

CUENTAS AMBIENTALES DEL RECURSO AGUA EN CHILE

**Documento de Trabajo N° 11
Serie Economía Ambiental
1999**

La Realización del estudio estuvo a cargo de la Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía y Ciencias Forestales, Departamento de Recursos Naturales; en un trabajo conjunto con las consultoras TAU Consultora Ambiental y ECONAT Consultores.

En su realización participaron:

**Francisco Meza (PUC), Rodrigo Jiliberto (TAU), Flavia Maldini (ECONAT),
Antoni Magri (ECONAT), Manuel Alvarez-Arenas (TAU), Mercedes García (TAU),
Soledad Valenzuela (ECONAT) y Lourdes Losarcos (TAU).**

PRÓLOGO

La Comisión Nacional del Medio Ambiente tiene una especial preocupación por desarrollar nuevos instrumentos de gestión en materia de recursos naturales. Esta preocupación ha quedado de manifiesto al ser incorporada como uno de los objetivos de política expresado en el documento *Una Política Ambiental para el Desarrollo Sustentable*, y que expresa “*perfeccionar la legislación ambiental y desarrollar nuevos instrumentos de gestión*”.

Una de las líneas de trabajo en que se ha estado avanzando para dar cumplimiento a este objetivo es el desarrollo de las **cuentas ambientales** y de las **cuentas satélites de recursos naturales**. La contabilidad ambiental consiste en la recopilación y estructuración de información estadística sobre recursos naturales en un formato contable. Por eso, es un instrumento útil para la identificación de problemas, para apoyar la toma de decisiones en las políticas públicas o, más básicamente, para estructurar de manera coherente la información sobre los recursos naturales. Se trata, por tanto, de un instrumento de carácter macro que permite conocer la disponibilidad global de los recursos y las presiones a las que están sometidos para, de esa forma, desarrollar políticas que permitan avanzar en la dirección de la sustentabilidad.

La CONAMA inició un trabajo en materia de cuentas ambientales, particularmente para el recurso agua, en 1997. Ese año, organizó un Seminario-Taller internacional cuyo objeto principal fue fortalecer las capacidades técnicas de instituciones públicas y privadas en relación a cuentas del agua. En el Seminario se dio a conocer la experiencia internacional (España, Francia, Italia) en materia de cuentas del agua, mientras que en el Taller se presentó una primera aproximación al estado de la información nacional para la elaboración de dichas cuentas y se discutió sobre su viabilidad y utilidad en el contexto chileno actual. Una de las recomendaciones formuladas en el Seminario-Taller fue hacer un intento de implementación de un primer conjunto de cuentas piloto en alguna cuenca seleccionada.

En base a esta recomendación, la Unidad de Economía Ambiental de CONAMA contrató un estudio para realizar un ejercicio piloto de aplicación del formato de cuentas del agua sobre la cuenca del Aconcagua. El objetivo de este estudio fue desarrollar una experiencia práctica que aportara a la discusión acerca de la relevancia y factibilidad de desarrollar un sistema de contabilidad nacional para el recurso agua, que apoye el desarrollo de políticas públicas en esta materia.

Los resultados de esta aplicación constituyen la presente publicación, que corresponde a un Documento de Trabajo elaborado para la Unidad de Economía Ambiental de CONAMA, por el Departamento de Recursos Naturales de la Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal de la Pontificia Universidad Católica de Chile, en el marco del Contrato N°06-0001-0011, *Desarrollo de Cuentas Ambientales para el Recurso Hídrico en Chile*. Para efectos de construcción de las cuentas de calidad del agua el equipo consultor utilizó una propuesta normativa de calidad de aguas que, si bien no es oficial de CONAMA, constituía la mejor información disponible en ese momento y poseía la cualidad de presentar tramos distintos de calidad, lo que la hacía muy útil a efectos de cálculo de las cuentas.

La construcción de cuentas del agua para el país es importante pues permitirá monitorear la utilización de este recurso natural fundamental para la vida humana y el desarrollo nacional. Siendo las aguas continentales un recurso escaso, ligado estrechamente a las más importantes fuentes productivas o actividades económicas, un conocimiento cabal de sus existencias, renovabilidad, evolución, calidad y los flujos monetarios asociados a su administración, permitirá orientar la gestión del recurso en función de criterios de sustentabilidad.

La presente publicación tiene por objetivo presentar a los profesionales vinculados a la gestión del recurso hídrico, tanto del sector público y privado, como del mundo académico, la propuesta metodológica elaborada y su aplicación, con el fin de traspasar y hacer comprender la importancia y utilidad de un instrumento como la contabilidad ambiental. Se espera que en la medida que se consoliden instrumentos económicos, aún incipientes en nuestro país, como son las cuentas del agua, considerando insumos y aportes de todos los sectores, se podrá asegurar la utilidad y plena aplicación de los mismos.

Puesto que no se trata de un documento oficial de CONAMA, las opiniones expresadas en este trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores y pueden no coincidir con las de CONAMA.

CONAMA seguirá avanzando en desarrollar nuevos instrumentos que apoyen la gestión sustentable de los recursos naturales, en la certeza que estos instrumentos tendrán un rol mayor en el futuro. Este esfuerzo constituye una inversión en conocimientos y una exploración en posibles aplicaciones, con la convicción de que el proceso de alcanzar la sustentabilidad ambiental debe irse construyendo paso a paso, con una visión de largo plazo coherente con el horizonte de dicho proceso.

RODRIGO EGAÑA BARAONA
Director Ejecutivo
COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

RESUMEN EJECUTIVO

El desarrollo de las Cuentas del Agua en Chile corresponde a una iniciativa de la Comisión Nacional del Medio Ambiente de integrar cuentas ambientales (concernientes a los recursos naturales del país) al sistema de contabilidad nacional. Esta integración es importante desde la perspectiva de contar con información sistemática que permite diagnosticar el estado de los recursos involucrados y generar políticas de manejo para asegurar su óptimo aprovechamiento y conservación. La correcta gestión de los recursos naturales del país, asistido por elementos tales como las cuentas ambientales, se considera esencial para lograr un desarrollo sostenible en el tiempo.

En este sentido, **las Cuentas del Agua son un instrumento de información integrado para la toma de decisiones de política hidrológica a mediano y largo plazo y, de acuerdo con las escalas temporales y espaciales a las que se puedan desarrollar, son útiles para la evaluación de la gestión a mediano y corto plazo.** Sin embargo, es importante destacar que el lugar de las Cuentas del Agua, como instrumento de gestión, es el análisis, diagnóstico y formulación de la política hidrológica, y no sustituye a los sistemas de información propios de aquellas instituciones y empresas que se dedican a la gestión directa de los servicios del agua, que requieren un nivel de detalle y precisión muy distinto y cuyo objetivo es garantizar el suministro con un nivel de calidad específico.

El objetivo básico de las Cuentas del Agua es ordenar integralmente la información (física y monetaria) relativa al recurso agua, en un formato coherente y útil para orientar su gestión con **criterios económicos a mediano y largo plazo.**

Las Cuentas del Agua analizan tres aspectos fundamentales del recurso: cantidad (incluyendo los orígenes del agua en el territorio analizado, las variaciones de stocks de agua en el tiempo y los usos antrópicos del agua), calidad (volúmenes de agua de cierta calidad se asocian a índices basados en los requerimientos de calidad para diversos usos) y los flujos monetarios asociados a la gestión del agua (incluyendo cuentas de gasto/ingreso de los agentes productores de servicios de agua y financiación de estos servicios, cuentas valoradas de stocks de agua y cuentas de transacciones de derechos de agua).

Cada uno de los elementos analizados da cuenta de un aspecto de importancia singular para la gestión del agua: el de las cantidades, el de las calidades y el de los gastos/financiación asociados a la gestión. Lo relevante es que informan de cada uno de estos aspectos de forma consistente entre ellos, es decir, lo hacen en un marco metodológico común que permite relacionar aspectos disímiles con objeto de optimizar la gestión.

La realización periódica de este tipo de cuentas permite generar un cuadro de información complejo y relacionado sobre la gestión y el grado de conservación del recurso, lo que facilita la toma de decisiones estratégicas. Cabe mencionar que las Cuentas del Agua no son un instrumento de predicción de fenómenos naturales o antrópicos relacionados al agua, sino que constituyen una recopilación estadística de datos de diversas fuentes para facilitar el cálculo de indicadores de presión (o sustentabilidad) del recurso y mejorar la

gestión de diversos aspectos tales como disponibilidad, calidad y gastos relacionados a su gestión y conservación.

En el ámbito internacional, las Cuentas del Agua se han realizado en diversos países, tales como Francia, España, Italia, Canadá, el Reino Unido y los Países Bajos. En cada país las Cuentas de Agua se han elaborado con enfoques levemente diferentes y no siempre abarcan los tres aspectos fundamentales del recurso mencionados anteriormente.

Debido a estas diferencias metodológicas, CONAMA realizó un Seminario-Taller en septiembre de 1997, en el cual expertos nacionales e internacionales fueron invitados a participar en la elaboración de un formato de las Cuentas del Agua que fuera adecuado para la realidad nacional. Como resultado de las conclusiones y recomendaciones logradas en este Seminario-Taller, se procedió a la aplicación práctica de la metodología en la cuenca del Río Aconcagua. Los objetivos básicos de esta aplicación piloto fueron:

- Diagnosticar la factibilidad de aplicar la metodología en Chile, basado en la información disponible de diversas fuentes relacionadas al tema.
- Detectar áreas de falta de información.
- Desarrollar las Cuentas del Agua y los indicadores que se derivan de ellas, de tal manera de demostrar su utilidad y generar interés de las instituciones relacionadas al tema de la gestión del agua y la contabilidad nacional, para que esta iniciativa se amplíe a nivel nacional en el futuro.

Para lograr una descripción completa de la cuenca del Río Aconcagua en términos hidrológicos, de calidad y monetarios, se procedió a recolectar los datos necesarios, provenientes principalmente de las instituciones relacionadas a la temática del agua (Dirección General de Aguas, Dirección de Obras Hidráulicas, Superintendencia de Servicios Sanitarios, Dirección Meteorológica de Chile y Esva S.A.) y de una serie de entrevistas realizadas a las diversas Juntas de Vigilancia y Asociaciones de Canalistas constituidas en la cuenca. También se realizaron entrevistas a una muestra de las industrias y compañías mineras en el área de estudio, en cuanto a sus consumos de agua de diversas fuentes y los gastos asociados. Esta información de terreno fue complementada con información de otros estudios realizados en la cuenca con diversos propósitos (tales como evaluar la factibilidad de construir un sistema de embalses de riego y análisis de la calidad de los efluentes industriales, entre otros).

Esta información fue modificada y ajustada de tal forma que se pudieran construir las cuentas de calidad, cantidad y monetarias. A continuación se explica brevemente la metodología utilizada para elaborar cada una de las cuentas.

CUENTAS DE CANTIDAD

Estas cuentas fueron elaboradas para los años hidrológicos 1992/93 hasta 1996/97 de tal forma de manifestar la utilidad de las cuentas para reflejar los cambios que ocurren a través del tiempo. Además, la cuenca se subdividió en tres unidades de análisis: (1) Unidad Cordillerana, la cual incluyó la primera sección del río Aconcagua y la subcuenca del río Putaendo; (2) Unidad Central, abarcó la segunda sección del río Aconcagua; y (3) Unidad

Costera, la cual consideró la tercera y cuarta sección del río Aconcagua; de tal forma de representar adecuadamente las diferencias hidrológicas y los flujos de agua entre ellas. Para cada una de estas unidades, así como para la cuenca completa, se construyeron las Cuentas de Cantidad durante el período de años indicado.

- El primer paso en la elaboración de las Cuentas de Cantidad fue la confección de balances hídricos, tomando en cuenta no sólo los flujos naturales de entre subsistemas hidrológicos (por ejemplo: precipitaciones, infiltraciones desde ríos a acuíferos, etc.), sino también los flujos de extracción y los retornos realizados por los agentes económicos que aprovechan el agua de diversas formas (en procesos industriales, mineros, como agua potable y como agua de riego). Dado que las cuentas son un formato contable, los flujos de agua deben cuadrar perfectamente de tal forma de contabilizar adecuadamente la magnitud de estos flujos. Estos flujos constituyen las Cuentas de Origen del Agua.
- El segundo paso fue determinar los stocks de agua contenidos en cada subsistema hidrológico (nieve y glaciares, lagos y embalses, ríos, acuíferos y suelo y vegetación). Estos stocks, asociados a los flujos calculados anteriormente, dieron origen a las estimaciones de stocks finales para cada período. Estas estimaciones originaron las Cuentas de Agua Almacenada y su Variación.
- Finalmente, basado en los flujos calculados para cada agente económico de la cuenca (empresas de servicios sanitarios, organizaciones de usuarios, industria y minería, generadoras de energía hidroeléctrica, consumidores de agua potable y agricultores) se elaboraron las Cuentas de Usos del Agua.

Cabe mencionar que las tres cuentas que componen las Cuentas de Cantidad están estrechamente ligadas entre sí, de tal forma que el cambio de un dato en alguna de ellas implica necesariamente cambios en las otras dos cuentas.

CUENTAS DE CALIDAD

Estas cuentas se realizaron para los años calendario 1986 y de 1988 hasta 1997. El año 1987 y los años anteriores a 1986 no fueron incluidos por faltas importantes de datos provenientes de las estaciones de medición que conformaron el modelo de calidad de las aguas de la cuenca. Los datos utilizados provinieron de once estaciones de medición de calidad y consideraron diez parámetros diferentes. Otros parámetros considerados por la DGA, no fueron incorporados en las Cuentas de Calidad debido a que presentaban registros incompletos entre períodos de medición.¹ Al igual que las Cuentas de Cantidad, se elaboraron las Cuentas de Calidad para las tres unidades de análisis de la cuenca (unidad cordillerana, central y costera), así como para la cuenca completa.

- Estas cuentas fueron elaboradas basándose en la información disponible en la Dirección General de Aguas. Otra fuente importante de información fue el estudio realizado en torno a la elaboración de una Norma de Calidad de Agua para Proteger Diversos Usos (realizado por Kristal y Homsy y Asociados, 1997). Esta propuesta, pese a no constituir norma oficial, posee la cualidad de presentar tramos distintos de calidad, lo que la hace muy útil a efectos de cálculo de las cuentas; además, sirvió de base para determinar los parámetros de calidad considerados en el desarrollo de las cuentas.

¹ De los 36 parámetros medidos por la DGA, sólo 10 de ellos fueron considerados

- En primer lugar se convirtieron los datos de caudal de la DGA a unidades de kilómetro de cauce normalizado (km.c.n.) que representan volúmenes de agua (el concepto de kilómetro de río normalizado corresponde a un kilómetro de río con un caudal de 1 m³/s). A estas cantidades de agua se les asignaron las propiedades de calidad (valores de los parámetros medidos por la DGA) para tramos entre estaciones consecutivas de medición de calidad.
- Volúmenes de agua de calidades determinadas fueron agregados en una muestra hipotética por tramo de río. Esto permitió obtener los valores medios de los diez parámetros de calidad utilizados² (arsénico, boro, cloruros, cobre, hierro, sulfatos, pH, conductividad, RAS [relación de absorción de sodio – un índice muy específico para el uso agrícola]) para cada Unidad de Análisis, así como para el río completo.
- A estas calidades promedios por Unidad de Análisis se asignaron índices de calidad según los requerimientos de calidad para usos agrícolas o como fuente de agua potable. El estudio realizado por Kristal (mencionado anteriormente) fue utilizado para determinar las funciones de transformación de los valores de cada parámetro en índices de calidad para los dos usos mencionados, que son los usos de mayor importancia en la cuenca.

El análisis realizado permitió estudiar la evolución de los índices de calidad, tanto para agua potable como de agua para riego, para los años mencionados anteriormente. Los valores generados permiten evaluar fácilmente la calidad general de las aguas de la cuenca en este período.

CUENTAS MONETARIAS

Las Cuentas Monetarias fueron elaboradas para el año 1997 solamente. Esto se debió a la dificultad de obtener datos para años anteriores ya que éstos provinieron de las diversas entidades públicas relacionadas con la gestión del agua, Esva S.A. y una serie de entrevistas a Organizaciones de Usuarios, y empresas privadas (tanto mineras como industriales), que no siempre tenían registros y/o disposición a entregar los datos requeridos.

Otra dificultad encontrada fue que los organismos públicos y Esva S.A. manejan sus operaciones más bien a nivel regional que por cuenca, dificultando la determinación de los gastos e ingresos correspondientes a la cuenca del Aconcagua. Por este motivo se desarrollaron las Cuentas Monetarias solamente para la cuenca completa del Río Aconcagua, al no poder distinguir los flujos monetarios correspondientes a cada una de las tres unidades de análisis utilizados para las Cuentas de Cantidad y Calidad.

- Utilizando una adaptación de la clasificación de agentes económicos utilizada por el Banco Central en las cuentas nacionales (para facilitar la integración de las Cuentas del Agua al sistema de contabilidad nacional) se elaboraron las Cuentas Monetarias de Gastos e Ingresos de los agentes productores de servicios de agua y la Financiación de

² Identificados partiendo de las normas de calidad de aguas existentes en Chile para los usos considerados en este ejercicio piloto.

estos servicios, Cuentas Valoradas de Stock y Cuenta de Derechos de Aprovechamiento de Agua.

Finalmente se formularon una serie de indicadores de sustentabilidad del recurso (trece en total), tomando en cuenta aspectos de orden productiva, socio-económica, socio-ambiental y ecológica. Estos indicadores aportan información respecto a la presión, estado y respuesta del recurso ante diversos fenómenos naturales y antrópicos. Se basan en aspectos como la disponibilidad, intensidad de uso y consumo del agua, su grado de regulación y el monto invertido en la regulación del cauce, pérdidas en el sistema de utilización del agua, valor agregado del sector agua, transacciones de derechos de agua, índices de calidad según usos y la relación entre el gasto en saneamiento y depuración de las aguas versus el gasto total en gestión de los recursos hídricos de la cuenca.

