de precio de agua para consumo es muy grande respecto de la que llega por cañería y de la que se vende en camiones aljibe, por lo que se recomienda obtener los valores a partir del valor del agua potable (potabilización y distribución).

- **Reservorio de Agua Dulce (el Acuífero)**

- **Abastecimiento de Agua Dulce (el Acuífero)**

Estos dos beneficios también poseen características particulares: están concebidos como valores de existencia y legado, por lo que se pretende obtener una aproximación del valor de no uso que posee al acuífero, por lo tanto la única metodología posible de aplicar a ambos beneficios es la Valoración Contingente.

El método de valoración contingente respecto de los valores de no uso del acuífero debe ser utilizado tomando en cuenta que debe entregarse una detallada descripción de lo que se quiere evaluar (el acuífero y lo que significa valores de no uso), y además nuevamente debe ser una DAP y no una DAC, ya que esta última presenta un gran

inconveniente en estos beneficios: el acuífero es un elemento del medio ambiente que no es percibido en forma directa por las personas.

Beneficios por Mejora en la Condición Sanitaria:

• Disminución de Enfermedades Entéricas

Los métodos de valoración asignados para este beneficio son claros por las características más conocidas de valoración de éstos efectos. La disminución de enfermedades entéricas puede evaluarse a través de la morbilidad y la mortalidad que estas enfermedades producen.

La morbilidad se evalúa como los gastos que se deben incurrir en salud a causa de la enfermedad y las horas no trabajadas de la persona que se enferma; mientras que la mortalidad puede evaluarse a través del método del capital humano, esto es, el valor actualizado de los salarios futuros de la persona que muere. Además podría optarse por valorar la vida humana a través del método de salarios hedónicos, pero este método es bastante inexacto, ya que tiene el supuesto de que el mercado del trabajo es de "pleno empleo", supuesto que resulta ser falso la mayoría de las veces.

Por supuesto, en el uso de estos métodos es necesario hacer un reflexión del cuestionamiento ético que presenta valorar la vida humana, y además hacerlo de esta forma, en la que claramente se evalúa sólo un ámbito de la vida, por lo tanto se estaría subvalorando.

• Disminución de Vectores Sanitarios

El método que podría servir para valorar la disminución de vectores sanitarios, es el del Costos de Sustitución, con la salvedad de que lo que se sustituye, es un servicio que produce el Plan de Saneamiento, y que no es posible de aplicar para todos los vectores

sanitarios, de este modo, contra vectores como ratones, ratas y lauchas es posible hacer una evaluación respecto de cuanto costaría realizar limpiezas periódicas de todos los sectores adyacentes a los cauces en los cuales existen estos vectores, (los costos de un programa periódico de higienización). Respecto de otros vectores como zancudos, moscas, mosquitos o dípteros en general, no es posible hacer una limpieza que no involucre el saneamiento de las aguas de los cauces de la cuenca, pero sí es posible hacer un acercamiento al valor a través del costo de realizar fumigaciones en forma permanente (para la mantención de este efecto) en todas las riveras de los causes donde existan estos vectores.

Otra posibilidad de evaluación, es mediante el método de los Precios Hedónicos, tomando a los vectores sanitarios (guarenes, ratas, lauchas, zancudos, moscas, mosquitos y dípteros de varios tipos), en forma de “calidad sanitaria” como un rasgo más entre las características que pueden entrar en la función del conjunto de características que poseen las viviendas del sector a evaluar. En tal caso debería trabajarse este beneficio junto con los de Disminución de Malos Olores, Mejora en la Estética y Paisaje, y Aumento en la Belleza Escénica.

• **Disminución de Malos Olores**

En el caso del beneficio de la Disminución de Malos Olores el mejor método que permitía evaluarlo, como ya se dijo, es el de Precios Hedónicos. Para ello es necesario conocer previo a la disminución de olores, el precio de las viviendas en los sectores en los cuales se producirá este beneficio (los sectores aledaños a los cauces río Mapocho, especialmente en el sector Pudahuel, a todo lo largo del Zanjón de la Aguada y la parte sur del río Mapocho), para luego de producido el beneficio, (reducción de los malos olores), realizar la comparación de precios en las viviendas, las que descontando el envejecimiento de éstas, si lo hubiera, debería reflejar las variaciones en esta característica medioambiental.

En el caso de que las zonas afectadas por este beneficio coincidan con las zonas afectadas por la Mejora en Estética y Paisaje y Aumento en la Belleza Escénica, entonces deberá realizarse el método de Precios Hedónicos de manera que involucre a las tres características. También es posible, en el caso de que se elija el método de precio hedónicos para el beneficio Disminución de Vectores Sanitarios, que coincida con éste, en cuyo caso el valor obtenido, sería una aproximación de los cuatro beneficios acoplados.

- **Recuperación de Espacios Públicos**

En el caso de este beneficio la posibilidad que resulta más adecuada es la de evaluar los Costos de Restaurar los espacios públicos existentes. Otra posibilidad, es evaluar los Costos de Sustitución de estos espacios públicos por otros de semejantes condiciones. En este último caso, y dado que los espacios públicos que se recuperarán son zonas ribereñas, los lugares donde se medirán los costos de sustitución deben ser con características semejantes, lo que aumenta fuertemente las dificultades y los costos de implementarlo.

4.3.2.2 Métodos de Beneficios basados en Flujos Económicos

Beneficio Agrícola:

- **Reducción en la Pérdida por Enfermedades del Ganado**

Actualmente los ganaderos de la Región Metropolitana pierden dinero, en las penalizaciones que se les imponen por las incidencias de enfermedades en el ganado para consumo que va a matadero, y en las pérdidas del animal completo cuando éstos presentan una muy alta cantidad de enfermedades. Estos costos se reducirán en forma importante, por lo que a través de el método de Precios de Mercado, y el registro de las

incidencias de las penalizaciones y su monto se podrá tener una idea de la reducción de la pérdida, y una aproximación al valor de beneficio.

Beneficios relacionados al Agua:

- **Reducción del Gasto de Descontaminación del Agua del Acuífero**
- **Reducción del Gasto de Descontaminación de Nutrientes del Agua del Acuífero**

La aproximación a la evaluación de estos beneficios sería a través del método Precios de Mercado, específicamente a través de los costos de la elevación del agua contaminada del acuífero al nivel de la superficie, y el costo de descontaminarla de patógenos y materia orgánica, además de las sales como nitratos y fosfatos, para que esta agua pueda ser usada.

- **Reducción de los Costos de Tratamiento de Agua Potable**

El tratamiento del agua del Maipo para su potabilización por parte de la Planta de Agua Potable 'San Juan de Llolleo' reducirá sus costos de tratamiento, debido a que las aguas provenientes del río Maipo, ya no contendrán materia orgánica en cantidades importantes, ni organismos patógenos como *Echerichia coli*, o los que producen el Paratífus, la Fiebre tifoidea, la Hepatitis, entre otras enfermedades. Por lo que, a través de Precios de Mercado y específicamente, con la sola diferencia entre los costos anteriores al desarrollo del Plan de Saneamiento y los costos posteriores a éste se podrá evaluar este beneficio.

Beneficios Turísticos:

• **Potencial Turístico**

Dada la restauración de la cuenca Maipo-Mapocho, habrá un potencial aumento del turismo en particular del extranjero. Las posibilidades de aproximarnos a la evaluación de este beneficio es a través de encuestas tipo Costo de Viaje a los turistas extranjeros que tengan la intención de visitar la Región Metropolitana, aunque el desarrollo de esta metodología, con un público objetivo tan difuso, redundará en grandes dificultades técnicas.