Las recomendaciones finales del estudio, basados en los objetivos iniciales de esta aplicación piloto a la cuenca del Río Aconcagua son las siguientes:

- Existe información suficiente, disperso en diversos organismos públicos y privados, para realizar la modelación de los flujos físicos necesarios para construir las Cuentas en Cantidad. Los requerimientos más importantes de información tienen referencia con la información de empresas agrícolas, industriales y mineras particulares, que no llevan registros de los flujos de agua al interior de sus sistemas productivos y, si las llevan, no lo entregan con facilidad para este tipo de estudio. Debido a que existe un gran número de este tipo de empresas, se prevé que la única forma de obtener la información necesaria, año a año para la construcción de las cuentas, es incluir preguntas específicas en las encuestas que se realizan a nivel nacional o diseñar una encuesta específica para este propósito. Como se mencionará más adelante, esta información a nivel de productor también es necesaria para las Cuentas Monetarias.
- Las redes de monitoreo de la calidad de las aguas que administra la Dirección General de Aguas son insuficientes para lograr una caracterización completa de las cuencas a escala nacional. Si bien existen muchas estaciones de monitoreo, se detectaron problemas de discontinuación y cambios de ubicación espacial de las estaciones y series de datos incompletos para varios parámetros importantes en la determinación de los niveles de calidad y generación de los índices según usos del agua. Otro factor de importancia es que las estaciones de aforo no siempre coinciden con los puntos de muestreo de calidad de las aguas, dificultando la generación de índices de calidad de las aguas según usos diversos, que se estiman para los volúmenes totales de agua de la cuenca. El aspecto de mayor preocupación es la dificultad de conseguir datos de la calidad bacteriológica de las aguas, que sin duda es el contaminante más importante en la mayoría de las cuencas de Chile.
- La información monetaria es difícil de obtener, especialmente porque no existe un instrumento que recopila la información proveniente de cada uno de los agentes económicos privados involucrados. La realización de encuestas, a pesar de ser de alto costo, es un mecanismo efectivo para obtener esta información. Sin embargo, no se considera como una posibilidad viable para recolectar información todos los años a lo largo de la nación. Otra falta importante de datos son aquellos que conciernen las transacciones de derechos de agua. Esto se debe principalmente a que ocurren muchas transacciones que no se registran ni en los Conservadores de Bienes Raíces correspondientes, ni en la Dirección General de Aguas.

La aplicación piloto de las Cuentas del Agua en la cuenca del Río Aconcagua ha demostrado la factibilidad de realizar estas cuentas a nivel nacional con la información disponible actualmente. Sin duda que las tareas que lleva a cabo actualmente la Dirección General de Aguas en cuanto a la actualización de los datos del Banco Nacional de Aguas y las investigaciones de otras entidades públicas y privadas enriquecerá la información que es capaz de entregar el sistema contable aplicado.

INDICE

1.	INTRODUCCION	1
2.	LAS CUENTAS AMBIENTALES DEL AGUA	3
2.1	OBJETIVO DE LAS CUENTAS AMBIENTALES DEL AGUA	3
2.2	CONTENIDO DE LAS CUENTAS DEL AGUA	4
2.2.1	<i>Las cuentas del agua en cantidad.....</i>	<i>6</i>
2.2.2	<i>Las cuentas del agua en calidad.....</i>	<i>8</i>
2.2.3	<i>Las cuentas monetarias</i>	<i>9</i>
3.	EXPERIENCIA INTERNACIONAL EN CUENTAS DEL AGUA.....	11
4.	DESARROLLO DE LAS CUENTAS DEL AGUA EN LA CUENCA DEL ACONCAGUA	13
4.1	CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA	13
4.1.1	<i>Breve reseña del marco legal e institucional del recurso hídrico</i>	<i>13</i>
4.1.2	<i>Leyes de fomento al riego y obras hidráulicas</i>	<i>14</i>
4.1.3	<i>Instituciones.....</i>	<i>14</i>
4.1.4	<i>Antecedentes Generales de la Cuenca.....</i>	<i>15</i>
4.1.5	<i>Unidades de análisis.....</i>	<i>18</i>
5.	ESTRATEGIA DE DESARROLLO DE LAS CUENTAS DEL AGUA PARA LA CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA.....	23
5.1	ASPECTOS BÁSICOS DE LA CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA A INCORPORAR EN EL DISEÑO DE LAS CUENTAS DEL AGUA.	23
5.2	ESTRATEGIA DE DESARROLLO DE LAS CUENTAS DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA.....	28
6.	CUENTAS DEL AGUA EN CANTIDAD.....	29
6.1	INTRODUCCION	29
6.2	INFORMACIÓN UTILIZADA	30
6.3	DESARROLLO DE LAS CUENTAS DEL AGUA EN CANTIDAD	31
6.3.1	<i>Matriz de transferencias internas.....</i>	<i>32</i>
6.3.2	<i>Tabla de origen del agua.....</i>	<i>33</i>
6.3.3	<i>Tabla de agua almacenada y su variación</i>	<i>36</i>
6.3.4	<i>Tabla de Usos del Agua.....</i>	<i>38</i>
6.4	PRINCIPALES RESULTADOS DE LAS CUENTAS DEL AGUA EN CANTIDAD	40
6.4.1	<i>Resultados derivados de la Tabla de Origen del Agua.....</i>	<i>40</i>
6.4.2	<i>Resultados derivados de la Tabla de Usos del Agua.....</i>	<i>41</i>
6.5	COMENTARIOS FINALES.....	44
7.	CUENTAS DE CALIDAD DEL AGUA	46
7.1	CONTENIDO Y ESTRUCTURA DE LAS CUENTAS DE CALIDAD.....	46
7.1.1	<i>Formato de presentación de las cuentas</i>	<i>46</i>
7.1.2	<i>Período de referencia de las cuentas.....</i>	<i>47</i>
7.2	INFORMACIÓN PARA EL CÁLCULO DE LAS CUENTAS DE CALIDAD.....	47
7.2.1	<i>Delimitación de secciones y segmentación en tramos de caudal y calidad homogéneos</i>	<i>47</i>
7.2.2	<i>Disponibilidad de datos en las estaciones.....</i>	<i>49</i>
7.2.3	<i>Presentación de datos.....</i>	<i>50</i>
7.2.4	<i>Parámetros incluidos en el cálculo de la cuenta</i>	<i>50</i>
7.2.5	<i>Índices de calidad.....</i>	<i>51</i>
7.3	RESULTADOS DE LAS CUENTAS DE CALIDAD	52
7.3.1	<i>Lectura de los resultados de las cuentas</i>	<i>52</i>
7.4	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LAS CUENTAS	58

7.4.1	<i>Análisis de las cuentas de calidad para uso agrario</i>	60
7.4.2	<i>Análisis de las cuentas de calidad para uso urbano</i>	60
8.	CUENTAS MONETARIAS	67
8.1	LA CUENTA MONETARIA DE GASTOS E INGRESOS DE LOS AGENTES PRODUCTORES DE SERVICIOS DE AGUA Y DE FINANCIACIÓN DE LOS SERVICIOS DE AGUA.....	67
8.2	LA CUENTA DE ENLACE CON EL SISTEMA DE CUENTAS NACIONALES	75
8.3	LA CUENTA DE BALANCE RECURSOS EMPLEOS.....	78
8.4	LA CUENTA VALORADA DEL STOCK DE AGUA.....	80
8.5	LA CUENTA DE DERECHOS DE APROVECHAMIENTO DE AGUA CONCEDIDOS	84
9.	INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD ASOCIADOS A LAS CUENTAS DEL AGUA	87
9.1	MODELO DE SISTEMA DE INDICADORES ASOCIADOS A LAS CUENTAS DEL AGUA.....	87
9.2	INDICADORES DERIVADOS DE LAS CUENTAS DEL AGUA.....	91
9.3	FICHAS DESCRIPTIVAS Y CÁLCULO DE LOS INDICADORES DERIVADOS DE LAS CUENTAS DEL AGUA.....	94
10.	COMENTARIOS FINALES	102
11.	BIBLIOGRAFÍA	106
12.	ANEXO	110

1. INTRODUCCION

El presente documento está basado en el estudio “Desarrollo de Cuentas Ambientales para el Recurso Agua en Chile”, el cual fue realizado por iniciativa de la Comisión Nacional de Medio Ambiente³. Cabe señalar, además, que este estudio contó con apoyo del Proyecto de Desarrollo de Instituciones del Medio Ambiente, CONAMA/BIRF, que tenía como uno de sus objetivos promocionar la introducción de conceptos en el análisis y la toma de decisiones del sector público; en este caso en particular, introducir la contabilidad ambiental en las cuentas nacionales.

El estudio fue realizado en 1998 por el Departamento de Recursos Naturales de la Pontificia Universidad Católica de Chile y TAU Consultora Ambiental. Previo a la realización de este proyecto, en 1997, se realizó un Seminario-Taller, financiado por el proyecto CONAMA-BID-FOMIN que tuvo como objetivo dar a conocer las experiencias de España, Francia e Italia en esta materia. En el taller se presentó una primera aproximación al estado de la información nacional para la elaboración de dichas cuentas y se discutió la viabilidad y utilidad del desarrollo de las Cuentas del Agua en el contexto chileno actual. La idea del estudio, que da origen a este documento de trabajo, fue avanzar en la aplicación e implementación práctica del formato de Cuentas del Agua discutido en el Seminario-Taller a la realidad particular de nuestro país.

El interés de CONAMA por promover la incorporación de instrumentos económico-contables complementarios a las Cuentas Nacionales se basa en la necesidad de disponer de información que habitualmente se deja fuera de la representación contable de la riqueza de la nación. Las Cuentas del Agua son un instrumento que permite, en tal contexto, monitorear la utilización sostenible de este recurso natural fundamental para la vida humana y el desarrollo del país. Siendo las aguas continentales un recurso escaso, ligado estrechamente a las más importantes fuentes productivas o actividades económicas del país, un conocimiento cabal de sus existencias, renovabilidad, evolución, calidad y los flujos monetarios asociados a su administración, permitirá orientar la gestión del recurso en función de criterios económicos.

En nuestro país existe información ambiental útil relacionado al recurso agua, como es el Banco Nacional de Aguas de la Dirección General del Ministerio de Obras Públicas. Existen además muchas otras instituciones (públicas y privadas) que participan directa o indirectamente en la gestión del agua, por lo que manejan información importante. Sin embargo, la dispersión de la información entre todos los organismos involucrados dificulta la visión de su disponibilidad en forma global. Las Cuentas del Agua ordenan la información relativa al recurso agua en un formato coherente y útil para orientar su gestión

³ En el séptimo objetivo señalado en el documento *Una Política Ambiental para el Desarrollo Sustentable* es perfeccionar la legislación ambiental y desarrollar nuevos instrumentos de gestión. Una de las líneas de acción propuestas para dar cumplimiento a este objetivo es el desarrollo de las cuentas ambientales y las cuentas satélites de recursos naturales, importantes para la toma de decisiones estratégicas a nivel nacional. Esto significa el reforzamiento de los sistemas de información económico - ambientales, para avanzar en la dirección de la sustentabilidad

con criterios económicos y de sustentabilidad. Sin embargo, es importante insistir en que el lugar de las Cuentas del Agua como instrumento de gestión es el análisis, diagnóstico y formulación de la política hidrológica y desde ese punto de vista no sustituye a los sistemas de información propios de aquellas instituciones y empresas que se dedican a la gestión directa de los servicios del agua, que requieren un nivel de detalle y precisión muy distinto.

El objetivo general de este estudio fue aplicar en una cuenca en particular un formato de Cuentas de Agua basado en la metodología de las Cuentas del Patrimonio Natural, elaborada por el Instituto Nacional de Estadísticas y Estudios Económicos de Francia (INSEE). También fueron considerados aspectos derivados de la aplicación de esta metodología en España y otros llevados a cabo por los expertos contratados (TAU), así como también en las consideraciones desarrolladas por el equipo consultor durante este estudio, los cuales fueron adaptados a la realidad particular de nuestro país. La cuenca escogida fue la del Aconcagua, pues presentaba entre otras particularidades interesantes de analizar, un mayor nivel de información

En una primera etapa, el estudio analiza y explica los objetivos y alcances de las Cuentas de Agua; presentando además, una revisión de la experiencia internacional en esta materia. En segundo lugar, se hizo un diagnóstico completo de la cuenca en relación al recurso hídrico. A partir de esta caracterización, se propuso una estrategia para el desarrollo del formato de las Cuentas de Agua aplicadas a Chile. Se recopiló la información existente y, se procedió a aplicarla al formato preestablecido. Como resultado se obtuvieron las Tablas que componen las Cuentas de Agua. Posteriormente y a partir de la información que se obtiene directamente de las tablas antes mencionadas, se desarrollaron indicadores de sustentabilidad para el uso del recurso hídrico. Por último, se analizó la factibilidad técnica y económica de aplicar este tipo de contabilidad en el país. En este documento se entrega un resumen de cada uno de los capítulos mencionados.

Las Cuentas de Agua se componen de tres tipos de cuentas: Cuentas en Cantidad, Cuentas en Calidad y Cuentas Monetarias. Las primeras están relacionadas con la disponibilidad del recurso y sus usos; las segundas, como su nombre lo indica, dan cuenta de la calidad del agua, en este caso en relación a su uso humano y a su uso para la agricultura. Por último, las monetarias, dan cuenta de los flujos monetarios que vehiculizan la gestión del recurso. Cada tipo de cuenta y sus resultados son explicados por separado en este documento.

Por último, cabe mencionar, que este estudio fue licitado y supervisado por la Unidad de Economía Ambiental de la Comisión Nacional de Medio Ambiente, la cual es dirigida por el señor José Leal. El estudio tuvo como contraparte principal a la señora Ana I. Zúñiga, profesional de esa Unidad. En la realización del estudio participaron por parte de la Pontificia Universidad Católica de Chile, Francisco Meza; por ECONAT Consultores, Flavia Maldini, Antoni Magri y Soledad Valenzuela; y por parte de TAU Consultora Ambiental, Rodrigo Jiliberto, Manuel Alvarez-Arenas, Mercedes García y Lourdes Losarcos. Como contraparte técnica participaron profesionales del Banco Central, la Dirección General de Aguas, la Dirección de Obras Hidráulicas, la Superintendencia de Servicios Sanitarios, el Instituto Nacional de Estadística y la Dirección Meteorológica de Chile.

2. LAS CUENTAS AMBIENTALES DEL AGUA

2.1 OBJETIVO DE LAS CUENTAS AMBIENTALES DEL AGUA

Las cuentas ambientales del agua (CA) constituyen una descripción contable del agua en su fase terrestre desde varias perspectivas. Por una parte, se trata de una descripción organizada de los diversos flujos y de las variaciones de los stocks de agua durante un período, en una unidad territorial. Por otra parte, se trata de una descripción funcional de la evolución de las calidades del agua para una unidad territorial. Y, finalmente, se trata de una descripción estructurada de los diversos flujos monetarios reales asociados a la gestión del agua en una unidad territorial.

Cada uno de los elementos analizados da cuenta de un aspecto de importancia singular para la gestión del agua: el de las cantidades, el de las calidades y el de los gastos/financiación asociados a la gestión. Lo relevante es que informan de cada uno de estos aspectos de forma consistente entre ellos, es decir, lo hacen en un marco metodológico común que permite relacionar aspectos disímiles con objeto de optimizar la gestión.

Las CA asumen una óptica contable, esto es, sistematizan ex-post una serie de flujos físicos o monetarios para un período dado. Es decir, tienen como objeto hacer una descripción cuantitativa de tales flujos una vez que éstos han tenido lugar, y lo hacen de acuerdo a una lógica que responde a las leyes físicas o económicas que los rigen.

La realización periódica de este tipo de cuentas permite generar un cuadro de información complejo y relacionado sobre la gestión y el grado de conservación del recurso, lo que facilita la toma de decisiones estratégicas.

El objetivo de las CA es ordenar integralmente la información (física y monetaria) relativa al recurso agua en un formato coherente y útil para orientar su gestión con **criterios económicos a medio y largo plazo**.

Sobre los modelos de representación hidrológicos tradicionales, las CA aportan la incorporación de ámbitos nuevos, como es el de la calidad y el monetario, ambos imprescindibles para entender de forma integral la gestión del recurso.

En lo referido a la descripción de los flujos físicos, la CA van más allá del cálculo de disponibilidad bruta o neta que tradicionalmente han supuesto los balances hídricos. Estos últimos, que se pueden asociar a una fase de "economía en desarrollo" del agua, dan muy buena cuenta de la disponibilidad del agua en un territorio con objeto de incrementar su oferta. En una fase de "economía madura" del agua, aunque el factor disponibilidad sigue siendo importante, adquieren relevancia otras opciones de política, como la propia gestión de la oferta, la eficiencia en el uso del agua, los efectos en los ecosistemas acuáticos derivados de la intervención del recurso, etc. Todos estos aspectos son considerados en las CA al modelar conjuntamente todos los flujos en la fase terrestre, tanto aquellos que tienen

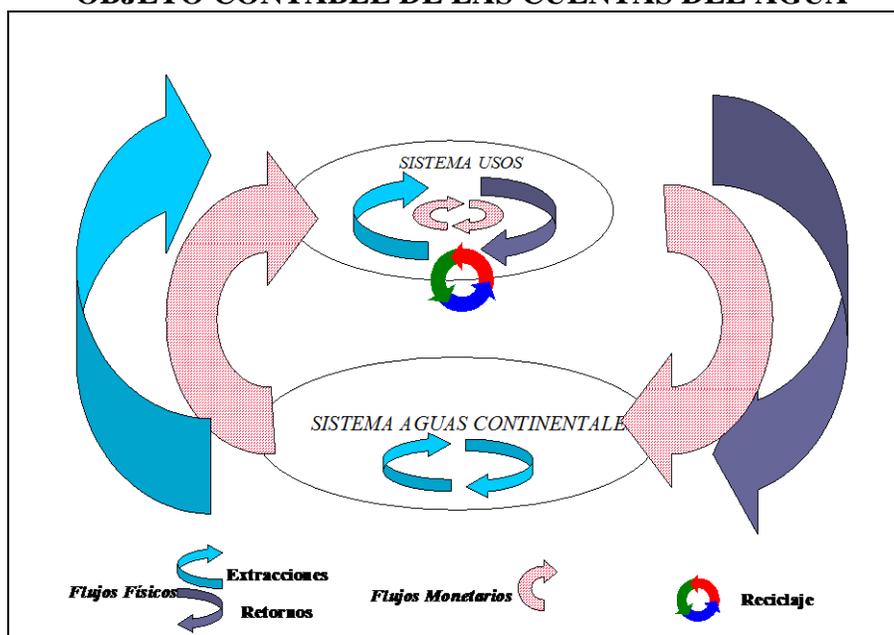
lugar en el medio natural como los que se dan al interior del sistema de utilización. Desde esta perspectiva, las CA permiten además distinguir aquellos flujos que tienen un origen natural de los que tienen un origen antrópico, facilitando la comprensión de las modificaciones del ciclo hidrológico a que da lugar la gestión del recurso.

Las CA son un instrumento de información integrado para la toma de decisiones de política hidrológica a medio y largo plazo y, de acuerdo con las escalas temporales y espaciales a las que se puedan desarrollar, son útiles para la evaluación de la gestión a medio y corto plazo. Sin embargo, es importante destacar que el lugar de las CA, como instrumento de gestión, es el análisis, el diagnóstico y formulación de la política hidrológica, y no sustituye a los sistemas de información propios de aquellas instituciones y empresas que se dedican a la gestión directa de los servicios del agua, que requieren un nivel de detalle y precisión muy distinto y cuyo objetivo es garantizar el suministro con un nivel de calidad específico.

2.2 CONTENIDO DE LAS CUENTAS DEL AGUA

En la Figura 1 se muestra de forma sintética el conjunto de flujos que las CA sistematizan y ordenan, con objeto de ofrecer una visión integrada del estado y dinámica del recurso en un territorio dado. Las CA recogen flujos tanto físicos, como son las extracciones y retornos, como monetarios. Dichos flujos tienen lugar dentro del sistema de aguas continentales, o sistema del recurso como se le denomina en la metodología de CA, y dentro del sistema de usos, o entre ambos sistemas.

**FIGURA 1
OBJETO CONTABLE DE LAS CUENTAS DEL AGUA**



Fuente: Elaboración Propia

En el marco de un sistema de cuentas, los flujos físicos se producen en cuatro ámbitos diferentes. En primer lugar, en el interior del sistema del recurso se producen flujos entre los

diferentes subsistemas que lo componen, por ejemplo, desde acuíferos a ríos. En segundo término, hay flujos dentro del sistema de usos, como los que ocurren en las transacciones del recurso entre las entidades encargadas de su captación y los usuarios agrícolas que lo demandan. Y en tercer y cuarto lugar, los flujos se producen también en las relaciones entre los dos sistemas mencionados, en los dos sentidos, llamándose extracciones cuando se producen desde el sistema de aguas continentales al sistema de usos, como las extracciones de recurso desde un acuífero hacia un sistema urbano, o retornos, cuando el flujo es contrario, por ejemplo para reflejar retornos desde un núcleo urbano a un acuífero.

De la misma forma, hay flujos de entrada y salida entre el sistema de referencia y otros sistemas (no incluidos en la Figura 1). El más obvio es el flujo pluvial que proviene del sistema atmosférico. Otro ejemplo es el agua que sale desde la cuenca hidrográfica hacia el mar (que es considerado un sistema hídrico externo desde el punto de vista de las cuentas).

Por otro lado, los flujos monetarios reflejan los mismos hechos desde un punto de vista pecuniario. En el interior del sistema de usos, por ejemplo, reflejan monetariamente la compra del uso del agua por los agricultores a los captadores del recurso. Comprenden igualmente la contabilidad de los flujos monetarios asociados a los flujos de extracción o retorno, por ejemplo desde acuíferos hacia un núcleo urbano o los retornos del recurso en el sentido contrario.

Se produce, por último, reciclaje del recurso dentro del sistema de usos, cuando después de que el recurso ha sido utilizado por uno de los agentes vuelve a pasar a disposición de éste mismo agente o de otro, normalmente con menor exigencia de calidad del recurso, como es el caso del reciclaje del agua de uso urbano para uso agrícola. Flujo éste que es recogido en las CA en su aspecto tanto físico como monetario.

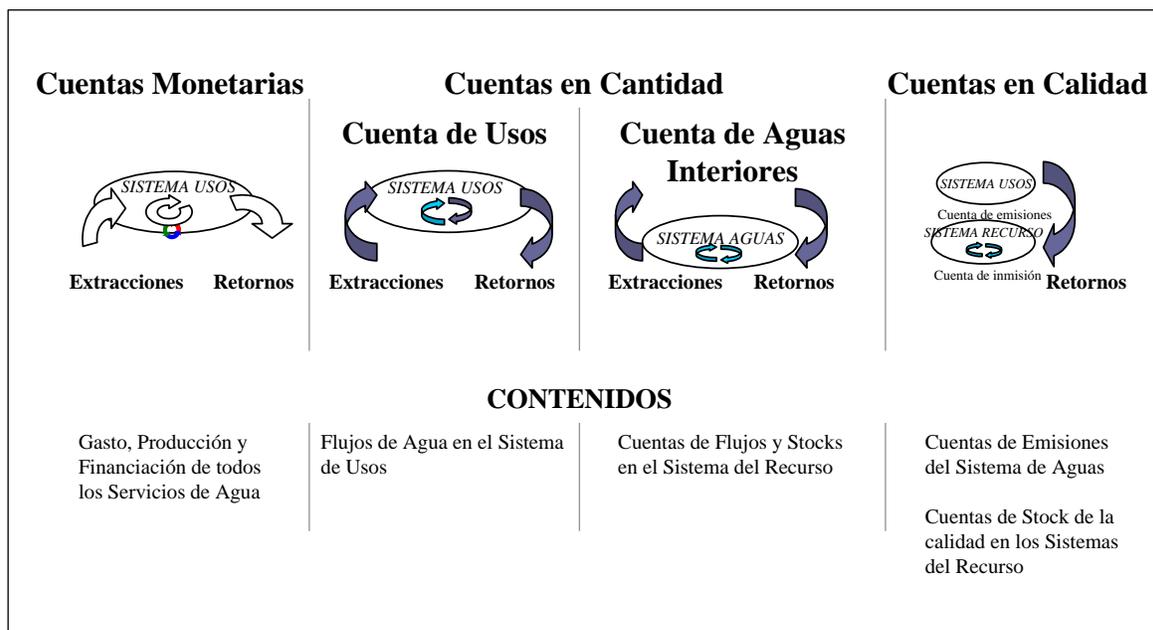
Los flujos se recogen y clasifican en un conjunto de tres cuentas articuladas, que se mencionan a continuación:

- Las cuentas del agua en cantidad (cuentas de aguas interiores y cuentas de usos del agua)
- Las cuentas del agua en calidad
- Las cuentas monetarias

Las cuentas monetarias se expresan en unidades monetarias, mientras que las cuentas en cantidad y en calidad lo son en unidades físicas. En la Figura 2 se presenta el contenido de cada una de estas cuentas.

El ámbito territorial de referencia es, para los tres tipos de CA mencionados, la cuenca hidrográfica.

FIGURA 2
SISTEMA CONTABLE: CONTENIDO Y METODOLOGÍA.



Fuente: Elaboración Propia

A continuación se desarrollan con más detalles los contenidos de cada una de las cuentas mencionadas.

2.2.1 LAS CUENTAS DEL AGUA EN CANTIDAD

Para un territorio determinado, los flujos del recurso tienen como telón de fondo dos sistemas físicos: el sistema natural de aguas continentales (o sistema del recurso), compuesto a su vez por diversos subsistemas naturales (ríos, lagos y embalses, glaciares, etc.), y el sistema de uso antrópico (o sistema de utilización). De cara a una descripción ambiental y económica consistente de los mismos, es útil y necesario distinguir claramente los flujos que se realizan en el interior de cada uno de estos sistemas de los que se realizan entre ellos, pues sus connotaciones son manifiestamente distintas.

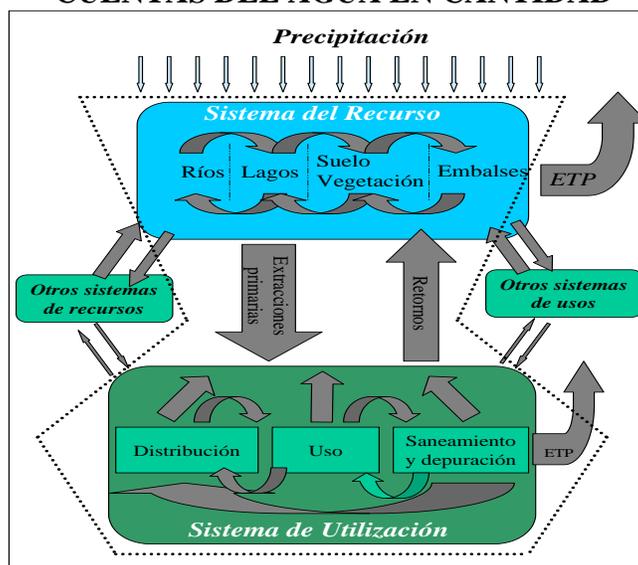
En la Figura 3 se detallan los subsistemas que componen el sistema del recurso (ríos, lagos, etc.), los cuales se constituyen en elementos que tienen flujos entre sí.

Se producen flujos internos en el ámbito territorial de estudio, flujos dentro del sistema del recurso (entre un río y un embalse, por ejemplo), dentro del sistema de utilización (entre los distribuidores y los usuarios agrícolas) y entre estos dos sistemas (extracciones de recurso de ríos para el uso industrial o retornos desde el sistema de saneamiento urbano a acuíferos). Estas relaciones se producen dentro de la línea punteada de la Figura 3.

Además, el sistema del recurso y el de utilización del ámbito territorial considerado tienen relaciones de transferencia con otros sistemas situados fuera de este ámbito, es decir, fuera de

la línea punteada. Ejemplo de lo anterior es el caso de las precipitaciones, o las salidas o entradas a otros sistemas de usos, por medio de sistemas de utilización como son los canales a usuarios fuera de la cuenca, o a otro sistema de recurso por conexiones entre acuíferos de ámbitos distintos.

FIGURA 3
CUENTAS DEL AGUA EN CANTIDAD



ETP: evapotranspiración
Fuente: elaboración propia

Es útil saber en qué medida los flujos entre ambos sistemas afectan a los flujos internos del sistema natural o sistema del recurso, es decir, el impacto de las actividades humanas en los flujos espontáneos de agua.

A estos efectos, todos los flujos de agua en el sistema territorial de referencia son sujetos de una doble clasificación: en función de su naturalidad (espontáneos o inducidos) y en función de su territorialidad (interiores al sistema territorial de referencia o exteriores al mismo). Esta doble clasificación de flujos, añadida a una clasificación del sistema de aguas continentales en diversos subsistemas, es la que dota a las CA de una estructura sistémica, que le permite desarrollar una capacidad analítica que escapa a la simple contabilidad de los agregados de disponibilidad.

Las cuentas en cantidad abarcan dos aspectos. Por una parte, reflejan la **variación de stocks** y, por la otra, los **flujos asociados a estas variaciones** para un periodo de tiempo determinado, dando lugar a los saldos contables correspondientes.

Por lo tanto, desde la óptica simplemente física, las CA recogen:

- los flujos entre el sistema natural de aguas continentales y el sistema de usos,
- los flujos internos (entre subsistemas de aguas) del sistema natural de aguas continentales,
- los flujos de agua entre agentes al interior del sistema de usos,

- las variaciones de stock de cada sistema de aguas por efecto de los flujos de entrada y salida.

2.2.2 LAS CUENTAS DEL AGUA EN CALIDAD

Un segundo aspecto recogido en las CA es la calidad. Las cuentas en calidad consisten en una contabilidad, por una parte, de las emisiones o de la carga contaminante contenida en los vertidos y retornos de aguas desde el sistema de usos al sistema natural de aguas continentales y, por otra parte, de la variación del estado de la calidad en el sistema de aguas continentales por efectos de la acción humana.

La contabilidad de vertidos recoge de forma agregada las estadísticas de vertidos, clasificadas según los agentes que los realizan.

El segundo tipo de contabilidad de la calidad es más complejo, y no dispone de un formato definitivo por el momento. Su complejidad deriva de los siguientes aspectos: 1) la calidad no es un concepto objetivo, 2) la calidad no fluye, 3) la calidad no es un valor susceptible de agregación, y 4) la calidad no es un concepto universal, sino que va ligada a un uso. Esto ha dado lugar a que este tipo de cuentas se encuentren menos desarrolladas.

Se pueden mencionar los siguientes modelos contables disponibles en la actualidad:

- Modelo francés de cuentas del agua en calidad. Se basa en una clasificación de la cuenca en tramos de calidad homogénea a partir de la cual es posible integrar aquellos tramos para los que se estima que el agua se mantiene dentro de unos intervalos homogéneos de calidad. La agregación se hace posible mediante la identificación de cada tramo de río con una unidad de cantidad de agua asociada. Esta unidad, sin significado físico directo, se obtiene calculando para cada tramo los kilómetros de cauce normalizado (km.c.n.), expresión del flujo de agua como una cantidad normalizada por la longitud del tramo. De esta manera, el modelo francés agrega cantidades de agua, pero no agrega calidades. El resultado final de la cuenta es la cantidad total de agua (número de km.c.n.) correspondiente a cada tipo de calidad.

- Modelo español de cuentas del agua en calidad (INSEE, 1986).

El modelo español incorpora la solución adoptada por el francés para permitir la transformación de las expresiones de flujo en cantidades que puedan ser agregadas, y soluciona la cuestión fundamental de la agregación de los resultados de calidad por tramo convirtiendo ésta en una magnitud física (la energía osmótica y potencial asociada a dicho agua).

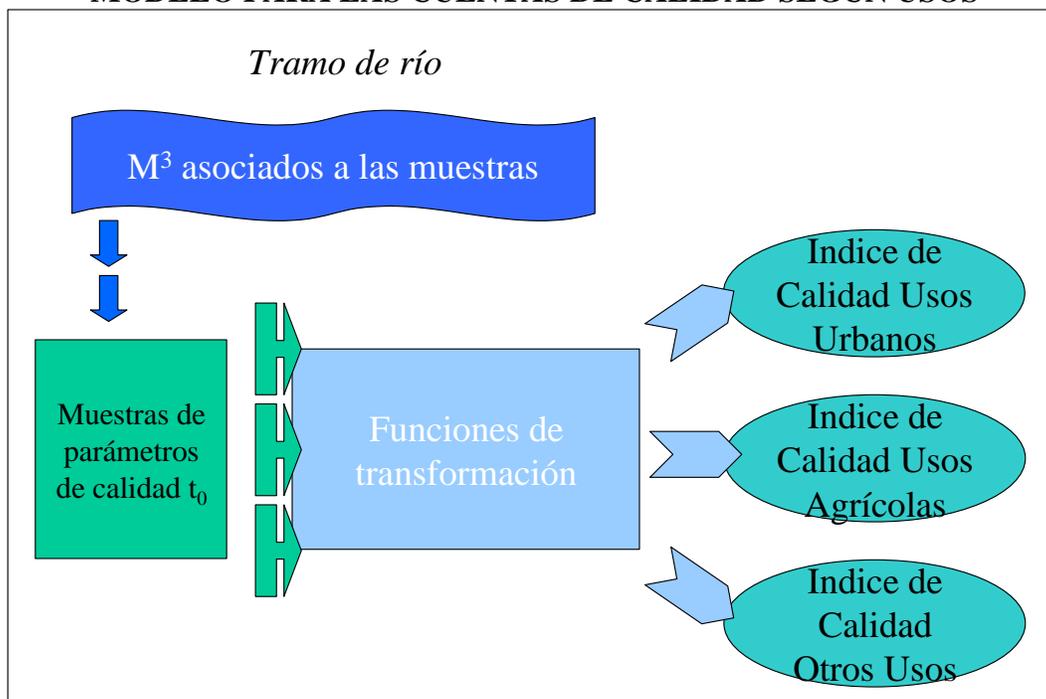
- Propuesta de modelo de calidad según usos (Naredo, J. M. y Gascó, J. M., 1995).

Tiene como objetivo lograr representar de manera estrictamente cuantitativa y agregable las calidades de las aguas de todos los ríos de una cuenca, en cuentas separadas según los usos a que se destine el agua.

En la Figura 4 se presenta esquemáticamente este modelo. Los cauces de los ríos se dividen en tramos de caudal y velocidad homogéneos. Los flujos se convierten en volúmenes de agua con

una calidad determinada, a partir de los cuales, mediante funciones de transformación, es posible calcular índices de calidad para los diferentes usos del agua. La calidad es estimada en función de muestreos convencionales.

FIGURA 4
MODELO PARA LAS CUENTAS DE CALIDAD SEGÚN USOS



Fuente: Elaboración Propia

2.2.3 LAS CUENTAS MONETARIAS

Las CA descritas en los dos apartados anteriores recogen las características físicas del agua en cantidad y calidad, no obstante, obvian las características de la actividad económica que vehiculiza la acción antrópica sobre el recurso: ¿cuánto gasto requiere el suministro de agua y la gestión de su calidad?, ¿cómo se comporta ese gasto?, ¿qué agentes económicos ejecutan y cuáles financian el gasto?, ¿en qué se gasta?, ¿cómo se financia?, ¿mediante qué instrumentos?, son preguntas pertinentes que sólo se pueden responder en el marco de unas cuentas monetarias particularizadas para esta actividad.