• **Turismo / Recreación en los Ríos**

Para aproximarnos a un valor en los beneficios de Turismo / Recreación, la mejor forma de hacerlo es a través del método Precios de Mercado. Es necesario realizar una proyección del incremento en los ingresos que se generan por el aumento en el turismo en el Gran Santiago y la Región Metropolitana gracias a la mejora en las condiciones de ríos y causes de la cuenca en general, y a partir de esta proyección, evaluar la aproximación al valor del incremento en el turismo y recreación.

• **Turismo / Recreación en la Zona Costera**

Igual que en el caso anterior el mejor método a usar es el de Precios de Mercado. Para aproximarnos a un valor en los beneficios de Turismo / Recreación, debe realizarse una proyección del incremento en los ingresos que se generan por el aumento en el turismo en la zona costera y litoral de la V región, gracias a la mejora en las condiciones de las aguas que se descargarán al océano y así una mejora en las condiciones de la costa; y a partir de esta proyección, evaluar la aproximación al valor del incremento en el turismo y recreación.

En este caso también se podría evaluar los beneficios a través del Costo de Viaje de las personas que se dirigen a la zona costera, pero esto implicaría varios problemas metodológicos por el hecho de al ser una zona no cerrada (a diferencia de un parque o reserva) sería complejo identificar al público objetivo y hacer la encuesta correspondiente.

Beneficios Sociales:

• **Aumento de la Equidad Social**

Este beneficio, para evaluarlo, presenta el problema de que, aunque podemos obtener una magnitud del beneficio, no es posible llevarlo a una cifra del valor económico que representaría, ya que la equidad puede verse como una necesidad ética, más que como un bien cuantificable monetariamente.

Para conocer una aproximación de la magnitud de este beneficio es posible utilizar un índice económico, como el *coeficiente de Gini*, que se deriva de la curva de Lorenz (curva que permite graficar el grado de desigualdad existente en un país).

La única posibilidad de evaluación monetaria sería la asignación arbitraria de una cantidad monetaria al cambio en una medida del coeficiente de Gini. Esta asignación podría hacerse en base a una encuesta representativa de la población, en la que se le pregunte a cada persona cuanto vale monetariamente para ella un aumento en la equidad social. Aunque es un método discutible, resuelve el problema de dejar fuera de la evaluación este beneficio.

• **Creación de Empleos**

Con el fin de evaluar este beneficio es posible utilizar Precios de Mercado, ya que es necesario evaluar los gastos en la contratación del personal que se ha necesitado y se

necesitará en la construcción, puesta en marcha y operación de las plantas de tratamiento de éste (empleo directo), y en el desarrollo del Plan de Saneamiento en su conjunto (empleo indirecto). Los empleos pueden evaluarse en el mercado del trabajo sin inconvenientes.

4.3.2.3 Métodos de Beneficios basados en Flujos de Información

Beneficios por Mejora en la Gestión de la Cuenca:

• **Implementación del Manejo Integrado de Cuencas**

La opción más factible para evaluar este beneficio es incluir el manejo integrado de cuencas dentro de una encuesta tipo Valoración Contingente, preguntando a los encuestados por su disposición a pagar por la implementación de una gestión integrada de los recursos naturales de la cuenca.

Cualquier otra forma de evaluación que no sean encuestas o mercados simulados es prácticamente inviable, ya que este beneficio es conceptual (es un flujo de información) y por lo tanto presenta una de las mayores dificultades de evaluación económica de entre todos los beneficios identificados.

• **Implementación del concepto de Caudal Ecológico en la cuenca**

La principal opción de evaluación de este beneficio es incluir la implementación del concepto de Caudal Ecológico en la cuenca dentro de una encuesta tipo Valoración Contingente, y preguntar por las personas su disposición a pagar por tener un caudal ecológico que permita la vida en los ríos de la cuenca. De manera semejante al caso anterior, este flujo de información es de muy difícil evaluación si no es a través de métodos de encuestas o a través de métodos de mercados simulados.

• **Implementación de Corredores Biológicos**

Para evaluar económicamente el beneficio de la implementación de corredores biológicos es posible optar por la vía de los Costos de Restauración (incluyendo el valor del suelo) y Mantenimiento de estos corredores biológicos, a pesar de que es compleja una aproximación al valor a través de este método. Ya que sin el saneamiento de las aguas, aunque se restauraran y se mantuvieran los corredores, de cualquier forma la evaluación no representaría los beneficios que presenta implementar corredores biológicos sin la puesta en marcha del Plan de Saneamiento.

Por lo anterior, una posibilidad más factible de obtener una aproximación al valor del beneficio de poder implementar corredores biológicos, es a través del método de Valoración Contingente, y preguntar a los encuestados, por su disposición a pagar por la implementación de corredores biológicos en la cuenca.

Beneficios Agrícolas por uso de agua limpia:

• **Cambios en los Tipos de Cultivo**

Al cambiar los tipos de cultivos a otros, habrá una variación de los ingresos de los agricultores que decidan cambiar sus cultivos. Esta variación puede ser evaluada mediante el método de Precios de Mercado, específicamente a través de los precios de los productos de los agricultores que hayan decidido cambiar de cultivo, contrastados con los precios de los productos de sus antiguos cultivos.

• **Fomento de la Agricultura Limpia**

Gracias al riego de verduras y hortalizas con agua limpia, aumentará la calidad bacteriológica de éstas, por lo que los agricultores podrán tener expectativas de aspirar a exportarlas a mercados internacionales más exigentes que el mercado nacional. Calcular

las ganancias de las exportaciones, resulta ser la mejor forma de evaluar económicamente este beneficio.

• **Tecnificación del Riego**

La forma de evaluación de este beneficio es a través de Precios de Mercado, ya que las mejoras en el nivel de tecnificación de la agricultura podrá ser evaluada a través del valor del agua ahorrada, que es finalmente lo que este beneficio reportará. Para realizar esta evaluación es necesario conocer los actuales niveles de gasto de agua de los agricultores y los niveles de gasto de agua después del cambio de tecnología de riego, y a partir de estas cantidades, y tomando el valor del agua (evaluación que será realizada a partir de otro beneficio) calcular una aproximación al valor de este beneficio.

Beneficios Sociales:

• **Investigación Científica**

Este beneficio es posible de cuantificar a partir de la cantidad de proyectos de investigación que se generaron en otros países en relación a la creación de grandes plantas de tratamiento de aguas servidas, la restauración de los cauces, los procesos de tratamiento de aguas servidas, o acerca del subproducto lodos, que ese saneamiento generó en el pasado. Y a partir de estos proyectos, calcular el monto de proyectos semejantes, para Chile.

También es posible de medir, tomando los montos de los proyectos de investigación que se han desarrollado a partir de la restauración de los cauces, los procesos de tratamiento de aguas servidas, o acerca del subproducto lodos. Es importante hacer notar que esto sólo representará la investigación científica hasta el momento de hacer el cálculo y no intuirá las futuras, por lo que sería necesario hacer una estimación con una proyección

de extrapolación de las investigaciones que se podrían realizar y los montos aproximados de éstas.

Por otro lado, cualesquiera de éstas formas de evaluación sólo reflejará los montos de dinero necesario para la investigación, pero de ningún modo incluirá el valor del conocimiento científico producido por las investigaciones, por lo que será una subvaloración del beneficio.