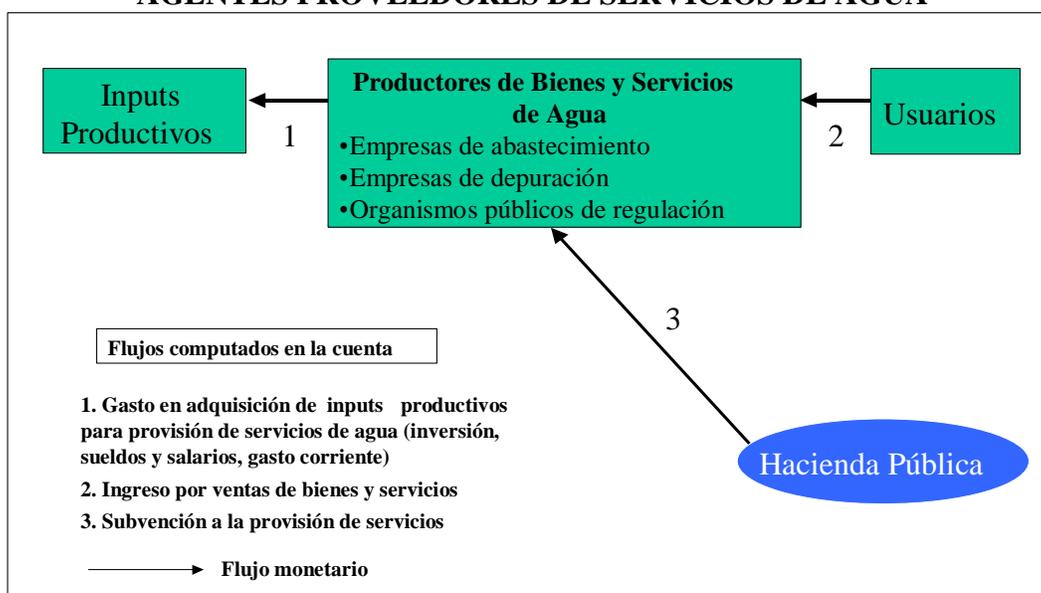
Los flujos monetarios constituyen una sombra ineludible de toda la intervención humana en el ciclo hidrológico, librándose de este alter ego pecuniario únicamente los flujos espontáneos en el interior del sistema natural de aguas continentales. La sistematización de estos flujos constituye un requisito para entender muchos de los flujos que describen las cuentas físicas, formando así parte imprescindible del aparato descriptivo del ciclo hidrológico en un territorio.

Para recoger este aspecto, las CA incorporan un subsistema satélite de cuentas monetarias que sistematizan y ordenan el conjunto de flujos monetarios (ingresos y gastos) derivados de las

operaciones que realizan los agentes económicos productores de servicios de gestión del agua. Desarrolladas como unas cuentas satélites del campo particular del agua, constituyen una suerte de contabilidad funcional generalizada del gasto y el ingreso por el lado de los productores de los servicios asociados a la gestión del agua. Las cuentas monetarias describen de forma detallada el gasto total en gestión del recurso y la financiación del mismo, así como su distribución en funciones características (incremento de la disponibilidad, mejora de la calidad, etc.). El formato contable escogido permite su enlace con el Sistema de Cuentas Nacionales, facilitando la obtención de agregados (como es el valor agregado) comparables con los de los sectores económicos tradicionalmente clasificados.

En la Figura 5 se muestran los agentes que intervienen en las cuentas monetarias (productores de bienes y servicios de agua, otros productores, usuarios y hacienda pública) y las operaciones económicas que éstas recogen (gastos e ingresos), de las que se derivan flujos monetarios.

FIGURA 5
CUENTAS MONETARIAS: TIPOS DE FLUJOS MONETARIOS DE LOS
AGENTES PROVEEDORES DE SERVICIOS DE AGUA



Fuente: Elaboración Propia

3. EXPERIENCIA INTERNACIONAL EN CUENTAS DEL AGUA

La situación de los ejercicios de contabilidad ambiental realizados en los diferentes países es muy variable. Mientras que en unos se han realizado únicamente algunas experiencias o proyectos piloto, en otros la contabilidad ambiental alcanza un alto grado de implantación.

Pocos países realizan cuentas del agua, aunque un gran número de países y organizaciones internacionales publican datos que podrían ser la base de una contabilidad ambiental de este recurso.

Diversos organismos internacionales participan en desarrollos metodológicos de contabilidad ambiental, como es el caso de las **Naciones Unidas** (PNUMA y División Estadística de las Naciones Unidas), que promueven desde principio de los años 80 la integración de los aspectos ambientales en la contabilidad nacional. El SEEA (System of Environmental and Economic Accounts) de las Naciones Unidas implica el uso de cuentas satélite de las cuentas nacionales, que recogen valoraciones de los recursos naturales y los efectos monetarios de la degradación de éstos.

La metodología francesa de cuentas del agua, recogida en las “Cuentas del Patrimonio Natural” elaboradas por el Instituto Nacional de Estadística de Francia, ha jugado un papel particularmente importante en el desarrollo de las cuentas del recurso hídrico. Entendida como una cuenta del elemento agua, las cuentas de este recurso están perfectamente incorporadas en una cuenta exhaustiva, integrada y sistemática del patrimonio natural de un país. Tomando éstas como modelo, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (**OCDE**) ha desarrollado la metodología simplificada de cuentas piloto de aguas interiores.

Por otro lado, la Oficina Estadística de la Unión Europea (**Eurostat**), como parte de un proyecto más amplio de Cuentas Ambientales e Indicadores de Presión Ambiental, está actualmente elaborando una metodología de cuentas del agua común para los países de la Unión Europea.

En lo referente a las cuentas de gasto en gestión y protección del agua, éstas están recogidas en la metodología para la obtención de cuentas satélites de gasto ambiental denominada SERIEE (Système Européen de Rassemblement de l'Information Economique sur l'Environnement), elaborada por Eurostat.

A continuación se presenta un cuadro en la que se recogen las características de las principales experiencias internacionales en cuentas del agua.

CUADRO 1
CUADRO RESUMEN DE LAS PRINCIPALES EXPERIENCIAS
INTERNACIONALES EN CUENTAS DEL AGUA

PAIS	TIPO DE CUENTAS	ASPECTOS QUE RECOGEN	METODOLOGIA	AMBITO GEOGRAFICO	ESTADO DE DESARROLLO
FRANCIA	Cuentas en cantidad. Cuentas de calidad. Cuentas de gasto en protección ambiental.	Cuentas en cantidad: flujos y stocks de aguas interiores y cuentas de usos del agua.	Cuentas en cantidad: Cuentas del Patrimonio Natural. Cuentas en calidad: metodología basada en el kilómetro de cauce normalizado. Cuentas monetarias: cuentas satélites (SERIEE).	Cuencas hidrográficas y agregación a nivel nacional.	Cuentas en cantidad y de calidad: se ha realizado una experiencia piloto en una cuenca. Se realizan cuentas de gasto desde 1986.
ESPAÑA	Cuentas en cantidad. Cuentas de calidad. Cuentas monetarias.	Cuentas en cantidad: flujos y stocks de aguas interiores y cuentas de usos del agua. Cuentas monetarias: gastos e ingresos de la administración pública y las empresas.	Cuentas en cantidad: Cuentas del Patrimonio Natural. Cuentas de calidad: kilómetro de cauce normalizado (km.c.n) y calidad basada en la ley de la entropía. Cuentas monetarias: cuentas satélites (SERIEE).	Cuencas hidrográficas y agregación a nivel nacional.	Se han elaborado las cuentas para los años 1991 y 1992. Actualmente el Instituto Nacional de Estadísticas en colaboración con EUROSTAT se encuentra actualizando las cuentas.
ITALIA	Cuentas en cantidad.	En una primera fase se recogerán sólo flujos, y más adelante también stocks.	Cuentas del Patrimonio Natural.	Cuencas hidrográficas y agregación a nivel nacional.	Únicamente metodológico.
CANADA	Cuentas de usos. Cuentas de gasto en protección ambiental.	Cuentas de usos: usos extractivos en unidades físicas. Cuentas de gasto: gasto de empresas, admón. Pública y hogares.	Las cuentas de usos se enmarcan dentro de la metodología canadiense de Cuentas de Flujos de Materiales y Energía, calculadas también para otros recursos.	Nacional.	Cuentas de usos: años 1981, 1986 y 1991. Cuentas de gasto: encuesta piloto por el lado de la oferta (industria ambiental) para el año 1995.
REINO UNIDO	Cuentas del recurso. Cuentas de emisiones. Cuentas de gasto en protección ambiental de las empresas.	Cuentas del recurso: flujos y stocks de agua. Cuentas de emisiones: contaminación difusa y vertidos directos de 16 sustancias.	Cuentas del recurso: tabla de flujos de entrada y salida de aguas superficiales y tabla de extracciones y retornos (detalladas por ramas industriales). Cuenta de emisiones: tabla input-output	Cuentas a nivel regional, que agregadas constituyen las cuentas para Inglaterra y Gales.	Están elaboradas para el año 1994.
PAISES BAJOS	Matriz convencional de Contabilidad Nacional ampliada con cuentas ambientales en unidades físicas.	Emisiones de contaminantes, extracciones y retornos de agua y gastos en gestión del agua.	NAMWA (National Accounting Matrix Including Water Accounts).	Nacional.	Las cuentas del agua se incluyen en NAMEA (National Accounting Matrix Including Environmental Accounts) desde 1991.

Fuente: elaboración propia

4. DESARROLLO DE LAS CUENTAS DEL AGUA EN LA CUENCA DEL ACONCAGUA

4.1 CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA

4.1.1 BREVE RESEÑA DEL MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL DEL RECURSO HÍDRICO

Las aguas son consideradas bienes del dominio público; sin embargo, el Estado ha creado a favor de los particulares un “derecho de aprovechamiento” sobre las aguas, derecho que tiene las mismas garantías constitucionales de la propiedad. Estos derechos de aprovechamiento pueden ser ejercidos sobre aguas superficiales, subterráneas, ríos o embalses. El derecho de aprovechamiento de agua implica una fuente determinada, una cantidad de agua determinada y un punto preciso de captación. Además, los propietarios del derecho pueden destinar el agua al uso que deseen, como también tienen total libertad de transarla.

Existen distintos tipos de derechos. Cada uno de ellos está definido por tres características fundamentales:

1. Consuntivos o no consuntivos; es decir, si deben devolver la totalidad de las aguas al cauce o no.
2. Eventuales o permanentes (en relación a quien tiene prioridad en situación de escasez)
3. Continuos, discontinuos o alternados (se relaciona con la oportunidad de uso)

Distribución de las aguas y Organizaciones de Usuarios:

En la legislación chilena la distribución de las aguas recae sobre los propios usuarios, los cuales ejercen este rol a través de tres tipos de organizaciones. **Comunidades de Agua y Asociaciones de Canalistas**, en el caso de las aguas que corren por cauces artificiales y **Juntas de Vigilancia** en el caso de los cauces naturales.⁴ La misión de estas organizaciones es de distribuir adecuadamente las aguas del canal, río u obra, y mantener y administrar la infraestructura de distribución, para lo cual están facultadas para cobrar una cuota a sus socios.

El río Aconcagua está dividido legalmente en cuatro secciones. En la Primera y Tercera sección existen Juntas de Vigilancia reconocidas legalmente en cada caso; en la Segunda sección existe una organización provisoria en vías de legalizarse; y por ultimo, en la Cuarta

⁴ 1.- Comunidades de Aguas: Las personas que utilizan aguas de un mismo canal secundario o embalse o usan en común la misma obra de captación de aguas subterráneas podrán conformar una Comunidad de Agua. 2.- Asociaciones de Canalistas: Las personas que poseen derechos de agua de un mismo canal principal o embalse o que usan en común la misma obra de captación de aguas subterráneas pueden conformar una Asociación de Canalistas. 3. - Juntas de Vigilancia: Los usuarios y las organizaciones de usuarios que en cualquier forma aprovechen aguas de una misma cuenca u hoyo hidrográfica, podrán organizarse como junta de vigilancia. Del mismo modo, en cada sección de una corriente natural que se considere como corriente distinta para los efectos de su distribución podrá organizarse como junta de vigilancia.

sección no existe este tipo de organizaciones. A su vez, en cada sección existe un número variable de Asociaciones de Canalistas y Comunidades de Agua.

En el río Putaendo también se ha constituido una Junta de Vigilancia, la cual está en vías de legalización. Se tiene conocimiento de 36 Asociaciones de Canalistas.

4.1.2 LEYES DE FOMENTO AL RIEGO Y OBRAS HIDRÁULICAS

Existen dos leyes fundamentales con relación a los recursos económicos que impulsan el aprovechamiento del recurso hídrico por parte de los usuarios; estas son la Ley de Fomento de la Inversión Privada en Obras de Riego y Drenaje (Ley 18.450) y el DFL 1.123, que establece las normas sobre ejecución de obras de riego por el Estado. La primera ley es un concurso abierto donde participan agricultores y organizaciones de usuarios en busca de financiamiento parcial (subsidio) para la construcción de nuevas obras de riego o mejoramiento de obras ya existentes. La segunda ley estipula de qué forma el Estado, a través de la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH), financia obras hidráulicas mayores y compromete a los beneficiarios a retribuir en el mediano plazo el costo de la obra.

4.1.3 INSTITUCIONES

Existen instituciones que tienen atribuciones directas en la gestión del recurso como es la Dirección General de Agua (DGA), Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) y Comisión Nacional de Riego (CNR). Sin embargo, existen otras instituciones que tienen atribuciones indirectas; es decir, que participan de la gestión del recurso cumpliendo roles específicos y/o de apoyo a las primeras instituciones u otras igualmente importantes pero de carácter eventual como es la Comisión Nacional de Sequía. Se hará mención a las más importantes relacionadas a la gestión del recurso y los flujos monetarios que asociados a esta gestión.

- **Dirección General de Agua (DGA):** mantiene y opera el Servicio Hidrométrico, planifica el recurso en sus fuentes naturales, autoriza la explotación de aguas subterráneas y la constitución de los derechos de aprovechamiento, lleva un Catastro Público de las Aguas y aprueba las obras hidráulicas mayores y las obras en cauces naturales.
- **Comisión Nacional de Riego (CNR):** planifica, evalúa y aprueba los proyectos de inversión en riego a través de la ejecución de la Ley 18.450.
- **Dirección de Obras Hidráulicas (DOH, ex Dirección de Riego):** efectúa los estudios, diseños, construcción, reparación y explotación de las obras hidráulicas medianas y mayores.
- **Superintendencia de Servicios Sanitarios (SSS):** fiscaliza las empresas de servicios sanitarios (cumplimiento de las normas, control de los residuos líquidos industriales y determinación del sistema tarifario del agua potable urbana).
- **Departamentos de Programa del Ambiente del Servicio de Salud de la V Región:** realizan análisis de calidad de las aguas (contaminación biológica).

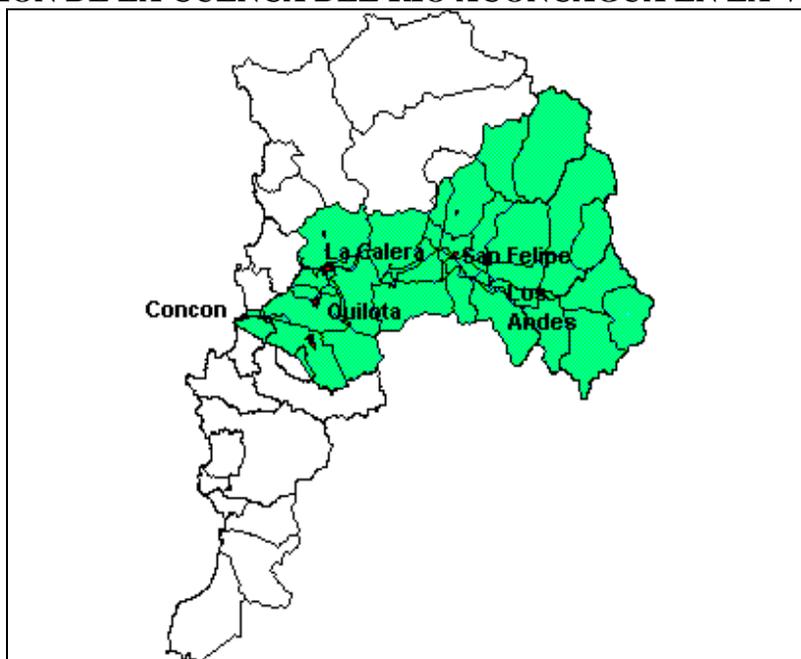
- **Instituto Nacional de Desarrollo Agropecuario (INDAP):** presta asesoría técnica y crediticia a los pequeños agricultores a través de un Programa de Riego.
- **Servicio Agrícola Ganadero (SAG):** participa en la fiscalización a la Ley 18.450.

4.1.4 ANTECEDENTES GENERALES DE LA CUENCA

4.1.4.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La cuenca del Aconcagua tiene una superficie total de 7.575 km² y abarca las provincias de San Felipe, Los Andes y Quillota en su totalidad y en forma parcial a las comunas de Villa Alemana, Quintero y Concón en la costa, que pertenecen a la provincia de Valparaíso (ver Figura 6, en la cual las líneas negras representan los límites comunales y provinciales).

FIGURA 6
UBICACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA EN LA V REGIÓN.



4.1.4.2 CLIMA

La cuenca del río Aconcagua tiene un clima semi-desértico. Según el Balance Hídrico de Chile (DGA, 1987), la precipitación media anual sobre la toda la cuenca es de 529 mm, siendo la época de mayor ocurrencia de lluvias en los meses del invierno. La escorrentía media es de 128 mm/año, lo cual da un coeficiente de escorrentía de 24.3%. La temperatura media anual es de 15.3 °C y la evapotranspiración media anual es de 395 mm/año. Estos valores generan el siguiente balance hídrico general de la cuenca:

Superficie de referencia	7.575 km ²
Precipitación	127,0 m ³ /s – 529 mm/año
Escorrentía	30,8 m ³ /s – 128 mm/año
Evapotranspiración real:	
Superficie natural	79,0 m ³ /s – 329 mm/año
Superficie de riego (*)	15,9 m ³ /s – 66.2 mm/año
Balance de la cuenca	1,3 m³/s

En esta cuenca se consideran trasvases netos de 2,6 m³/s a la zona urbana Valparaíso y Viña del Mar (realizado por ESVAL S.A. a través del Acueducto las Vegas).

(*) Es adicional a la evapotranspiración de la superficie natural.

Fuente: Balance Hídrico de Chile (DGA, 1987).

La cuenca cuenta con datos provenientes de 11 estaciones de aforo de caudales y 41 estaciones pluviométricas.

4.1.4.3 RECURSOS HÍDRICOS

Aguas superficiales

El río Aconcagua se caracteriza principalmente por presentar, a la salida de su curso cordillerano, un régimen hidrológico típico de deshielo con caudales máximos en la época de verano (aportados por los ríos Juncal y Colorado). Aguas abajo su régimen es de tipo mixto, presentando crecidas importantes con las lluvias de invierno (aportado por sus numerosos afluentes de régimen pluvial), y en primavera y principios de verano con los deshielos conducidos principalmente por los ríos Juncal, Colorado y Putaendo.

Aguas subterráneas

Las cuencas de los ríos Aconcagua y sus afluentes, incluyendo la cuenca del río Putaendo, presentan acuíferos de importancia. Estos acuíferos están estrechamente relacionados con los flujos superficiales de agua, produciéndose zonas de infiltraciones y otras de afloramientos naturales que alteran los caudales de los ríos. También son fuentes importantes de agua potable, de riego e industrial. La zona comprendida entre Los Andes, Putaendo y Llay-Llay goza de altas productividades de agua con niveles estáticos a una profundidad que varía entre 3,8 y 126 m. Desde Llay-Llay hasta la desembocadura existen acuíferos importantes en el valle del Aconcagua y en el sector del estero de Limache. En esta zona la productividad de los pozos disminuye, compensado por la ventaja que la napa está más cerca de la superficie (entre 1,2 y 6,9 m).

4.1.4.4 DEMANDAS Y USOS DEL AGUA

Las aguas de la cuenca del Aconcagua abastecen a importantes centros urbanos como son Los Andes, San Felipe, Llay-Llay, Putaendo, Catemu, San Esteban, Calle Larga y

Rinconada de Los Andes, Quillota, La Calera, Limache, El Melón, Olmué, La Cruz e Hijuelas. Estos centros urbanos, más otras localidades y poblados menores, hacen un total de 441.572 habitantes (según datos del censo de 1992). Además, riegan grandes sectores agrícolas y abastecen la demanda de agua industrial y minera de la zona. Las demandas de agua ordenadas por magnitud son las siguientes: para usos agrícolas (83,3%), agua potable (9,4%), industrial (4,4%) y minería (2,9%).

La superficie total regada en la cuenca del Aconcagua se estima en 79.224,5 ha, ubicadas en su mayoría entre Los Andes y Limache. Estos suelos regados sostienen una agricultura mixta de alto valor comercial. Además de autoabastecer su demanda agrícola, la cuenca destina parte de sus recursos hídricos al sector norte de la cuenca del río Maipo alimentando al embalse Huechún a través del canal Chacabuco, otorgando un pequeño aporte a la agricultura de esta zona. Se estima que la demanda total de agua al nivel de río (bocatoma) para la cuenca es de 1.116.044.600 m³/año (para el año 1996), considerando retornos y reusos del recurso.

Existen en total 315 embalses de regulación nocturna en toda la cuenca, las cuales tienen una capacidad de almacenaje total de 26.059.770 m³. El único embalse individual de importancia en la cuenca es el de Los Aromos, que tiene una capacidad de almacenamiento de 30 millones de m³, por lo que se puede afirmar que los caudales de la cuenca del río Aconcagua se encuentran poco regulados.

La demanda total de agua potable se estima en 126.482.861 m³/año producidos en un 93% por plantas de ESVAL S.A. ubicadas en diferentes localidades de la cuenca, incluyendo la planta Las Vegas que se abastece del acueducto Las Vegas y suministra a las ciudades de Valparaíso y Viña del Mar. Otras fuentes de agua potable son las empresas de Agua Potable Rural (supervisados por ESVAL S.A.) y las extracciones realizadas por particulares desde pozos y norias.

En la cuenca existen 9 industrias mineras (plantas de procesamiento de mineral) de importancia, siendo entre ellas las plantas de Saladillo, El Cobre y la Fundición Chagres las mayores demandantes de agua. Las empresas mineras de mayor importancia son Río Blanco, Sur-Sur de la División Andina de Codelco, Andacollo y El Soldado. En total las industrias mineras presentes en la cuenca utilizan 39.248.280 m³/año de agua en sus procesos productivos (Dirección de Riego, Ingendesa y AC Ing. Consultores, 1997).

Existen 4 plantas de generación hidroeléctrica con una capacidad instalada total de 68.804 KW, que se aporta al Sistema Integrado Central (SIC). Al ser todas de pasada y estar ubicados en la parte alta de la cuenca, no alteran significativamente las características hidrológicas de la cuenca (Dirección de Riego, Ingendesa y AC Ing. Consultores, 1997).

Las industrias presentes en la cuenca comprenden las actividades de agroindustrias, procesamiento de carnes, fabricación de cemento, industrias químicas y de petróleo y sus derivados. Las demandas de agua de estas industrias son de 59.203.944 m³ de demanda

neta⁵ y 87.938.520 m³ de demanda bruta al año (Dirección de Riego, Ingendesa y AC Ing. Consultores, 1997).

4.1.5 UNIDADES DE ANÁLISIS

Como se mencionó anteriormente, el río Aconcagua está dividido legalmente en cuatro secciones, independientes desde el punto de vista del riego. Los límites de estas secciones fueron fijados originalmente considerando el diferente origen de los recursos disponibles en cada tramo y los regímenes de recuperaciones y caudales afluentes. La Comisión Nacional de Riego (CNR, 1985) hace la siguiente aclaración: “El sector de riego se define como una unidad territorial a la cual puede asociarse una determinada demanda de agua, constituyendo una unidad independiente del resto desde el punto de vista del manejo del agua”. En consecuencia, las secciones legales de riego en la cuenca son las siguientes:

- Primera Sección: corresponde al tramo entre el nacimiento del río y el puente caminero de San Felipe.
- Segunda Sección: se extiende entre el puente caminero de San Felipe y la Puntilla de Romeral.
- Tercera Sección: corresponde al tramo entre la Puntilla de Romeral y la bocatoma del canal Molino de Rautén, situada aguas arriba del Puente San Pedro del ferrocarril a Quintero.
- Cuarta Sección: se extiende entre la bocatoma del canal Molino de Rautén hasta la desembocadura del río en el mar.

El río Putaendo, por su parte, está dividido en 3 zonas desde el punto de vista de la distribución del agua. Estas zonas no son independientes, sino que se turnan entre sí para el aprovechamiento del agua.

- Primera Zona: incluye el área ubicada en la ribera poniente del río, aguas debajo de Tres Puentes. Corresponde fundamentalmente al sector de Quebrada de Herrera.
- Segunda Zona: abarca las áreas en la ribera oriente del río, aguas debajo de Tres Puentes. Esencialmente comprende el sector de Rinconada de Silva.
- Tercera Zona: cubre áreas en ambas riberas del río, aguas arriba de Tres Puentes. Incluye los sectores de Lo Vicuña, El Tártaro y San José de Piguchén.

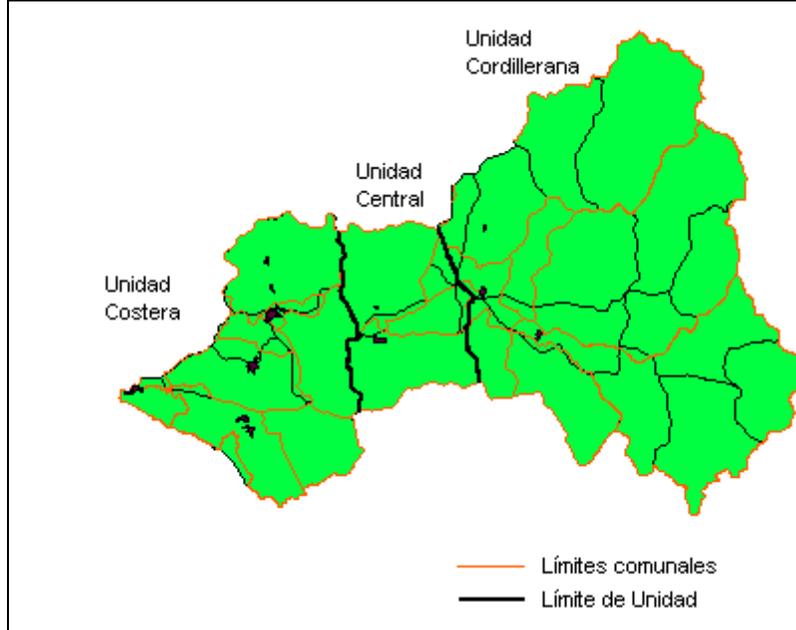
Para efectos de este estudio se han definido las siguientes tres unidades de análisis:

- **Unidad Cordillerana:** se compone de la primera sección del río Aconcagua más las tres zonas del río Putaendo.
- **Unidad Central:** considera a la segunda sección del río Aconcagua
- **Unidad Costera:** se compone de la tercera y cuarta secciones del río Aconcagua

La Figura 7 indica los límites de las tres Unidades de Análisis.

⁵ La demanda neta considera la reutilización del agua dentro del proceso industrial.

FIGURA 7
UNIDADES DE ANÁLISIS.



Estas tres Unidades fueron determinadas bajo un criterio de homogeneidad interna (en cuanto a los recursos hídricos presentes) y en segundo lugar, para destacar la relación de los aportes de agua entre ellas. La segunda sección del río Aconcagua constituye una unidad por sí sola ya que se diferencia de las otras secciones del río al contar con importantes afloramientos de agua. Se han fusionado la Tercera y Cuarta Secciones legales del río Aconcagua ya que la Cuarta Sección presenta muy poca superficie regada y no se justifica su separación hidrológica de la Tercera Sección.

4.1.5.1 UNIDAD CORDILLERANA

Nieve y glaciares presentes en las cabeceras de las cuencas cordilleranas del río Aconcagua son importantes fuentes del recurso hídrico y proporcionan estabilidad interanual a los caudales del río Aconcagua y Putaendo. Según el “Inventario de Glaciares Andes Central (32° a 35° Lat. Sur): Hoyas de los ríos Aconcagua, Maipo, Cachapoal y Tinguiririca” del año 1984 realizado por la DGA, la cuenca del Aconcagua tiene glaciares que cubren 151,54 km² de su superficie⁶.

En esta unidad se ubica una importante formación acuífera contenida en una gran fosa asociada al valle central de Chile. Todo el sistema acuífero aguas arriba de San Felipe es de recarga neta positiva, lo que se traduce en un flujo subterráneo saliente por la angostura de San Felipe de aproximadamente 5 m³/s (según información del año 1996). El río es la principal fuente de recarga, seguido por la precipitación percolada y el riego. Las extracciones desde las captaciones son una fuente importante de descarga del acuífero.

⁶ Estimaciones del volumen de agua correspondiente a esta superficie de glaciares fueron realizadas en base a una relación empírica entre la superficie de los glaciares y su volumen.

Al Norte de San Felipe, el valle del río Putaendo presenta otra importante formación acuífera de características no confinadas y que se conecta con el acuífero del río Aconcagua. Presenta una escasa explotación, debido en parte a la profundidad a que se encuentra el nivel de saturación y en parte a la baja capacidad económica de los agricultores, los cuales son mayoritariamente minifundistas.

La Unidad Cordillerana cuenta con 86 embalses de regulación nocturna que tienen una capacidad de almacenaje de agua total de 1.170.300 m³ (Dirección de Riego, Ingendesa y AC Ing. Consultores, 1997).

4.1.5.2 UNIDAD CENTRAL

Este sector comprende desde la confluencia del río Putaendo con el río Aconcagua hasta 4 Km aguas arriba de la localidad de Romeral. También considera los valles laterales de Llay-Llay (por el Sur) y Catemu (desde el Norte).

En esta unidad el río Aconcagua recibe los aportes de los esteros Catemu por el norte y Lo Campo y Las Chilcas por el sur. Estos aportes, más el agua del río proveniente de la Unidad Cordillerana hacen que el caudal medio del río Aconcagua alcance los 32,1 m³/s en Romeral.

El acuífero de esta sección presenta continuidad con el acuífero de la sección anterior y con los acuíferos de los valles laterales ya indicados. En el extremo oeste de la Unidad existe un dren transversal al valle Aconcagua llamado Acueducto Las Vegas. Este dren afecta de forma importante los niveles freáticos en el lugar de su emplazamiento. La profundidad de la napa varía entre 1 y 3 metros, lo cual hace que se produzcan innumerables vertientes que alimentan los canales de regadío.

Debido al hecho que esta sección del río recibe importantes afloramientos de agua subterránea, lo cual da mayor constancia al caudal del río, y a la falta de una Junta de Vigilancia, existen algunos problemas de distribución del agua. Esto se debe principalmente a que la falta de regulación en este sector provoca un menor flujo de agua hacia la Tercera Sección del río, que no cuenta con afloramientos propios. Esta situación es especialmente crítica en las épocas de sequía, siendo la Tercera Sección la más afectada por la falta de agua.

La Unidad Central cuenta con 42 embalses de regulación nocturna que tienen una capacidad de almacenaje de agua total de 507.980 m³ (Dirección de Riego, Ingendesa y AC Ing. Consultores, 1997).

4.1.5.3 UNIDAD COSTERA

Esta Unidad comprende la Tercera y Cuarta Secciones legales del río Aconcagua, desde Romeral hasta la desembocadura en el mar.

Los recursos hídricos principales de esta Unidad son el río Aconcagua y las afluencias de los valles de El Melón por el norte y los esteros Rabuco y Limache por el sur. También contiene los principales embalses de la cuenca: Los Aromos, Lliulliu, El Alto y El Melón.

Para efectos de las Cuentas de Agua en Cantidad, solo se consideraron valores de agua almacenada en el Embalse Aromos ya que los otros embalses mencionados tienen poca importancia relativa en los balances de agua de las unidades y de la cuenca completa. El volumen contenido en los otros embalses, fue agrupado con aquellos de los tranques de regulación nocturna de la unidad.

La Unidad Costera cuenta 187 embalses de regulación nocturna que tienen una capacidad de almacenaje de agua total de 24.381.490 m³.

Esta sección presenta variaciones importantes en las formaciones acuíferas. En la primera parte la profundidad del nivel de saturación es de 2 m en casi la totalidad del acuífero. Este acuífero se encuentra en forma libre, es decir que está en contacto con el río en toda su extensión. Afloramientos hacia el río ocurren a valores entre 1 y 5 m³/s. Esta recarga continua del río permite que el dren Las Vegas extraiga caudales constantes entre 1,5 y 2,0 m³/s por más de 20 años sin afectar los niveles de agua alrededor.

A continuación se presenta un cuadro resumen de las principales características de las tres Unidades de Análisis antes descritas.

CUADRO 2
CUADRO COMPARATIVO DE LAS TRES UNIDADES DE ANALISIS
DE LA CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA.

UNIDAD	SUPERFICIE	PRECIPITACIÓN	ESCORRENTÍA	EVAPOTRANSP.
Unidades	Km ²	millones de m ³	millones de m ³	millones de m ³
CORDILLERANA	4653.8	4093.8	668.1	3275.8
CENTRAL	906.9	265.6	610.0	364.0
COSTERA	1757.0	457.0	616.5	500.2
CUENCA TOTAL	7317.8	4816.3	631.5	4139.97

UNIDAD	POBLACIÓN TOTAL	SUPERFICIE REGADA	DERECHOS CONCEDIDOS	
			PERMANENTES	EVENTUALES
Unidades	personas	ha	acciones	acciones
CORDILLERANA	186,824	32,689	19,130	11,580
CENTRAL	39,720	15,067	15,545	s/i
COSTERA	215,028	29,508	11,022	11,199
CUENCA TOTAL	441,572	77,264	45,697	22,779

UNIDAD	RESERVAS DE AGUA			EXTRACCIÓN DE AGUA SUBTERR. (5)
	SUPERFICIAL (2)	EMBALSES	SUBTERRÁNEA (4)	
Unidades	millones de m ³			
CORDILLERANA	5,644.0	1.2	4,075.0	32.4
CENTRAL	0.0	0.5	2,350.0	113.6
COSTERA	0.0	54 (3)	1,565.0	62.3
CUENCA TOTAL	5,644.0	55.7	7,990.0	208.2

UNIDAD	DEMANDAS DE AGUA			
	AGRICOLA	POTABLE	INDUSTRIAL	MINERA
Unidades	millones de m ³			
CORDILLERANA	528.8	17.3	11.3	16.4
CENTRAL	239.5	85.2	0.8	0.6
COSTERA	341.5	17.7	43.1	22.3
CUENCA TOTAL	1,109.8	120.1	55.1	39.3

s/i : sin información. (1) Estos valores son la media de los valores estimados para los 5 años hidrológicos en estudio (1992/93 hasta(1996/97). (2) Es el stock medio de nieve y glaciares durante los 5 años hidrológicos en estudio. (3) Incluye el embalse Aromos. (4) Reserva de agua total de los acuíferos. (5) Extracciones para todo tipo de usos.