- **Educación Ambiental**

Gracias al Plan de Saneamiento se podrá hacer educación ambiental al aire libre en las inmediaciones de los cauces de agua, gracias a la restauración de los ecosistemas de la cuenca, y se podrá hacer educación ambiental acerca del agua en las plantas de tratamiento. Este beneficio podría ser evaluado en términos de los precios de las organizaciones que hacen educación ambiental, las inversiones por parte del Estado (implementación de programas de educación ambiental al aire libre en los colegios) o la empresa privada. En todos estos casos se evaluarán los costos de la educación, pero no se evaluará el beneficio de la mejora en la calidad de la educación en sí misma.

- **Cambios en la Planificación Territorial**

El único método factible de aproximarse al valor de este beneficio, es la Valoración Contingente, para, a través de encuestas, preguntar, a los vecinos de comunas ribereñas a los cauces, por su disposición a pagar por cambios en la planificación territorial de sus comunas integrándose a un hábitat restaurado y un río que se puede disfrutar como área verde dentro de su comuna.

• Cambio en la Relación Campo / Ciudad

Actualmente existe una relación "conflictiva" entre las actividades de la ciudad y las actividades del campo. Esta relación es resentida principalmente por los agricultores y personas que viven en las zonas rurales, por lo que la forma de evaluar este beneficio es realizar una Valoración Contingente de la DAC de estas personas por esta relación conflictiva.

En este caso, sería una DAC y no una DAP, porque los encuestados no son quienes infligen el daño, sino quienes reciben las consecuencias negativas de éste. Por lo tanto, una consulta por compensación es el método más adecuado.

• Mejora en la Imagen "País"

Por las características de este beneficio resulta complejo asignar un método de valoración que pueda dar una aproximación al valor que este beneficio presenta. El único método que resulta razonable es intentar calcular el aumento de los acuerdos comerciales que se darán gracias, entre otros factores, a la mejor imagen externa de nuestro país. A partir de las ganancias obtenidas a partir de estos acuerdos, se podrá cuantificar el porcentaje de las ganancias que le podrían ser atribuidos a el Plan de Saneamiento de Aguas Servidas de la cuenca Maipo-Mapocho.

4.4. Resumen de los Resultados

A continuación se muestra una tabla resumen de los resultados en que se presentan los beneficios identificados, clasificados en cada tipo de flujo, el tipo de valor, según el VET, al cual corresponden, y el (los) método(s) de valoración que les fue asignado a cada uno, para su futura evaluación.

Tabla 4.3.2.

Se muestran los beneficios del Plan de Saneamiento, los valores del VET respecto del cual fueron clasificados y los métodos de valoración asociados a cada uno, respecto de sus características particulares.

N°	Beneficios	Componentes del VET						Métodos
		VUD	VUI	VO	VCO	VL	VE	
Flujos Físicos o de Materiales								
1	• Recuperación y Recolonización de Poblaciones de Especies			X				Valoración Contingente
2	• Restauración de Hábitats (en los Ríos y la Zona Costera)			X				Valoración Contingente
3	• Uso Potencial de Especies de Flora y Fauna del los Ríos				X			Valoración Contingente
4	• Uso Potencial de Especies de Flora y Fauna de la zona costera				X			Valoración Contingente
5	• Recuperación y Recolonización de Poblaciones de Especies en Extinción en Ríos, Riberas, y Zona Costera						X	Valoración Contingente
6	• Restauración de Ecosistemas						X	Valoración Contingente
7	• Biodiversidad de los Ríos y Zona Costera					X		Valoración Contingente
8	• Control de Gases Efecto Invernadero		X					Precios de Mercado (Bonos de Fijación de Carbono)
9	• Potencial uso del Lodo en Plantaciones Forestales en Laderas (Control de la Erosión)		X					Costos de Restauración y Costos de Mantenimiento
10	• Protección de Laderas por la no Extracción de Tierra de Hojas (por la producción de Compost)		X					Costos de Restauración y Costos de Mantenimiento
11	• Cambios en la Biodiversidad		X					Valoración Contingente
12	• Prevención de la Contaminación del Acuífero		X					Costos de Restauración, Valoración Contingente
13	• Prevención de la Contaminación con Nutrientes del Acuífero		X					Costos de Restauración, Valoración Contingente
14	• Reproducción de Especies		X					Valoración Contingente
15	• Mejora en Estética y Paisaje, y Aumento en la Belleza Escénica		X					Precios Hedónicos
16	• Mejora en la Productividad de las Zonas Agrícolas Degradadas (por recuperación de suelos degradados)	X						Precios de Mercado (diferencia de valor de distintas clases de suelo), Cambios en la Productividad
17	• Mejora en la Calidad Higiénica del Suelo	X						Precios de Mercado (diferencia de precios en suelos regados con agua de distinta calidad).
18	• Producción de Compost (para venta)	X						Precios de Mercado
19	• Ahorro en Consumo de Fertilizantes	X						Precios de Mercado (de los Fertilizantes)
20	• Mejora en la Productividad Agrícola (por cambios en la Fertilización)	X						Precios de Mercado a través de Cambios en la Productividad (gracias a los micronutrientes)
21	• Mayor Oferta y Disponibilidad de Agua	X						Precios de Mercado (agua cruda), Precios de Mercado (agua potable), Costos de Sustitución (camiones Aljibe)
22	• Reservorio de Agua Dulce (el Acuífero)						X	Valoración Contingente
23	• Abastecimiento de Agua Dulce (el Acuífero)				X			Valoración Contingente

24	• Disminución de Enfermedades Entéricas	X		Método de Costos en Salud, Salarios Hedónicos, Capital Humano
25	• Disminución de Vectores Sanitarios	X		Costos de Sustitución (Costo de Eliminar los Vectores), Precios Hedónicos
26	• Disminución de Malos Olores	X		Precios Hedónicos
27	• Recuperación de Espacios Públicos	X		Costos de Restauración, Costos de Sustitución
Flujos Económicos				
1	• Reducción en la pérdida por Enfermedades del Ganado	X		Precios de Mercado
2	Reducción del Gasto de Descontaminación del Agua del Acuífero	X		Precios de Mercado
3	• Reducción del Gasto de Descontaminación de Nutrientes del Agua del Acuífero	X		Precios de Mercado
4	• Reducción de los Costos de Tratamiento de Agua Potable	X		Precios de Mercado
5	• Potencial Turístico		X	Costo de Viaje
6	• Turismo / Recreación en los Ríos	X		Precios de Mercado
7	• Turismo / Recreación en la Zona Costera	X		Precios de Mercado, Costo de Viaje
8	• Aumento de la Equidad Social	X		Coefficiente de Gini y Encuesta
9	• Creación de Empleos	X		Precios de Mercado
Flujos de Información				
1	• Implementación del Manejo Integrado de Cuencas	X		Valoración Contingente
2	• Implementación del concepto de Caudal Ecológico en la cuenca	X		Valoración Contingente
3	• Implementación de Corredores Biológicos	X		Costos de Restauración y Costos de Mantenimiento, Valoración Contingente
4	• Cambios en los Tipos de Cultivo	X		Precios de Mercado
5	• Fomento de la Agricultura Limpia	X		Precios de Mercado
6	• Tecnificación del Riego	X		Precios de Mercado
7	• Investigación Científica	X		Precios de Mercado
8	• Educación Ambiental	X		Precios de Mercado
9	• Cambios en la Planificación Territorial	X		Valoración Contingente
10	• Cambio en la Relación Campo / Ciudad		X	Valoración Contingente
11	• Mejora en la Imagen "País"	X		Precios de Mercado (aumento del comercio y la inversión)

5. DISCUSIÓN

5.1 Discusión General

Al realizar este estudio, en su primera parte, se presentaron dos obstáculos: (a) no se conoce íntegramente el sistema ambiental en que se inserta el Plan de Saneamiento, y (b) no se tiene conocimiento previo de un cambio de este tipo –que en pocos años (2001-2009), se pasará de tener una cuenca con aguas totalmente contaminadas, a tener una cuenca con las aguas totalmente tratadas–. El obstáculo se superó debido a que una modelación siempre simplifica la realidad que intenta describir o explicar, debido a que la complejidad que ésta contiene se hace inmanejable para las personas. El segundo obstáculo se salvó mediante el uso de variada información obtenida de la mayor diversidad de fuentes posibles, que permitiera dar una idea de cómo sería este cambio.

Es importante destacar cómo este estudio permite contrastar la aproximación ingeniero-sanitaria de los únicos dos beneficios²⁷ identificados en el Programa de Tratamiento de Aguas Servidas (EMOS, 1995), con la aproximación medioambiental-económica desarrollada por este trabajo, que reconoció 47 beneficios en total, de una amplia variedad de clases (ecológicos, servicios ecosistémicos, agrícolas, relacionados a la producción de lodos, relacionados al agua, turísticos, sanitarios y sociales), y no solamente de mejora en la condición sanitaria como ocurrió en la justificación del Programa de Tratamiento de Aguas Servidas. Lo anterior demuestra la necesidad de que en los proyectos de inversión, especialmente en las áreas de revisión de externalidades o impactos –ya sean positivos o negativos–, los estudios o justificaciones de estos proyectos sean llevados a cabo por personas entrenadas en aproximaciones medioambientales.

Un importante aporte realizado por este estudio es que la identificación de beneficios en un contexto holista de sistema ambiental, y la identificación de los métodos de

²⁷ Reducción en la incidencia de enfermedades enteroparasitarias y Disminución de vectores sanitarios

valoración asociados, a través del concepto de VET, podría ser el punto de partida para una aproximación más interdisciplinaria a la valoración económica del medio ambiente en estudios futuros semejantes. Dejando de lado la aproximación de “aplicación de métodos” que pierde de vista el sentido del (o los) elemento(s) del medio ambiente que se están valorando.

5.2 Del Sistema Ambiental y los Beneficios del Plan de Saneamiento

Desarrollar este estudio en un marco teórico de un modelo de sistema ambiental reportó la necesidad de ver los beneficios en forma de sistémica y no como una simple “lista”. Lo anterior significó identificar los beneficios como relaciones de flujos existentes, y sus diferentes tipos, ya sean de materiales, económicos o de información. El aporte de este enfoque es que permitió tener una visión global del contexto en que se producen los beneficios, lo que permite identificar los productores del beneficio y los beneficiarios de éste.

Este estudio se trabajó bajo un supuesto, el cual es que para que se produzcan una cantidad importante de los beneficios planteados en el punto 4.1.3, es necesario que se modifique la actual visión que tiene la sociedad acerca de cómo administrar la cuenca y los recursos naturales que ella contiene, en particular, las aguas. Es fundamental que se adopte una visión para una administración más sustentable y más holista respecto de la actual. Visión en la cual el gobierno (Sistema Político, en el Sistema Ambiental planteado) juegue un papel más activo respecto del cuidado de los recursos naturales de la cuenca.

Debido al supuesto anteriormente expresado, es claro que algunos de los beneficios, como por ejemplo el Manejo Integrado de Cuencas, la Recuperación y Recolonización de Poblaciones de Especies, Disminución de Enfermedades Entéricas, entre otros, no se producirán totalmente, si no se da este supuesto. Supuesto que involucra una cantidad de condiciones, entre éstas está la necesidad de que se realice un preocupado saneamiento y

descontaminación de las aguas para agricultura –especialmente respecto de la cantidad de microorganismos patógenos que se encuentran en las aguas de los canales de regadío– y los RILES provenientes de muchas industrias, ya que sólo las industrias posteriores a 1998 y las que descargan a alcantarillado conectado a El Trebal y La Farfana están cumpliendo con el decreto Supremo N° 609. Mientras que las industrias que descargan en el sector norte de Santiago aún siguen descargando sus RILES a las aguas de la cuenca.

Sin embargo, para poner en marcha un saneamiento global, es necesario llevar a cabo acciones por parte del gobierno para controlar las fuentes de contaminación difusa, las que, para que sea puestas en funcionamiento en forma adecuada e integrada, deben realizarse como un sistema de manejo integrado de cuencas, y por lo tanto debe ser abordado con una visión holística de la administración de los elementos del medioambiente de la cuenca. Esta visión es la que se pretende implementar a partir de un manejo integrado de cuencas, según lo ha planteado recientemente la Directora de la CONAMA en diferentes seminarios.

Es por esto que se hace posible una revisión de los principios rectores de la visión actual de la administración de los recursos naturales, para hacer posible el paso a una administración del agua y los demás recursos naturales de la cuenca en forma sustentable.

A continuación se muestra la Tabla 5.2.1 en la que puede observar las cantidades de beneficios identificados por cada clase y por cada tipo de flujo. Respecto de las clases los beneficios se producirían principalmente beneficios ecológicos y beneficios sociales, además de los servicios ecosistémicos. En cambio los beneficios agrícolas y relacionados al agua, seguidos por los turísticos, se producirían en menor cantidad. Esto al parecer es medianamente contra-intuitivo, ya que se podría pensar a priori que la mayor cantidad de beneficios producto del saneamiento de las aguas se relacionara a la agricultura.

Tabla 5.2.1.

Número de Beneficios del Plan de Saneamiento según cada clase de beneficios. Se presenta la cantidad de beneficios respecto de cada tipo de beneficio y según los tipos de flujos.

Beneficios	Número de Beneficios según cada clase de beneficios							Total
	Beneficios Ecológicos y Gestión de Cuenca	Servicios Ecosistémicos	Beneficios Agrícolas	Beneficios relacionados a los Lodos	Beneficios relacionados a la Agua	Beneficios Turísticos	Beneficios Sociales (incluye Sanitarios)	
Flujos Físicos o de Materiales	7	8	2	3	3	0	4	27
Flujos Económicos	0	0	1	0	3	3	2	9
Flujos de Información	3	0	3	0	0	0	5	11
Total	10	8	6	3	6	3	11	47

Asimismo, llama la atención que la mayor cantidad de beneficios este asociada a flujos de materiales más que a los económicos, que resultaron ser los flujos de con menor cantidad de beneficios.

5.3 De la Aplicación del VET

Durante la identificación de los beneficios, se definieron conceptos amplios que involucraron, la mayoría de las veces, que el beneficio se concibiera en relación a un elemento del medioambiente, y no al rasgo *de valor* de ese elemento. Es por ello que al clasificar los beneficios en los componentes del VET, fue necesario confrontar los beneficios identificados con el VET, para luego rectificar los beneficios en función de estos componentes. Por lo tanto este proceso resultó ser circular y de reforzamiento más que lineal, como se había pensado en un comienzo, a partir de la metodología consultada.