5. ESTRATEGIA DE DESARROLLO DE LAS CUENTAS DEL AGUA PARA LA CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA.

Este capítulo tiene por objeto sintetizar los aspectos de la caracterización de la cuenca que resultan importantes en la definición de las prioridades para el desarrollo de las cuentas del agua (CA) en la cuenca del río Aconcagua. Estas prioridades determinarán en muchos sentidos el formato específico de cada cuenta.

La estrategia para el desarrollo de las CA aporta información fundamentalmente sobre las prioridades de política y los principales problemas detectados en cuanto a cantidad y calidad del recurso, para definir los aspectos prioritarios en el desarrollo de la cuenta y sus principales productos.

5.1 ASPECTOS BÁSICOS DE LA CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA A INCORPORAR EN EL DISEÑO DE LAS CUENTAS DEL AGUA.

A continuación se recogen cinco aspectos que sintetizan las particularidades de la cuenca del Aconcagua. En primer lugar se exponen cada uno de ellos y seguidamente se extraen las conclusiones relevantes para la aplicación contable.

1. Consideraciones derivadas de la hidrología.

El primer aspecto a considerar es el carácter semiárido del clima de la cuenca, con una pluviometría media anual⁷ de 529 mm, y la importancia de los aportes de los deshielos cordilleranos. En estas condiciones no es de extrañar que la cuenca presente un régimen hídrico claramente nival, con las respectivas consecuencias estacionales en los flujos superficiales. Esto implica una clara distinción entre los aportes de los ríos y afluentes cordilleranos y el resto de las afluencias, que agrupan fundamentalmente la escorrentía de lluvias y retornos desde el riego y usos antrópicos. Los esteros Limache y San Pedro constituyen una excepción a este comportamiento estacional de caudales, ya que recogen los aportes de la cordillera de la costa, subsistema independiente del de la cordillera de los Andes.

Un segundo aspecto de importancia hidrológica lo constituyen las características de los acuíferos y los recursos subterráneos en la cuenca. La escorrentía subterránea es significativa en las diversas unidades geomorfológicas de la cuenca, y se encuentra en una interacción muy dinámica con los flujos superficiales en casi toda su extensión, en algunos casos determinando de forma significativa características del ciclo superficial.

Esto sugiere tres aspectos fundamentales para el diseño de las cuentas:

- En primer lugar, la importancia de las precipitaciones sólidas (nieve) y todos los flujos asociados a este fenómeno, tales como deshielos, evaporación, etc.

⁷ Balance Hídrico de Chile, DGA 1987.

- En segundo lugar, el problema de la variabilidad estacional. Por ahora, las cuentas se han planteado para una media anual. En el futuro resulta factible considerar la alternativa de contabilizar al menos dos períodos, de manera que se muestre la variabilidad estacional de los flujos de la cuenca.
- Finalmente, la importancia de la hidrología subterránea y de su interacción con los flujos superficiales en casi toda la cuenca, con particular acento en algunas secciones.

2. Consideraciones derivadas de la funcionalidad de la cuenca.

La descripción de la cuenca permite dibujar a grandes rasgos lo que se podría denominar la estructura funcional de la cuenca, que es útil para definir determinados aspectos de diseño de las CA. Dadas las condiciones climatológicas antes mencionadas, el papel de los aportes cordilleranos y la estructura geomorfológica detectada, la cuenca presenta una cierta funcionalidad hidrológica que es útil describir. Los grandes aportes iniciales de la cuenca se originan en el cordón cordillerano y fluyen hacia el mar durante una larga sección a través de ríos encajonados cuya geomorfología circundante impide utilizaciones intensivas del suelo. Nos referimos a la vertiente de la cuenca que da origen al río Aconcagua, es decir, al Nevado de los Leones que alimenta a los ríos Juncal y Blanco. Dadas estas características, los usos del agua en esas zonas son menores, salvo el hidroeléctrico, que tampoco es muy significativo. Como resultado de la baja intensidad de usos en la parte alta, a partir de la ciudad de los Andes, donde se inician los valles fértiles anclados en la llanura aluvial, el uso fundamentalmente agrícola cuenta con unos recursos que exceden a sus demandas. En esta sección del río (sección I) no hay ningún embalse de regulación hiperanual de relevancia.

A continuación, la sección II del río, de características similares en términos de usos a la sección anterior, recibe importantes recursos de la otra vertiente cordillerana de la cuenca, la que es drenada por el río Putaendo, aunque no tan abundantes como los que recibe la sección I, pues en la propia cuenca del Putaendo hay una actividad agrícola significativa. La suma de los aportes naturales de la sección I a la II más los de la cuenca del río Putaendo permite que la sección II cuente con recursos que exceden a sus demandas, motivando esto una carencia de regulación e incluso de gestión e institucionalidad asociada a los usos. Todo ello sin contar con que esta sección recibe además otros aportes menores de los esteros Quilpue y Pocuro y también importantes afloramientos de agua desde los acuíferos de la sección.

Por el contrario, la siguiente sección, caracterizada por un perfil de usos del suelo y demanda de agua similar a la anterior, no tiene aportes independientes significativos. Ubicada en la parte media-baja de la cuenca, sus únicos aportes propios son los derivados del menguado régimen pluvial. Aquí se dan unos mayores niveles de gestión del recurso y de regulación acordes a la escasez reinante. Puede decirse que se presenta una situación hidrológicamente inversa a la que domina en las secciones anteriores.

La última sección, hasta la desembocadura del río Aconcagua, presenta un tipo de utilización del suelo claramente urbano-industrial, lo que en parte está condicionado por los tipos de suelo. Esta sección cuenta, como se señaló anteriormente, con los aportes de los esteros Limache y San Pedro que drenan la cordillera de la costa y constituyen afluentes

independientes de las secciones precedentes. El recurso no resulta tan escaso en esta zona como en la anterior, pues incluso exporta parte del mismo al resto de la V región. Esto se atribuye, en parte, a que las demandas agrícolas son muy escasas, existiendo solamente 530 ha regadas en esta sección.

Las principales conclusiones que se derivan de este análisis para el diseño de las cuentas son:

- Las relaciones de competencia por el recurso están concentradas en las secciones II y III, y especialmente en torno a los usos agrícolas. Esta competencia está basada en condiciones estructurales de la cuenca y resulta útil que las cuentas del agua puedan reflejarlas en su real dimensión. Para ello, la división de las cuentas en subcuentas por sección es la respuesta apropiada, lo que se plasmaría en la formulación de las cuentas en cantidad en tres subcuentas: una cuenta para la sección I y la cuenca del río Putaendo, otra cuenta para la sección II y una última cuenta para las secciones III y IV. Ello permite reflejar muy bien las bases físicas sobre las que se origina la disputa por el recurso, las disponibilidades y sus orígenes, las demandas por usos, las eficiencias en la utilización, etc., para cada una de las secciones o agrupaciones de éstas.
- Dos aspectos significativos, como son las particularidades hidrológicas de cada sección y el papel de cada uno de sus ríos principales y afluentes, quedarán bien recogidos en cada cuenta mediante el esquema contable aplicado, que permite conocer con precisión los orígenes de los recursos en cada una de las secciones.
- Resulta significativo para la descripción de la estructura funcional de la cuenca la descripción de los flujos superficiales y subterráneos que relacionan las secciones entre sí, incluyendo tanto aquellos desde el sistema del recurso de una sección al sistema del recurso de otra, como los del sistema de utilización de una al sistema del recurso, o bien al sistema de utilización, de otra.
- Las cuentas de aguas interiores deben reflejar de la mejor forma posible los diversos niveles de regulación en cada una de las secciones, las transferencias entre secciones y las exportaciones hacia territorios fuera de la cuenca. Aunque menores, en general, estos flujos son útiles para reflejar las diferencias entre secciones en cuanto a la disponibilidad del agua y su gestión, por lo que deben ser descritos con detalle en las cuentas correspondientes.

3. Consideraciones asociadas a los usos.

Es evidente que el uso agrícola constituye el principal uso en la cuenca, aunque los industriales y urbanos no son de despreciar, tanto en general como en determinadas secciones o puntos de la cuenca. Según se deriva del análisis anterior, al moverse del origen de la cuenca hacia el mar, los usos agrícolas pasan de abastecerse desde casi un 100% de fuentes superficiales a menores porcentajes, dándose un mayor nivel de extracciones subterráneas en la sección III. Igualmente se puede señalar que la extracción superficial está mediada por algún sistema de captación/distribución colectivo, mientras que la extracción subterránea es estrictamente individual. En general, la interacción entre extracciones subterráneas agrícolas y escorrentía superficiales son importantes, tanto por la disminución

de la escorrentía natural en determinados tramos como por el incremento derivado de los retornos en otros.

La demanda urbana de forma agregada resulta significativa, abastece a casi medio millón de habitantes, muy distribuidos en toda la cuenca. La red de infraestructuras de la cuenca se basa en soluciones autónomas, probablemente con los mejores recursos de cada zona. Por otra parte, se debe señalar que la división entre población urbana y rural permite intuir que la población rural se abastece de pozos, en tanto que la urbana lo hace de pozos y fuentes superficiales. Dado que en términos generales no existen problemas de satisfacción de esta demanda, no constituyen un elemento crítico en el sistema. Aún cuando resulte útil conocer con detalle la estructura de las extracciones primarias en cuanto a aguas superficiales y subterráneas, estas extracciones no afectan significativamente la hidrología de la cuenca, como lo hacen los usos agrícolas.

El caso de los usos industriales es algo distinto por presentar demandas puntuales altas y espacialmente concentradas, y que además afectan significativamente a la calidad de las aguas superficiales.

Las conclusiones más relevantes para la elaboración de las CA que se derivan de lo anteriormente señalado son:

- Se debe hacer énfasis en la preocupación por obtener información lo más fiable posible de los usos agrícolas, tanto en lo referido a las fuentes de las extracciones primarias (superficiales y subterránea) como a las pérdidas, los retornos y las afecciones a la hidrología subterránea.
- La demanda de agua potable por secciones no es difícil de conocer, teniendo en cuenta que se concentra en determinadas ciudades. Lo más significativo en este caso consiste en conocer el sistema de gestión.
- La demanda industrial es de importancia puntual y se debe conocer con detalle, fundamentalmente por su efecto sobre la calidad del agua.

4. Consideraciones relacionadas con la calidad del agua.

La principal demanda de agua en la cuenca es la destinada a usos agrícolas. Esto implica que la calidad del agua para este fin constituye un aspecto fundamental en toda la cuenca. Los usos urbanos son menos determinantes en términos de volumen pero, dada la estructura autónoma de abastecimiento, resulta importante contar para su satisfacción con recursos de buena calidad en toda la cuenca.

Esto tiene el siguiente efecto en términos de las cuentas:

- Las cuentas en calidad (cuentas en calidad para determinados usos) deberán abordar básicamente la calidad para usos humanos y agrícolas. Ambos usos son dominantes a lo largo de toda la cuenca, tanto por los volúmenes utilizados como por la calidad requerida.

5. Consideraciones respecto de la gestión económica.

Los flujos monetarios que se esconden detrás de la descripción de la gestión del agua en la cuenca son relativamente complejos por ser atomizados. Las captaciones agrícolas colectivas, presentes en toda la cuenca, constituyen una de las fuentes de flujos monetarios más significativas (tanto de gastos como de ingresos), que habría que separar de las derivadas de las extracciones agrícolas individualizadas (básicamente subterráneas). Por otra parte, el abastecimiento urbano se encuentra muy atomizado en términos físicos, pero centralizado empresarialmente en ESVAL. El problema consiste en poder separar las cuentas de ESVAL para lo que es estrictamente la cuenca del resto de la V región. El abastecimiento rural de agua potable es poco significativo y se encuentra estrechamente ligado a la función de ESVAL. Finalmente, el autoconsumo industrial y energético constituye una de las fuentes menos conocidas, en términos de flujos financieros, siendo también uno de los menos significativos.

Aunque resulte difícil conocer con suficiente detalle el nivel de transacciones de derechos de agua en la cuenca, ya que no existe ningún estudio acabado sobre el mercado de derechos de aprovechamiento de aguas, este aspecto es relevante. La expresión monetaria y las transferencias territoriales a que puedan dar lugar las transacciones resultan interesantes para la gestión del agua en la cuenca.

Por otra parte, los recursos almacenados más relevantes son los que se encuentran en la zona cordillerana de la cuenca en forma de nieves y glaciares, así como también los subterráneos, que cubren parte significativa de la demanda. Los recursos superficiales almacenados son poco relevantes dados los bajos niveles de regulación existente.

Esto se traduce en las siguientes consideraciones en términos de las cuentas monetarias:

- Es necesario aclarar la correspondencia entre las pocas infraestructuras de regulación y las unidades de gestión, para ver a qué uso corresponden los flujos financieros asociados a las mismas.
- Los flujos asociados a los usuarios agrícolas colectivos son significativos, y es preciso definir una unidad tipo a partir de la cual extrapolar flujos de ingresos y gastos. Lo mismo sucede con los usuarios independientes, donde lo más útil es estimar relaciones de costo por unidad extraída para determinar los gastos anuales.
- Los usos urbanos centralizados en ESVAL requieren estimaciones que permitan asignar gastos e ingresos entre unidades de cuenta no homogéneas, como son ESVAL, la cuenca y sus secciones.
- Los usos industriales y sus gastos asociados son de menor importancia en la cuenca. Se deben realizar esfuerzos por obtener relaciones extrapolables al conjunto, sin perder de vista que las prioridades son los flujos asociados a los usos agrícolas y para consumo humano.
- La cuenta valorada del stock se debe centrar en los recursos nieve y aguas subterráneas.

5.2 ESTRATEGIA DE DESARROLLO DE LAS CUENTAS DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO ACONCAGUA.

A partir de las consideraciones anteriores es factible definir los principales objetivos de las cuentas del agua en la cuenca del río Aconcagua.

Las cuentas del agua del río Aconcagua deben tener la capacidad de reflejar, seguir y diagnosticar los principales problemas de usos del agua en la cuenca, permitiendo distinguir con claridad sus condicionantes hidrológicos de aquellos derivados de las modalidades de gestión y los usos. Además de constituir un reflejo estrictamente cuantitativo y consistente del conjunto de flujos hidrológicos en la cuenca, tanto naturales como antrópicos, deben servir para dar cuenta de sus particularidades: el carácter marcadamente nival de la pluviometría de la cuenca y la estacionalidad del recurso asociada, la interacción dinámica entre la escorrentía superficial y subterránea, el papel de los aportes de sus diversos ríos a lo largo de la cuenca, las contradicciones entre los usos agrícolas en sus diversas secciones y la eficiencia del uso, la carencia de regulación y la relativa atomización del sistema de usos en general.

En términos de calidad, las cuentas deben servir para identificar los niveles de calidad del recurso para los dos usos principales, agrícola y humano, pudiendo así realizar un seguimiento agregado de la variación de la disponibilidad establecida en términos de cantidad.

Las cuentas monetarias deben permitir describir con particular detalle los flujos monetarios de ingresos y gastos de los agentes asociados a los usos principales de la cuenca, tanto urbanos como agrícolas. Esta descripción debe basarse en una desagregación adecuada de las unidades de gestión que hay detrás de cada uso y de los flujos que ellas generan. Dada la dependencia del régimen hidrológico de la nieve caída en la cuenca, la cuenta valorada del stock debe servir para proveer una dimensión económica de este recurso estratégico.

6. CUENTAS DEL AGUA EN CANTIDAD

6.1 INTRODUCCION

Las Cuentas del Agua en Cantidad recopilan los flujos físicos del agua (en unidad de volumen por unidad de tiempo) dentro de un territorio determinado y entre este territorio y las áreas adyacentes. Los flujos examinados por las cuentas son de distinta índole, e incluyen flujos en el medio natural (precipitación, evaporación, escurrimiento superficial y flujos subterráneos, etc.) y flujos inducidos por el hombre durante los diversos procesos de utilización del agua (extracciones para agua potable, industrias, minería, riego, etc.). Para los efectos de las cuentas, el medio natural se denomina “Sistema del Recurso (EO)”, mientras que el medio de utilización antrópica se denomina simplemente “Sistema de Utilización (AO)”.

El modelo de Cuentas del Agua que se presenta a continuación está basado en la metodología francesa de Cuentas del Patrimonio Natural. Esta metodología define una gama de subsistemas contables del Sistema del Recurso, que corresponden a diversos tipos de cuerpos de agua que pueden estar presentes en un territorio definido. Estos subsistemas se indican en el Cuadro 3.

CUADRO 3

UNIDADES ESTADÍSTICAS DEL SISTEMA DEL RECURSO EO
E9. INTERFASE TIERRA-ATMOSFERA
E6. SUELO + E5. VEGETACIÓN
E4. AGUAS INTERIORES
E41. AGUAS SUBTERRÁNEAS
E411. Acuífero variable en función del nivel explotable por la tecnología en uso.
E412. Acuífero permanente
E42. NIEVE Y HIELO
E421. Glaciares
E422. Nieve
E43. LAGOS Y EMBALSES
E431. Lagos naturales
E432. Embalses artificiales
E44. RED HIDROGRAFICA
E441. Ríos
E442. Conducciones

Fuente: CICPN-INSEE, 1986. "Les comptes du patrimoine naturel", Commission Interministerielle des comptes du Patrimoine Naturel CICPN, Institut National de la Statistique et des Etudes Economique INSEE mim, 137-138, Paris.