Por otro lado, al clasificar los beneficios del Plan de Saneamiento en los componentes del VET, es posible identificar cuáles son los métodos de valoración más adecuados para cada beneficio. Esto, ya que como se puede inferir a partir de la Figura 3.2.2, existe una cierta clase de método para cada tipo de valor del VET.

Los beneficios del Plan de Saneamiento fueron identificados a partir del sistema ambiental y posteriormente contrastados con respecto de los componentes del VET para ser re-identificados, ciclo que fue repetido un par de veces. Lo anterior se hizo, porque no se puede identificar *a priori* un gran número de beneficios que podrían ser incluidos en la misma categoría como un “beneficio-conjunto”. Por lo tanto, gracias a la confrontación de los beneficios con los componentes del VET, se pudieron desagregar estos beneficios.

A continuación se muestra la Tabla 5.3.1. en la que se observa el número de beneficios clasificados en cada componente del VET y en los tipos de flujos. Se puede observar que el 60 % de los beneficios fueron clasificados como valores de uso directo, mientras que el resto de los beneficios (40 %) estuvieron repartidos en los otros 5 componentes del VET. Esto hace pensar que al producirse todos estos beneficios serán útiles en forma casi inmediata por la sociedad, ya que no son beneficios relacionados a largos tiempos de espera, como los asociados a valores de opción o de legado. Adicionalmente, un 17 % de los beneficios identificados son valores de uso indirecto (servicios ecosistémicos), por lo que también son de aprovechamiento instantáneo una vez producido los beneficios. Por lo tanto, los beneficios de aprovechamiento instantáneo resultaron ser más del 76 % de los beneficios identificados.

Tabla 5.3.1.
Número de Beneficios del Plan de Saneamiento clasificados según cada componente del VET. Se presenta la cantidad de beneficios según cada componente del VET y según cada tipo de flujo.

Tipos de Beneficios	Número de Beneficios según cada componente del VET						Total
	VUD	VUI	VO	VCO	VL	VE	
Flujos Físicos o de Materiales	10	8	2	2	2	3	27
Flujos Económicos	8	0	1	0	0	0	9
Flujos de Información	10	0	0	0	0	1	11
Total	28	8	3	2	2	4	47

5.4 De los Métodos de Valoración Seleccionados

Las métodos de valoración en general son complementarios, y no es posible intentar tomar sólo un método y pretender que va a ser capaz de evaluar todas las implicancias de cada beneficio, ya que cada método fue pensado para evaluar sólo un grupo pequeño de beneficios, con características muy semejantes.

Tal es el caso, por ejemplo, del método de costo de viaje, que fue creado para encontrar el valor que podrían tener los parques nacionales. Así también el método de los precios hedónicos, que sirve para medir atributos medioambientales que puedan ser incluidas en la función del conjunto de características que posee, más comúnmente, una vivienda.

Las asignaciones de los métodos fueron realizadas en función de diferentes criterios, siendo el principal los atributos de cada beneficio respecto de si corresponden a (i) factores de producción. Esto se refiere a beneficios como Mejora en la Productividad de las Zonas Agrícolas Degradadas, Mejora en la Productividad Agrícola (por cambios en la Fertilización), Cambios en los Tipos de Cultivo, entre otros. Si corresponden a (ii) fuentes de recreación, como Recuperación de Espacios Públicos, Turismo / Recreación (en los Ríos o en la Zona Costera). O si corresponden a (iii) Servicios Ecosistémicos, como Cambios en la Biodiversidad, Prevención de la Contaminación del Acuífero, Mejora en Estética y Paisaje y Aumento en la Belleza Escénica. Entre otros atributos.

Los métodos presentados en este estudio, respecto de cada beneficio, deben ser diseñados cuidadosamente antes de hacer la evaluación económica correspondiente, ya que cada uno apunta a valorar objetivos particulares y rasgos diferentes de cada bien o servicio ambiental que presentan los beneficios del Plan de Saneamiento.

Es importante recalcar que la selección de métodos de valoración fue llevada a cabo, pensando siempre en evitar una posible sobrevaloración de cada beneficio en particular. Esto, ya que la suma final de la evaluación económica de beneficios sobrevalorados

podría llevar a una alta imprecisión de la valoración de los beneficios generados por el Plan de Saneamiento en su totalidad. Por lo anterior, es que cada vez que existió la posibilidad de escoger entre más de un método para la futura evaluación, se describieron todas las posibilidades encontradas, y se hizo notar cuál podría ser más adecuada para evitar la situación de sobrevaloración. Sin embargo, y lamentablemente, es casi imposible evitar una subvaloración, ya sea porque los métodos mismos tienden muchas veces a no incluir todos los rasgos valóricos de cada beneficio, o porque es necesario asegurarse, y escoger métodos que no sobrevaloren los beneficios.

5.5 Del uso y abuso del Método de Valoración Contingente

Es importante tener en claro que no es prudente utilizar un solo método como un “método de uso universal” para evaluar los beneficios que se pretenda evaluar, y que al ocupar un solo método para todos los aspectos de una descontaminación y todos los beneficios asociados a ésta, se caerá necesariamente en una serie de limitaciones.

Esto es lo que usualmente ocurre con el método de valoración contingente, que suele ocuparse como una especie de “panacea”. Se identifica el elemento del medio ambiente que se desea valorar, y simplemente se aplica un método (valoración contingente) con la esperanza de que éste recoja un valor lo más cercano al valor de todos los beneficios que presenta el elemento del medioambiente. En vez de identificar todos los beneficios asociados (sean éstos bienes o servicios ambientales), para luego evaluarlos uno a uno, o en grupos pequeños que tengan consistencia técnica.

Lo anterior, en este caso en particular, es especialmente relevante, ya que se da una serie de situaciones que hacen imposible la evaluación de todos los beneficios identificados mediante un solo método. Estas situaciones son:

(a) La característica de lo que se está evaluando: ya que al estar valorando un plan de saneamiento o de descontaminación, las personas muchas veces sólo tienen conocimiento de un estado base o línea de base de un lugar contaminado, y no están tan

dispuestas a pagar por una descontaminación, ya que no siempre saben que antes, ese lugar no era de esa manera.

(b) La mala calidad de la información acerca del Plan de Saneamiento de que disponen los ciudadanos, así como la escasa información de sus beneficios y de los impactos negativos que representaba para las personas y el medio ambiente las aguas servidas. Esto es claro, ya que muchas personas tienen una nimia o tergiversada información acerca de las consecuencias que presenta para los habitantes de la ciudad tener los cauces de la cuenca con un alto nivel de materia orgánica y una alta concentración de organismos patógenos.

(c) Debido a las características económicas de país subdesarrollado, en Chile, gran parte de los ciudadanos y ciudadanas no tienen aún conciencia del necesario respeto y cuidado del medioambiente y acerca de lo importante que es mantenerlo con un estado adecuado de salud medioambiental.

Según lo anterior, realizar una evaluación total del Plan de Saneamiento a través de una Valoración Contingente, esto es, buscar la disposición a pagar por todos los beneficios del Plan de Saneamiento, daría como resultado una DAP relativamente desinformada, y por lo tanto con mayores sesgos de información. Ya que el Plan de Saneamiento, presenta muchos y muy diferentes beneficios que apuntan a rasgos muy distintos, fácilmente confundibles por el encuestado si se le preguntara por su DAP por todos ellos al mismo tiempo. A diferencia de que, si se hiciera una valoración contingente de una parte de los beneficios, en la cual cada encuestado fuera informado con una descripción *in extenso* respecto de lo que se le va a pedir valorar, en este caso es posible obtener una valoración un poco más fidedigna, desde el punto de vista del método.

6. CONCLUSIONES

Las conclusiones obtenidas en este trabajo son las siguientes:

1. Se modeló el sistema ambiental que se crea a partir de la puesta en marcha del Plan de Saneamiento, y se determinaron y describieron en forma general sus componentes y flujos. Dentro de esta perspectiva, se identificaron y describieron 47 beneficios del Plan de Saneamiento, por lo que se cumplió el primer objetivo general.
2. El concepto de sistema ambiental fue fundamental para identificar los beneficios del Plan de Saneamiento. Este concepto permitió tener una visión sistémica u holística, de las relaciones que se dan entre los generadores directos e indirectos de los beneficios del Plan de Saneamiento, y los beneficiarios de éstos. Además el concepto de sistema ambiental permitió identificar cuales beneficios eran flujos de materiales, cuales eran flujos económicos y cuales eran flujos de información.
3. Se investigó ampliamente el concepto del VET y se presentó el enfoque de evaluación a usar. A partir de esto, se asoció un tipo de valor de los especificados por el VET a todos los beneficios identificados, por lo que el segundo objetivo general se cumplió totalmente.
4. El concepto del VET ayudó a identificar y valorar los beneficios del Plan de Saneamiento, ya que pudo ser usado como una clasificación con la cual cotejar los beneficios con los tipos de valores que el VET representa, para saber si estaban correctamente expresados, o si habían sido incluidos unos dentro de otros. Además, con esta herramienta fueron clasificados los beneficios para conocer a qué tipos de valores correspondían y, a partir de eso, asignar los métodos de valoración.

5. La teoría económica, y en especial la economía medioambiental, a través del VET como herramienta de trabajo, permite demostrar la existencia de valores económicos en elementos del medio ambiente. Esto es posible ya que el concepto de VET, permite concebir los beneficios en función de los diferentes tipos de valores, ya sean de uso y no uso. Por lo tanto, estos elementos medioambientales pueden compararse con bienes y servicios económicos, y por ende, pueden ser percibidos como “*de valor*”, por el resto de los agentes económicos y sociedad completa, –y no *sin valor*, como ocurre habitualmente en estos casos–.
6. De los 47 beneficios identificados en el sistema ambiental, 27 correspondieron a Flujos de Materiales, 9 correspondieron a Flujos Económicos, y 11 a Flujos de Información. Lo que nos demuestra que la mayoría de los beneficios 81 %, no son beneficios económicos.
7. Los beneficios identificados fueron de 7 clases: beneficios ecológicos y de mejora en la gestión de la cuenca, servicios ecosistémicos, beneficios agrícolas, beneficios relacionados a los lodos, beneficios relacionados al agua, beneficios turísticos y beneficios sociales. Las clases que más colectivas fueron los beneficios ecológicos (10), los servicios ecosistémicos (8) y los beneficios sociales (11).
8. Fueron identificados 47 beneficios del Plan de Saneamiento. De éstos 47, todos fueron clasificados según los componentes del VET. De los 47 beneficios, la gran mayoría, (28 beneficios) fueron valores de uso directo, además 8 fueron valores de uso indirecto (servicios ecosistémicos), 3 fueron valores de opción, sólo 2 correspondieron a valores de cuasi-opción, así como también solo 2 correspondieron a valores de legados, y finalmente a 4 de los beneficios se les asocio a valores de existencia.

9. De los beneficios identificados más del 75 % se les asoció a valores de uso directo e indirecto, por lo que serán de aprovechamiento inmediato, una vez que se produzcan los beneficios.
10. A los 47 beneficios clasificados, se les asignó métodos adecuados de valoración, para su futura evaluación económica. A una importante mayoría de los beneficios se les asoció el método de Precios de Mercado, con 20 ocasiones, y de éstos, la mayoría fueron valores de uso directo, con la sola excepción de un par de servicios ecosistémicos. El siguiente método más seleccionado fue la Valoración Contingente con alrededor de 16 asignaciones, de las cuales la mayoría correspondieron a valores de no uso ó a valores de uso directo, y los menos a valores de uso indirecto, opción y cuasi-opción.
11. Los métodos de valoración asociados a beneficios o grupos de beneficios permitirán realizar una evaluación económica combinando métodos. Esto que permitirá tener una aproximación holista a la búsqueda del valor de los beneficios permitiendo asimismo reducir la subvaloración que se da al ocupar sólo un método.
12. Las valoraciones que se obtendrían de los beneficios del Plan de Saneamiento si se realiza la evaluación económica, serían una aproximación razonable de los valores que se pueden obtener actualmente –con los métodos que hay disponibles–. Sin embargo, puede ser que este monto no fuera un valor que lograra representar plenamente a todos los valores que puedan ser significativos para la sociedad en su conjunto.
13. Es posible decir que el proyecto de inversión fue menos “costoso” porque tuvo muchos más beneficios (47) que los percibidos en principio en la justificación del proyecto (2), beneficios que no son considerados por las autoridades ni percibidos por al sociedad.

14. Finalmente, estos resultados permiten conocer la inmensa cantidad de beneficios o externalidades positivas que pueden ser producidas por un proyecto, en particular, la gran cantidad de beneficios que se producen con un proyecto de descontaminación que tiene como objetivo sólo el saneamiento de las aguas servidas.

7. RECOMENDACIONES

7.1 Recomendaciones para la Gestión de los Recursos en la Cuenca

Como recomendación, es importante recalcar que dado que se ha desarrollado un Plan de Saneamiento, que ha permitido y permitirá acabar con las fuentes puntuales de contaminación del agua, –siendo éstas las aguas domiciliarias e industriales asimilables a domiciliarias, y próximamente la totalidad de los RILES de las industrias–, es necesario tomar medidas que apunten al control de las fuentes difusas de contaminación de la cuenca, especialmente aquellas relacionadas con la agricultura y ganadería. Para ello, es imprescindible realizar un cambio en la visión que actualmente se tiene de los recursos naturales, en la cual los elementos del medio ambiente son manejados en forma reduccionista y separadamente de su contexto y sistema. Alcanzando una visión integrada de los recursos naturales, que permita el desarrollo de un sistema de manejo integrado de cuencas.

7.2 Recomendaciones para la Futura Evaluación Económica de los Beneficios

Al evaluar económicamente los beneficios del Plan de Saneamiento, esto es, llevar a cabo la toma de datos y desarrollar el diseño y aplicación de los métodos que fueron seleccionados en este trabajo, se obtendrá una buena aproximación al valor de estos beneficios, dentro de las posibilidades que actualmente hay disponibles para la valoración económica de bienes y servicios ambientales que no se encuentran valorados directamente en el mercado.

Cuando se realice la evaluación económica de los beneficios del Plan de Saneamiento, y se apliquen los métodos seleccionados, para evaluar el valor de los beneficios, se encontrarán una serie de dificultades, por lo que es importante tomar en cuenta especialmente las relacionadas con los sesgos que presentan la mayoría de los métodos. Estos sesgos están relacionados a la disponibilidad de datos y la toma de datos,

principalmente, y en particular se deben tomar precauciones respecto de los sesgos especificados para el método de Valoración Contingente, ya que es uno de los métodos más seleccionados.