Nota: las siglas E9, E6, etc. provienen de la metodología francesa de cuentas del Patrimonio Natural, en la cual se ha asignado una sigla a cada componente de la contabilidad ambiental (E corresponde a los cuerpos de agua) y a los flujos que se producen entre ellos.

La metodología citada también define los subsistemas contables a considerar en la evaluación del Sistema de Utilización, los cuales se detallan en el Cuadro 4. Las unidades básicas a considerar en este caso son los principales usuarios del agua.

CUADRO 4

UNIDADES ESTADÍSTICAS DEL SISTEMA DE USOS (AO)
Empresas de Servicios Sanitarios (incluyendo cooperativas de agua potable rural)
Organizaciones de usuarios
Empresas mineras e industriales
Empresas de producción de energía hidroeléctrica
Consumidores de agua potable (Hogares, Sector Público y de servicios, industria y minería conectada a la red de agua potable)
Empresas agrícolas y ganaderas

Por otra parte, la metodología francesa define los diversos tipos de flujos que ocurren, tanto en el Sistema del Recurso como en el Sistema de Usos del agua. Las categorías de los flujos son extensas⁸ y abarcan todos los flujos posibles entre el territorio y las áreas adyacentes, como también aquellos que ocurren solamente dentro del territorio estudiado. Estos últimos abarcan los flujos que ocurren dentro del Sistema del Recurso (ya sean espontáneos o inducidos por actividades antrópicas), entre el Sistema del Recurso y el Sistema de Usos y solamente dentro del Sistema de Usos.

6.2 INFORMACIÓN UTILIZADA

Para cada una de las Unidades de Análisis mencionados en el punto anterior, se recopiló la siguiente información necesaria para el desarrollo de las Cuentas del Agua (las fuentes de los datos se indican en el pie de página):

- Precipitaciones ^a
- Temperatura ^{ab}
- Evapotranspiración potencial y real ^{ab}
- Información fluviométrica (caudales en los ríos, esteros y canales de riego) ^a
- Rutas de nieve (profundidad de la nieve y su equivalente en agua) y líneas medias de nieve ^a
- Volumen de agua contenido en los glaciares de la cuenca y su evolución en el tiempo ^c
- Modelación de aguas subterráneas (flujos, infiltraciones y afloramientos) ^d

⁸ El detalle de los flujos puede ser consultado en el estudio “Desarrollo de Cuentas Ambientales para el Recurso Agua en Chile”, CONAMA (1998) o en “Natural Resource Accounts. Pilot Study on Inland Waters”, OECD, ENV/EC/SE (90)24. Un extracto de la nomenclatura más relevante se encuentra en el Anexo de este documento (página 110).

^a Dirección General de Aguas

^b Dirección Meteorológica de Chile

^c Rivera y Acuña (1997)

^d Dirección de Riego, Ingendesa y AC Ing. Cons. (1997)

- Demandas de agua de riego, retornos a los ríos, percolación y evapotranspiración de los cultivos agrícolas ^d
- Extracciones de aguas subterráneas desde pozos y norias para diferentes usos (riego, industrial y agua potable) ^d
- Retornos (alcantarillados) desde el Sistema de Utilización ^{de}
- Destino del agua en el Sistema de Utilización (eficiencias de uso, pérdidas y retornos al medio natural) ^d
- Coberturas superficiales (cultivos agrícolas y vegetación nativa) ^f
- Agua almacenada en los embalses de la cuenca ^a

No todos los datos requeridos para la elaboración de las Cuentas del Agua en Cantidad estaban disponibles, ya sea por falta de mediciones (por ejemplo: sólo se encontraron datos de extracciones de agua de pozos y norias para el año 1996, por lo que se asumió constante para los demás años) o por irregularidades en las mediciones (datos de pluviometría y fluviometría fueron revisados, corregidos y finalmente completados mediante regresiones entre estaciones cercanas para completar las series requeridas).

Los datos originales de 43 estaciones pluviométricas se utilizaron para elaborar un modelo de precipitaciones en el área completa de la cuenca. La modelación se realizó utilizando un Modelo de Elevación Digital (elaborado por la Unidad de Percepción Remota y SIG de la Pontificia Universidad Católica de Chile) y regresiones por altitud de los datos de precipitaciones. De esta forma se logró una predicción de valores de precipitación para celdas de 250 por 250 m a través de toda la cuenca, lo cual genera estimaciones de precipitaciones por área (para cada Unidad de Análisis) mucho más precisas que el método de trazado de isolíneas (que es el método tradicionalmente utilizado).

Los datos de pluviometría, fluviometría y los resultados de las modelaciones de los acuíferos de la cuenca fueron utilizados para elaborar balances hídricos para cada Unidad de Análisis, tomando en cuenta las interacciones entre ríos y acuíferos. Estas interacciones son especialmente importantes en la Unidad Cordillerana (donde ocurre infiltración desde los ríos Aconcagua y Putaendo hacia los acuíferos) y en la Unidad Central (donde ocurren importantes afloramientos desde el acuífero hacia el Río Aconcagua). La evapotranspiración desde cada Unidad de Análisis y para la cuenca completa fue estimada por diferencia entre los flujos de entrada y salida de cada unidad territorial.

Los demás datos fueron transformados para su ajuste a cada Unidad de Análisis e incorporados en diversas etapas de la elaboración de las Cuentas de Cantidad, tal como se explica en el punto siguiente.

6.3 DESARROLLO DE LAS CUENTAS DEL AGUA EN CANTIDAD

Las Cuentas de Agua Interiores abarcan los flujos que ocurren en el Sistema del Recurso y aquellos flujos que relacionan este sistema con el Sistema de Utilización antrópica del agua.

^e Superintendencia de Servicios Sanitarios

^f Unidad de Percepción Remota y SIG, Pontificia Universidad Católica de Chile

También describe los usos, devoluciones y pérdidas de agua por parte de los diversos agentes involucrados en su aprovechamiento.

Las Cuentas se componen de 3 Tablas o subcuentas:

- **Tabla de Origen del Agua:** explica el origen de los volúmenes de agua de cada subsistema contable que compone el Sistema del Recurso. Se compone de 3 Matrices: la Tabla de Recursos Totales, Matriz de Transferencias Intermedias y Tabla de Extracciones Primarias y Usos Finales. La Matriz de Transferencias Intermedias se muestra en el Cuadro 5, y las 3 matrices en conjunto se muestran en la Cuadro 6.
- **Tabla de Agua Almacenada y su Variación:** presenta los stocks iniciales de agua de cada subsistema contable de EO, sus variaciones durante 1 período (1 año hidrológico en este caso) y los stocks finales resultantes (Cuadro 7).
- **Tabla de Usos del Agua:** analiza los usos que los agentes económicos hacen del recurso, detallando las fuentes desde las cuales lo obtienen, las pérdidas en que incurren y las devoluciones que realizan al Sistema del Recurso EO una vez que haya terminado su utilización (Cuadro 8).

Como se explicó anteriormente, durante la aplicación práctica de las Cuentas del Agua en Cantidad a la cuenca del Río Aconcagua, se decidió separar la cuenca en 3 unidades de análisis. La división se hizo con el fin de reflejar adecuadamente las principales diferencias entre las unidades a través de las cuentas. Como las 3 unidades componen una sola cuenca hidrográfica, existen flujos de agua que los relacionan (flujos superficiales del Río Aconcagua, flujos subterráneos de los acuíferos presentes y flujos pertenecientes al Sistema de Usos del agua, tales como la extracción de agua de una unidad para abastecer otra con agua potable). Estos flujos están definidos en la metodología francesa y se reflejan claramente en las Cuentas de Aguas Interiores de cada unidad.

De esta forma, se elaboraron las Cuentas del Agua en Cantidad (las 3 Tablas anteriormente descritas) para cada Unidad de Análisis, así como para la cuenca completa, durante los años hidrológicos 1992/93 hasta 1996/97.

A continuación se explica la composición de las Tablas que conforman las Cuentas del Agua en Cantidad. Las Tablas presentadas corresponden al año hidrológico 1996/97 para la cuenca completa. Las Tablas completas (para la serie de años hidrológicos 1992/93 hasta 1996/97) pueden ser consultadas en el estudio completo “Desarrollo de Cuentas Ambientales para el Recurso Agua en Chile”. Con el objetivo de presentar en forma sintética los resultados del estudio, al final de este Capítulo se presentan los resultados de mayor interés en cuanto a las variaciones de los valores encontrados para los años hidrológicos 1992/93 hasta 1996/97. **Todos los valores de las Tablas y Matrices presentados se expresan en millones de m³ de agua.**

6.3.1 MATRIZ DE TRANSFERENCIAS INTERNAS

Esta matriz es un paso previo a la construcción de la Tabla de Origen del Agua. Consiste en definir los volúmenes de agua transferidos entre los subsistemas hidrológicos por medio de flujos *naturales* (espontáneos). En las filas de la Matriz se encuentran los subsistemas emisores de agua, mientras que en las columnas se listan los subsistemas receptores.

CUADRO 5
MATRIZ DE TRANSFERENCIAS INTERNAS

SUBSISTEMA EMISOR \ SUBSISTEMA RECEPTOR	E9	E5 + E6	E41	E42	E43	E44	TOTAL EMISIÓN
E9 INTERFASE TIERRA ATMÓSFERA	X	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
E5 + E6 VEGETACIÓN Y SUELO	0.0	X	476.7	0.0	0.0	70.8	547.5
E41 ACUIFEROS	0.0	5.7	X	0.0	0.0	378.3	384.0
E42 NIEVE Y GLACIARES	0.0	0.0	0.0	X	0.0	204.2	204.2
E43 LAGOS Y EMBALSES	0.0	0.0	0.0	0.0	X	22.1	22.1
E44 RÍOS	0.0	0.0	168.7	0.0	22.1	X	190.8
TOTAL RECEPCIÓN	0.0	5.7	645.4	0.0	22.1	675.4	1,348.6
BALANCE	0.0	-541.8	261.4	-204.2	0.0	484.6	

Unidades: millones de m³

Nota explicativa: el único subsistema que no participa activamente en ninguna de las matrices y tablas que conforman las Cuentas de Cantidad es el *Interfase Tierra – Atmósfera*, debido a que representa los volúmenes de agua que precipitan, pero que se evaporan antes de llegar al suelo, no constituyendo un ingreso para los otros subsistemas hidrológicos como *Suelo y Vegetación, Ríos, Acuíferos*, etc. Sin embargo, el *Interfase Tierra – Atmósfera* se ha incluido en el formato de las Cuentas ya que su importancia puede ser alta en las regiones I, II y III de Chile, dado las altas temperaturas y tasas de evapotranspiración potencial que se registran en la zona.

En la Matriz se observan transferencias desde *Vegetación y Suelo* a *Acuíferos* (476,7 millones de m³) por percolación de las precipitaciones, y a *Ríos* (70,8 millones de m³) por escurrimiento superficial. A su vez, los *Acuíferos* aportan una pequeña cantidad (5,7 millones de m³) a *Vegetación y Suelo* por medio de la vegetación freatófita que extrae agua directamente desde los *Acuíferos*, y una cantidad importante (378,3 millones de m³) a los *Ríos* por medio de afloramientos. De esta forma se describe numéricamente los flujos de agua entre los diferentes subsistemas hidrológicos del territorio estudiado.

Finalmente, se calcula el total de entradas y salidas correspondientes a cada subsistema y el balance resultante de estas transferencias. Estos valores son componentes importantes de la Tabla de Origen del Agua, que se explica a continuación.

6.3.2 TABLA DE ORIGEN DEL AGUA

La primera matriz de esta Tabla se denomina **Tabla de Recursos Totales** y explica el origen del agua que ha entrado a cada subsistema hidrológico durante el año. Estas entradas están constituidas por: *Transferencias Internas* (flujos naturales o inducidos de agua entre subsistemas hidrológicos de la cuenca), *Precipitaciones, Afluencias desde el Exterior, Retornos y Descargas* y, finalmente, el *Riego*.

Como se puede apreciar en el Cuadro 6, las *Transferencias Internas* corresponden a los valores de “Total de Recepción” de la **Matriz de Transferencias Internas** presentado anteriormente en el Cuadro 5. Su inclusión en la **Tabla de Recursos Totales** se debe a que las transferencias recibidas constituyen una fuente de ingreso de agua para cada subsistema hidrológico, al igual que las *Precipitaciones, Afluencias del Exterior, Retornos y Descargas* (desde el Sistema de Utilización AO) y el *Riego*, que son las otras fuentes de ingreso de agua incluidos en la **Tabla de Recursos Totales**.

Considerando las entradas totales de agua a cada subsistema, se calculan los *Recursos Totales* contenidos en cada uno de ellos, los cuales conforman la primera columna de la **Matriz de Transferencias Intermedias**, que es el segundo componente de la Tabla de Origen del Agua (Cuadro 6).

La **Matriz de Transferencias Intermedias** mostrada en el Cuadro 6 es una copia de la **Matriz de Transferencias Internas** explicado anteriormente (en el Cuadro 5). Relaciona los *Recursos Totales* con las transferencias entre subsistemas hidrológicos para poder estimar la *Disponibilidad Global Anual* de cada subsistema.

Por ejemplo, *Suelo y Vegetación* aporta 476,7 millones de m³ a los *Acuíferos* y 70,8 millones de m³ a *Ríos* (que suma 547,5 millones de m³ en total), los cuales se restan de sus recursos totales (3711,6 millones de m³ provenientes de las *Transferencias Internas, Precipitaciones, Retornos y Descargas* y *Riego* de la **Tabla de Origen del Agua**) para dar una *Disponibilidad Global Anual* de 3146,1 millones de m³.

CUADRO 6
TABLA DE ORIGEN DEL AGUA (TABLA INPUT-OUTPUT)

AMBITO: Cuenca del Aconcagua

PERIODO: 1996/97

UNIDADES: millones de m³

T1 TABLA DE RECURSOS TOTALES

FLUJOS ELEMENTOS		A Recursos Totales	E9 Int. Tierra Atmósfera	E5/E6 Suelo Vegetación	E41 Aguas Subterráneas	E42 Nieve y Glaciares	E43 Lagos y Embalses	E44 Ríos
F23 + F33	Transferencias Internas	1.348,6	0,0	5,7	645,4	0,0	22,1	675,4
F111	Precipitación	3.693,2		3.369,6		323,6		
F112 + F132	Afluencias del Exterior	0,0						
F311 + F312	Retornos y Descargas	1156,6		17,4				1.139,2
F 321	Riego	318,8		318,8				
RECURSOS TOTALES		6517,3	0,0	3.711,6	645,4	323,6	22,1	1.814,6

T2 MATRIZ DE TRANSFERENCIAS INTERMEDIAS

T3 TABLA DE EXTRACCIONES PRIMARIAS Y USOS FINALES

FLUJOS ELEMENTOS		A RECURSOS TOTALES	E9 Interfase Tierra Atmósfera	E5/E6 Suelo y Cubierta Vegetal	E41 Aguas Subterráneas	E42 Nieve y Glaciares	E43 Lagos y Embalses	E44 Ríos	B TOTAL SALIDAS INTERNAS	C=A-B DISPONIBILI DAD GLOBAL ANUAL	F411 Extracciones Primarias	F221 Evapo- Transpiración	F121		D TOTAL EXTRACCIONES Y USOS FINALES	E=C-D ACUMULA CIÓN NETA	F=B+D+E EMPLEOS TOTALES
												Mar		Área Exterior			
E9	Interfase Tierra Atmósfera	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0					0,0	0,0	0,0
E5/E6	Suelo y Cubierta Vegetal	3.711,6	0,0		476,7	0,0	0,0	70,8	547,5	3.164,1		3.164,1			3.164,1	0,0	3.711,6
E41	Aguas Subterráneas	645,4	0,0	5,7		0,0	0,0	378,3	384,0	261,4	215,5		45,9		261,4	0,0	645,4
E42	Nieve y Glaciares	323,6	0,0	0,0	0,0		0,0	204,2	204,2	119,4		120,6			120,6	-1,2	323,6
E43	Lagos y Embalses	22,1	0,0	0,0	0,0	0,0		22,1	22,1	0,0					0,0	0,0	22,1
E44	Ríos	1.814,6	0,0	0,0	168,7	0,0	22,1		190,8	1.623,8	1.442,3		181,4		1.623,8	0,0	1.814,6
TOTAL		6.517,3	0,0	5,7	645,4	0,0	22,1	675,4	1.348,6	5.168,6	1.657,8	3.284,8	227,3	0,0	5.169,9	-1,2	6.517,3

El último componente de la Tabla de Origen del Agua es la **Tabla de Extracciones Primarias y Usos Finales**, en la cual se detallan los destinos y usos de las *Disponibilidades Globales Anuales* de cada subsistema hidrológico. El agua contenida en cada subsistema puede ser extraída para su utilización en el Sistema de Usos (AO), correspondiendo a una *Extracción Primaria*. También puede ser evapotranspirada, saliendo del Sistema del Recurso (EO), fluir al mar o hacia áreas exteriores al territorio examinado. Siguiendo el ejemplo del agua contenido en *Suelo y Vegetación*, ésta se evapotranspira en su totalidad (3164,1 millones de m³) por medio de la vegetación nativa, agrícola y directamente desde el suelo de la cuenca. *Suelo y Vegetación*, por lo tanto, registra una *Acumulación Neta* de 0,0 millones de m³ debido a que su *Total de Extracciones y Usos Finales* es igual a su *Disponibilidad Global Anual*. También se puede constatar que los Recursos Totales son iguales a los Empleos Totales en este caso. El único caso en el cual esta igualdad no se produce es para Nieve y Glaciares, para los cuales se detectó una disminución sostenida de 1,2 millones de m³ de agua al año, según estudios realizados que indican un derretimiento progresivo de los glaciares de la zona. Es por esta razón que *Nieve y Glaciares* registra una *Acumulación Neta* negativa de 1,2 millones de m³.