8. REFERENCIAS

- Aguas Andinas & Ondeo. 2002. Documento de Trabajo. Inventarios de Glaciares de Chile.
- Azqueta D. 1994. Valoración Económica de la Calidad Ambiental. Editorial McGraw-Hill.
- Barbier E.B., Acreman M.C. y Knowler D. 1997. Valoración Económica de los humedales- Guía para decisores y planificadores. Oficina de la Convención Ramsar, Gland, Suiza.
- Barzev, R. 2001. Estudio de la Valoración Económica de la Oferta y demanda Hídrica del Bosque en que nace la Fuente del Río Chiquito (Finca El Cacao, Achuapa) – para determinar la factibilidad de mantener el bosque en vista de garantizar la calidad y cantidad del recurso hídrico. PASOLAC. Corredor Biológico Mesoamericano.
- Bertalanffy, L. Von. 1968. Teoría General de Sistemas. Colombia, Fondo de Cultura Económica.
- Bolund P. y Hunhammar S. 1999. Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics* 29: 293-301.
- Bontems, P y Rotillon, G. 2000. Economía del Ambiente. Ediciones Abya-Yala. Quito, Ecuador.
- Costanza, R., d'Arge R., de Groot R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R. V., Paruelo, J., Raskin R. G., Sutton, P. y van den Belt, Marjan. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, Vol. 387, (1997): 253-260.
- Cerda, C. 2003. "Beneficios de la Recreación al Interior de la Reserva Nacional Lago Peñuelas". Tesis. Programa Interfacultades de Magister en Gestión y Planificación Ambiental.
- Christofoletti, A. Perspectivas para el análisis de la complejidad y la autoorganización en sistemas geomorfológicos. *Sistemas Ambientales Complejos: Herramientas de Análisis Espacial*, Matteucci, S. D. y Buzai G.D., editores.
- Comisión Nacional de Riego. 1984. "Proyecto Maipo: Estudio Hidrológico e Hidrogeológico". IPLA, Ingenieros Consultores. Volumen III: Escorrentía Superficial.
- Comisión Nacional de Riego. 1984. "Proyecto Maipo: Estudio Hidrológico e Hidrogeológico". IPLA, Ingenieros Consultores. Volumen IV: Aguas Subterráneas.

Comisión Nacional de Riego. 1984. "Proyecto Maipo: Estudio Hidrológico e Hidrogeológico". IPLA, Ingenieros Consultores. Volumen V: Calidad de Aguas y Sedimentación.

Comisión Nacional de Riego. 1984. "Proyecto Maipo: Estudio Hidrológico e Hidrogeológico". IPLA, Ingenieros Consultores. Volumen VI: Modelo Hidrogeológico.

CONAMA. 1997. Gestión Ambiental del Gobierno de Chile. MINSEGPRES.

CONAMA, Normas de Referencia, Norma Suiza, Ordenanza de Descarga Municipal de Aguas Servidas de 1975. Página WWW. [<http://www.conama.cl/seia/aguas.htm>].

Daily G. C., (ed.) 1997. Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems. Island Press, Washington D.C.

Daly H.E., Cobb J.B. 1989. Para el Bien Común: Reorientando la economía hacia la comunidad, el ambiente y un futuro sustentable. Fondo de Cultura Económica.

De Groot R. S., Wilson M. A., Boumans R. M. J. 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics* 41: 393-408.

EMOS. 2001. Estudio del Sistema de Canales de la Cuenca de Santiago. Documento de Trabajo. Área de Medio Ambiente.

EMOS, 1995. Programa de Tratamiento de las Aguas Servidas del Gran Santiago. Acer, Severn Trent Internacional, Cade-Idepe.

Field, B. 1997. Economía Ambiental: Una Introducción. Department of Resources Economics. University of Massachusetts at Amherst, McGraw-Hill.

Faustino, J. 2002. Manejo de Cuencas con enfoque en la prevención de desastres naturales. CATIE, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.

Figueroa, E. 2003. Valoración Económica del Daño Ambiental, Documentos del Centro de Estudios para el Desarrollo, CED.

Freeman III, A. M., 1990. Non Use Values: A National Resource Damage Assessment. Mimeo, Bowdoin College y Resources for the Future.

Fuenzalida S., G. 1974. "Desarrollo de una red hidrológica en la cuenca del río Maipo", Tesis. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.

Jiménez-Herrero L. M. 1997. Desarrollo Sostenible y Economía Ecológica: integración medio ambiente-desarrollo y economía-ecología. Editorial Síntesis.

Loomis, J., Kent, P., Strange, L., Fausch, K., Covich, A. 2000. Measuring the total economic value of restoring ecosystem services in an impaired river basin: results from a contingent valuation survey. *Ecological Economics* 33: 103-117.

Martínez-Alier J. y Roca-Jusmet J. 2000. Economía Ecológica y Política Ambiental. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA y Fondo de Cultura Económica.

MIDEPLAN. 1998. Cuencas Hidrográficas en Chile: Diagnósticos y Proyectos. Programa de Preinversión MIDEPLAN-BID.

PASOLAC, Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central. 2000. Pago por Servicios Ambientales: conceptos y principios. Pérez A., C.; Barzev, R.; Herlant, P. editores.

Pearce D.W., Turner R.K. 1995. Economía de los Recursos Naturales y del Medio Ambiente. Ediciones Celeste.

Pimentel, D., Wilson, C., McCullum, C., Huang, R., Dwen, P., Flack, J., Tran, Q., Saltman, T., Cliff, B., 1997. Economic and environmental benefits of biodiversity. *BioScience* 47 (11), 747-757.

Ricardo, David. 1917. Principios de Economía Política y Tributación. Fondo de Cultura Económica.

Romero, H. 2002. Ciencia Ambiental para la Gestión y Planificación del Desarrollo Sustentable. Ponencia presentada en el 7º Encuentro Científico del Medio Ambiente, Antofagasta 28-30 mayo 2002. CIPMA.

Romero, H. Ordenes F. y Vasquez A. 2003. Ordenamiento territorial y desarrollo sustentable a escala regional, ciudad de Santiago y ciudades intermedias en Chile. En *Globalización y Biodiversidad*. Simonetti, J. y Figueroa E., editores.

Samuelson P. A. y Nordhaus W. D. 1999. Economía. Editorial McGraw-Hill/Interamericana de España, S. A. U. Decimosexta edición.

Sengupta, S., Osgood D. E. 2003. The value of remoteness: a hedonic estimation of ranchette prices. *Ecological Economics* 44: 91-103.

Smith, Adam. 1773. Investigación sobre la naturaleza y causas de la riqueza de las naciones. En *Historia del Pensamiento Económico*, (1976). Besada Ramos, B., Editor.

Sweezy, Paul M. 1942. *Teoría del Desarrollo Capitalista*. Oxford University Press. Nueva York. Fondo de Cultura Económica.

Zhongmin X., Guodong C., Zhiqiang Z., Zhiyong S., Loomis J. 2000. *Ecological Economics* 44: 345-358.

9. ANEXO

Un Ejemplo Práctico

Estudio de la Valoración Económica de la Oferta y Demanda Hídrica del Bosque en que nace la fuente del Río Chiquito, Achuapa, Venezuela (Barzev, 2001).

El río Chiquito es el más importante para Achuapa y no se seca ni en los años de sequía más extremos. El bosque que nace del río Chiquito es autóctono y con poca intervención antropogénica, y es la única reserva de la biodiversidad del tipo forestal tropical seco.

El dueño del área se propone compartir la responsabilidad de conservar la fuente del río a largo plazo junto con la alcaldía y las comunidades afectadas. Así, la Alcaldía y las comunidades se comprometerán a compensar al dueño para que éste no corte el bosque y protegiera al río Chiquito. Según lo anterior se establecerá una negociación y mecanismos de retribución por el uso de los bienes y servicios ambientales que provienen del bosque.

Se realizó una valoración de la oferta y demanda hídrica del bosque del río Chiquito. Los Bienes y Servicios Ambientales identificados son:

Tabla 1.
Tabla de los bienes y servicio ambientales que presta el bosque que es mantenido por el río Chiquito en Achuapa, Venezuela.

Bienes Ambientales	Servicios Ambientales
Agua para uso doméstico	Captación Hídrica
Agua para la Agricultura	Abastecedor de Agua Subterránea
Agua para la Ganadería	Protección del Suelo
Madera	Fijación de Nutrientes
Plantas Medicinales	Control de Inundaciones
Leña y Carbón	Retención de Sedimentos
Semillas Forestales	Fijación de Carbono
Alimento Vegetal	Belleza Escénica
Plantas y Frutos Comestibles	Protección de la Cuenca
Bejucos y Troncos	
Material Biológico	
Productos no Maderables	
Animales	
Artesanía	

Estos servicios y bienes ambientales fueron ordenados según sus características en los diferentes valores que componen al VET, lo que se puede ver en la Figura 2.

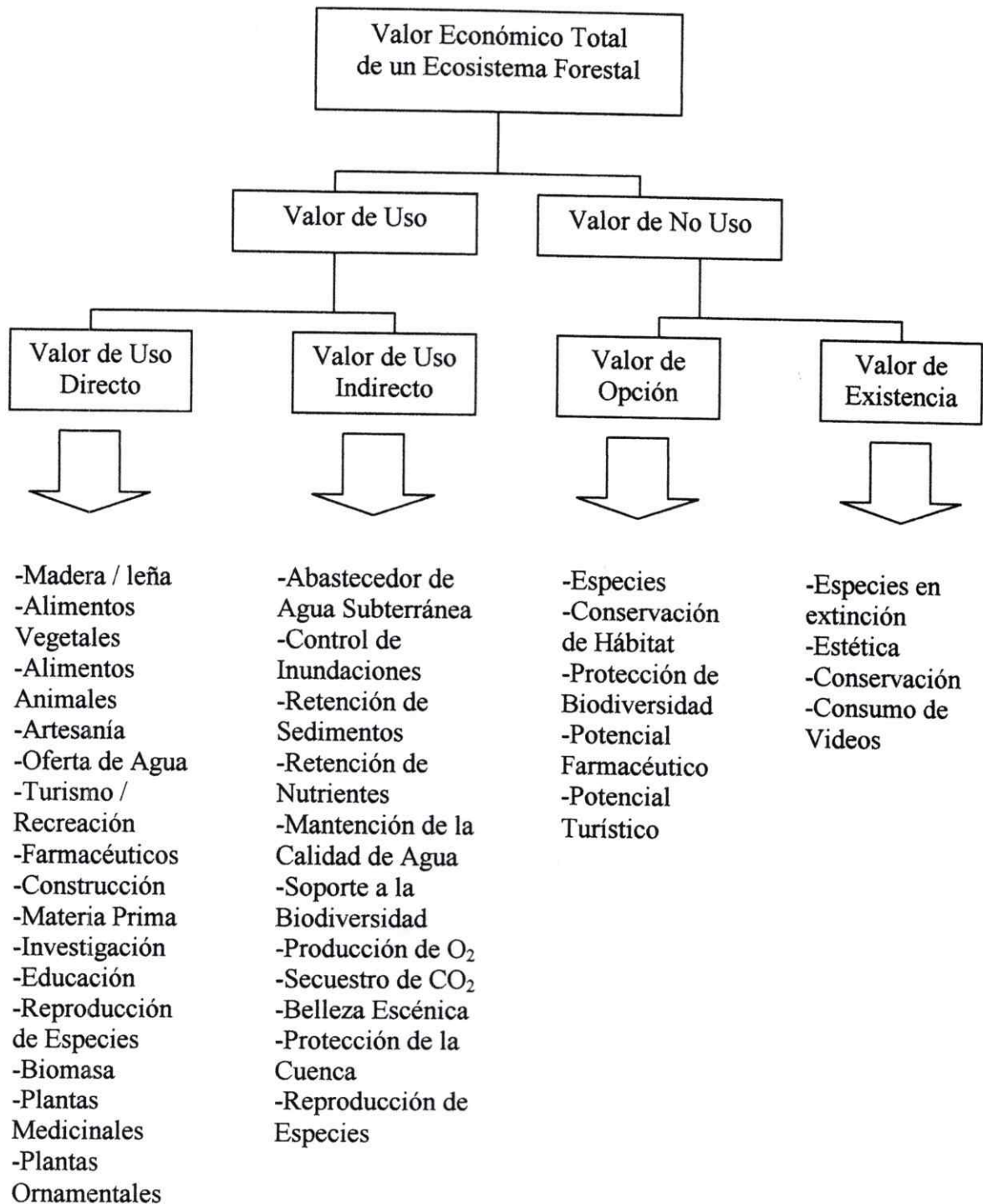


Figura 2. Se presentan los bienes y servicio ambientales que presta el bosque que es mantenido por el río Chiquito en Achupata, Venezuela, (Barzev, 2001).

Luego, se obtuvo el valor económico de los servicios ambientales para Centroamérica a partir de otros estudios (Transferencia de Beneficios), lo que se observa en la Tabla 2. A partir de lo cual, se propusieron acciones para el manejo y la conservación del bosque.

Tabla 2.

Se presentan los valores económicos de los servicios ambientales de Centroamérica según los descritos por Barzev, 2001.

SERVICIO AMBIENTAL	VALOR ANUAL POR HECTÁREA (US\$)
Proyectos de Protección de Agua	10 a 20
Otros Beneficios Hidrológicos	7 a 17
Valor de Existencia y Opción	13 a 32
Belleza Escénica (Ecoturismo)	10 a 25
Farmacéutico y Bioprospección	0.15
Fijación y Retención de Carbono	10 a 120

Luego se describió la oferta hídrica física de la micro cuenca, del bosque en que nace el río chiquito, y de las 19 comunidades de la micro cuenca, a través de las precipitaciones y el área total de la microcuenca.

Posteriormente se calculó el costo de oportunidad del bosque, como:

costo de producción oferta hídrica = valor de captación + valor de conservación y mantenimiento

Valor de Captación:

Valor Comercial del Bosque en el Mercado Local = US \$50.750

Costo de Oportunidad de la Ganadería = US \$665/año

Costo de Oportunidad de la Agricultura = US \$399/año

Costo de Oportunidad de Alquilar la Tierra = US \$266/año

Valor de Conservación y Mantenimiento:

Medidas de Conservación US \$3.418 (1er año); US \$1.364 (años siguientes)

Beneficios Adicionales por la Conservación del Bosque: US \$ 180.

Luego fue realizado un balance hídrico para la micro cuenca.

Se estima que el Bosque de la Finca genera aproximadamente 79.800 m³ que representan el 1% de la Oferta Hídrica de la micro cuenca, pero su principal función es la conservación de la fuente del río Chiquito para así garantizar la calidad del agua.