6.3.3 TABLA DE AGUA ALMACENADA Y SU VARIACIÓN

Esta Tabla indica los stocks iniciales de agua contenidos en cada subsistema hidrológico, su variación durante un año hidrológico y los stocks finales resultantes. Se compone de 3 Matrices: **Entradas Primarias**, **Entradas Netas Intermedias** y **Tabla de Extracciones Primarias y Usos Finales**, presentados en el Cuadro 7.

La Matriz de **Entradas Primarias** presenta los *Reservas Iniciales* de cada subsistema y las entradas de agua que reciben por medio de las *Precipitaciones* y las *Afluencias del Exterior*. Se calculó que *Suelo y Vegetación* contaban con reservas iniciales de 1115,3 millones de m³ en base a estimaciones de la humedad media contenida en el suelo y la vegetación nativa de la cuenca. A esta *Reserva Inicial* se suman los aportes de 3369,6 millones de m³ por *Precipitaciones*. No existen *Aportes del Exterior* en este caso. Con ello se llega al *Total de Entradas Primarias*, que es de 3369,6 millones de m³.

Las **Entradas Netas Intermedias** conforman la segunda matriz de esta tabla. El Balance de Transferencias Interna corresponde a los montos de agua que cada subsistema hidrológico traspasa a otros subsistemas (como fue descrito en la **Matriz de Transferencias Internas**, Cuadro 5). En el ejemplo de *Suelo y Vegetación*, este subsistema aporta 541,8 millones de m³ a otros subsistemas, lo cual corresponde al *Balance* calculado para *Suelo y Vegetación* en la **Matriz de Transferencias Internas** (Cuadro 5). Las próximas 2 columnas de esta matriz indican los retornos que *Suelo y Vegetación* reciben desde el Sistema de Utilización AO, en forma de *Retornos (excepto de riego)* y *Riego*, que son de 17,4 y 318,8 millones de m³, respectivamente. El *Total Neto de Entradas Intermedias* (-205,5 millones de m³) es la suma del *Balance de Transferencias Intermedias* y el total de los flujos de *Retornos y Riego*. La *Disponibilidad Global Anual* corresponde a la suma del *Total de Entradas Primarias* y el *Total Neto de Entradas Intermedias*. Este valor (3164,1 millones de m³) corresponde a la *Disponibilidad Global Anual* calculado previamente en la **Tabla de Origen del Agua** (Cuadro 6).

CUADRO 7
TABLA DE AGUA ALMACENADA Y SU VARIACION

AMBITO: Cuenca del Aconcagua
PERIODO: 1996/97
UNIDADES: millones de m³

T1 ENTRADAS PRIMARIAS

T2 ENTRADAS NETAS INTERMEDIAS

**T3 TABLA DE EXTRACCIONES
PRIMARIAS Y USOS FINALES**

RESERVAS Y FLUJOS ELEMENTOS	RESERVA INICIAL	F111 Precipitación	F112 + F132 Afluencias del exterior	A TOTAL ENTRADAS PRIMARIAS	Balance Transferencias Internas	FLUJOS DE RETORNO Y FLUJOS INTERNOS		B TOTAL NETO DE ENTRADAS INTERMEDIAS	C=A + B DISPONIBILI DAD GLOBAL ANUAL	F411 Extracciones Primarias	F221 Evapotrans- piración	F121 FLUJO NATURAL		D TOTAL EXTRACCI ONES Y USOS FINALES	E = C - D ACUMULA CIÓN NETA	RESERVA FINAL	
						F311 + F312 Retornos excepto riego	F321 Retornos desde riego					Mar	Área Exterior				
E9	Interfase Tierra Atmósfera	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
E5/E6	Suelo y Cubierta Vegetal	1.115,3	3.369,6	0,0	3.369,6	-541,8	17,4	318,8	-205,5	3.164,1	0,0	3.164,1	0,0	0,0	3.164,1	0,0	1.115,3
E41	Aguas Subterráneas	11.329,2	0,0	0,0	0,0	261,4	0,0	0,0	261,4	261,4	215,5	0,0	45,9	0,0	261,4	0,0	11.329,2
E42	Nieve y Glaciares	5.968,7	323,6	0,0	323,6	-204,2	0,0	0,0	-204,2	119,4	0,0	120,6	0,0	0,0	120,6	-1,2	5.967,5
E43	Lagos y Embalses	22,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,1
E44	Ríos	213,3	0,0	0,0	0,0	484,6	1.139,2	0,0	1.623,8	1.623,8	1.442,3	0,0	181,4	0,0	1.623,8	0,0	213,3
TOTAL		18.648,7	3.693,2	0,0	3.693,2	0,0	1.156,6	318,8	1.475,5	5.168,6	1.657,8	3.284,8	227,3	0,0	5.169,9	-1,2	18.647,4

La tercera matriz corresponde a la **Tabla de Extracciones Primarias y Usos Finales**, que es una copia de la tabla del mismo nombre utilizada en la **Tabla de Origen del Agua** (Cuadro 6). Describe las *Extracciones Primarias* (0,0 millones de m³ para el caso de *Suelo y Vegetación*), *Evapotranspiración* (3164,1 millones de m³), *Salidas al Mar* (0,0 millones de m³) y *Salidas a Areas Exteriores* (0,0 millones de m³). El *Total de Extracciones y Usos Finales* se resta a la *Disponibilidad Global Anual* para estimar la *Acumulación Neta* de cada subsistema y las *Reservas Finales* correspondientes. En el caso de *Suelo y Vegetación*, la *Reserva Final* estimada es igual a la *Reserva Inicial*, lo cual refleja que no ocurrieron cambios en la cantidad de agua almacenada entre un año y el siguiente.

6.3.4 TABLA DE USOS DEL AGUA

La **Tabla de Usos del Agua** (Cuadro 8) es la última tabla que compone las Cuentas del Agua en Cantidad. Su estructura difiere de las dos tablas anteriores en el sentido que se desarrolla para cada *Agente Económico* usuario del agua, en vez que para cada subsistema hidrológico. Al igual que las 2 tablas anteriores, se compone de 3 partes principales: la primera detalla las **Entradas** que recibe cada Agente Económico, la segunda es una **Matriz de Transferencia de agua entre Agentes** y la tercera describe **las Salidas del Sistema de Usos** realizados por cada Agente.

Las **Entradas** de agua para cada *Agente Económico* provienen de las transferencias de agua realizados entre agentes (descrito más adelante en la **Matriz de Transferencias de agua entre Agentes**) y de las *Extracciones Primarias* que cada agente realiza desde fuentes de *Agua Subterránea* o *Superficial*. Las *Empresas de Servicios Sanitarios*, por ejemplo, reciben un total de 51,5 millones de m³ de otros *Agentes Económicos*, extraen 36,7 millones de m³ desde *Aguas Subterráneas* y 82,3 millones de m³ desde *Aguas Superficiales*. El *Total de Entradas* de agua es de 170,6 millones de m³.

La **Matriz de Transferencias de Agua entre Agentes** describe las cantidades de agua que cada agente aporta o recibe a otros agentes. Así, las *Empresas de Servicios Sanitarios* aportan 31,8 millones de m³ a los *Consumidores de Agua Potable* de la cuenca (que es igual al *Subtotal de Salidas Intermedias*) y reciben 27,8 millones de m³ desde *Industria y Minería* y 23,8 millones de m³ de *Consumidores de Agua Potable*, en total 51,5 millones de m³ en forma de alcantarillados. Esta cantidad de agua recibida corresponde a los Flujos Intermedios señalados anteriormente.

**CUADRO 8
TABLA DE USOS DEL AGUA**

**AMBITO: Cuenca del Aconcagua
PERIODO: 1996/97
UNIDADES: millones de m³**

AGENTES ECONÓMICOS	F42 FLUJOS INTER-MEDIOS	F411 Extracciones Primarias		TOTAL ENTRADAS	MATRIZ DE TRANSFERENCIAS ENTRE AGENTES						SUBTOTAL DE SALIDAS INTER-MEDIAS	SALIDA DEL SISTEMA DE USOS					SUBTOTAL SALIDAS SISTEMA DE USOS	TOTAL SALIDAS	BALANCE		
		Agua Superficial	Agua Subterránea		A1 Empresa de Serv. Sanitarios	A2 Organizaciones de Usuarios	A3 Industria y Minería	A4 Energía Hidroelect.	A5 Consumidores de Agua Potable	A6 Agricultores		F31 Flujos de Retornos		F32 Riego	F44 Consumo	F142 Salidas al Exterior					
												F311 Pérdidas y Filtraciones	F312 Descargas y Retornos			F142 Mar				Otros Territorios	
A1	Empresas de Serv. Sanitarios	51,5	36,7	82,3	170,6					31,8		31,8		18,3		8,0	33,2	79,2	138,7	170,6	0,0
A2	Organizaciones de Usuarios	0,0	1.392,7		1.392,7			20,9	1.075,4		260,1	1.356,4	17,4					18,9	36,4	1392,7	0,0
A3	Industria y Minería	20,9	12,9	59,1	92,9	27,8						27,8		31,0		18,4	14,8	0,9	65,1	92,9	0,0
A4	Energía (Hidroeléctrica)	1.075,4			1.075,4							0,0		1.075,4					1.075,4	1075,4	0,0
A5	Cons. de Agua Potable	31,8		15,9	47,8	23,8						23,8		14,5		9,6			24,0	47,8	0,0
A6	Agricultores	260,1		58,7	318,8							0,0			318,8				318,8	318,8	0,0
TOTAL		1.439,7	1.442,3	216,1	3.098,2	51,5	0,0	20,9	1.075,4	31,8	260,1	1.439,7	17,4	1.139,2	318,8	35,9	48,0	99,0	1.658,4	3098,2	0,0

Las *Salidas del Sistema de Usos* detallan las *Pérdidas y Filtraciones*, las *Descargas y Retornos*, el *Riego*, el *Consumo* (o evaporación) y los *Vertidos al Mar* o a *Otros Territorios* en que incurre cada agente. Las *Empresas de Servicios Sanitarios* realizan *Descargas y Retornos* de 18,3 millones de m³ en forma de alcantarillados vertidos en los ríos de la cuenca y *Consumen* o evaporan 8,0 millones de m³ en los procesos de purificación y distribución del agua potable a los Consumidores. Vierten 33,2 millones de m³ de alcantarillado al *Mar* y exportan 79,2 millones de m³ a *Otros Territorios* (fuera de la cuenca) a través del Acueducto Las Vegas y desde la planta de agua potable de Concón hacia el Gran Valparaíso. El *Subtotal de Salidas del Sistema de Usos* por parte de las *Empresas de Servicios Sanitarios* es de 138,7 millones de m³ y el *Total de Salidas* es de 170,6 millones de m³ (agregando el *Subtotal de Salidas Intermedias* al *Subtotal de Salidas del Sistema de Usos*). El *Total de Salidas* corresponde al *Total de Entradas*, lo cual refleja que este *Agente Económico* no acumula cantidades importantes de agua entre un año y el siguiente.

6.4 PRINCIPALES RESULTADOS DE LAS CUENTAS DEL AGUA EN CANTIDAD

6.4.1 RESULTADOS DERIVADOS DE LA TABLA DE ORIGEN DEL AGUA

La tabla de origen del agua constituye una descripción integral del ciclo hidrológico en su fase terrestre, visto desde el sistema del recurso, o tomando a éste como referencia. De su lectura cuidadosa se pueden derivar las principales características hidrológicas del sistema. En el caso de la cuenca del río Aconcagua, por ejemplo, resulta interesante observar la columna A de recursos totales de la tabla 1. Allí se describen los orígenes de los recursos totales de la cuenca, que fueron de 6517.3 hectómetros cúbicos en el año 96/97. Como se puede observar, sólo un 56,7 % de los mismos estaban constituidos por las precipitaciones, en tanto que el resto se corresponde a distintas recirculaciones de ese flujo de entrada inicial a la cuenca, unos naturales y otros antrópicos. La explotación del recurso se ve reflejada claramente en las cifras de retornos y riego. La media para la cuenca de retornos y riego sobre entradas totales es de un 40%. Sin embargo, por subcuenca la situación es muy diversa. La cuenca cordillerana tiene una tasa del 39%, en tanto que la unidad central una de 15.9%. La explicación está en que la actividad hidroeléctrica en el caso de la cuenca cordillerana supone un alto índice de retorno, a la par que incrementa, por la vía de la recirculación, la disponibilidad del agua para usos. Pero en esa misma subcuenca si se elimina la actividad hidroeléctrica, la tasa disminuye a un 5.6%, revelando el bajo porcentaje de usos en la misma.

Como se puede observar en la misma tabla 1, Los recursos totales de la cuenca del Aconcagua se hallan fundamentalmente contenidos en el subsistema suelo y cubierta vegetal (57%), lo que revela la importancia de la gestión de este recurso para la gestión del agua. Esta tasa media para la cuenca no es igual en cada una de sus subcuencas, así, por ejemplo, en la unidad central el porcentaje de los recursos totales contenidos en suelo y cubierta vegetal alcanzaba a sólo el 28%.

La matriz de transferencias intermedias refleja muy bien la estructura del sistema hídrico de la cuenca, así como las interdependencias entre los distintos subsistemas de agua. Se puede

ver como las aguas subterráneas derivan el 74% de sus recursos del suelo, en tanto que en una proporción mucho menor de los ríos. Los ríos, por su parte, tienen unos aportes mucho más diversificados, aunque muy concentrados en aguas subterráneas que le aportan un 56% de sus recursos, y en nieves y glaciares que le aportan otro 30%. El conocimiento y seguimiento estadístico de este tipo de flujos permitiría, por ejemplo, concluir hipotéticamente que en la cuenca la saturación del suelo agrícola con fertilizantes supondría necesariamente un alto nivel de contaminación de las aguas subterráneas, pues éstas derivan sus recursos en un 74% del suelo. Pero, a continuación los ríos derivan de las aguas subterráneas un 56% de sus recursos, trasladándose así la contaminación de un medio a otro en función de la dependencia hidrológica natural de la cuenca. La matriz de extracciones primarias y usos finales completa esta visión sintética de los flujos hídricos de la cuenca. Lo primero a señalar es que las extracciones primarias de la cuenca tienen lugar desde aguas subterráneas (13%) y ríos (87%). Es relevante señalar que los embalses no dan lugar a extracciones directas desde los mismos, sino que éstos se vacían en los ríos respectivos desde donde tienen lugar las extracciones. Como se puede ver, tanto por la diversificación de sus entradas, como por el peso en las extracciones primarias, se puede señalar que los ríos son los elementos estructuradores del sistema hidrológico de la cuenca.

Las salidas finales al mar, muy bajas (6.1% de las precipitaciones), revelan con claridad el alto peso de la evapotranspiración en el balance hídrico de la cuenca, y constituye un indicador muy determinante de los condicionantes naturales para la gestión del recurso.

6.4.2 RESULTADOS DERIVADOS DE LA TABLA DE USOS DEL AGUA

La Tabla de Usos constituye, por su parte, una descripción exhaustiva del sistema de utilización del agua en la cuenca, permitiendo acercarse a la estructura de flujos a que ésta da lugar de modo sistemático.

La Tabla caracteriza en primer lugar a los principales usuarios del agua en la cuenca, distinguiendo entre quienes son usuarios finales, de quienes son suministradores de servicios de agua. En este caso, las organizaciones de usuarios y la empresa de servicios sanitarios son los únicos agentes especializados en proveer servicios de agua, sus extracciones primarias alcanzan un 91% de las extracciones totales de la cuenca, lo que viene a señalar el bajo nivel de autoabastecimiento directo de los usuarios finales. Dentro de los usuarios finales, la industria es la que mayores niveles de autoabastecimiento presenta, un 77% de sus recursos los obtiene mediante extracciones propias, en su mayoría de aguas subterráneas. En términos de usos totales consuntivos es la agricultura la que utiliza la mayor cantidad del recurso, seguida de industria y de consumidores de agua potable.

El papel de las organizaciones de usuarios en el sistema de usos se refleja en la matriz de transferencias entre agentes, pues éstas distribuyen agua a tres consumidores finales, hidroeléctricas, industria y minería y agricultores. El papel de la empresa de servicios sanitarios como recolectora de las aguas residuales también se recoge en la misma matriz al contabilizarse flujos de entrada en ésta desde industria y minería y de consumidores de agua potable.

Las salidas del sistema de usos son reveladoras de otros aspectos del mismo. Por una parte del bajo coeficiente de pérdidas que presenta el sistema de distribución de las organizaciones de usuarios, un 1.2%, en parte se puede deber a la no-disponibilidad de datos más exactos. Un 88% del total de entradas al sistema es devuelto como al sistema del recurso en forma de retornos y riego. El 12% restante, alto, se debe a que una parte significativa de lo captado por la empresa de saneamiento es trasvasado a usuarios fuera de la cuenca, 79,2 hectómetros cúbicos, lo que corresponde a 1,7 veces lo que se utiliza en la cuenca para similares propósitos. Las organizaciones de usuarios hacen otro tanto, y en menor medida la industria. La tasa de consumo del sistema de utilización que se desprende de las cuentas es baja, un 2% (35,9 Hm). Finalmente las descargas al mar son básicamente aguas residuales domésticas e industriales llevadas a cabo por la empresa sanitaria y la industria. Del total de aguas residuales de ambos usuarios, un 52% va directamente al mar, en tanto que el resto se vierte a ríos. Se puede ver que la industria vierte proporcionalmente más aguas residuales a ríos que al mar, 31 Hm³ contra, 14,8 Hm³. En el caso de los consumos asociados al agua potable la situación es más equilibrada, vierten 32,8 Hm³ a ríos y 33,2 Hm³ al mar. Este peso cuantitativo similar en los vertidos al río de ambos usuarios explica luego parte de lo que sucede con la calidad del agua en la cuenca y que se detalla más adelante.

A continuación se presentan gráficos generados a partir de la información contenida en las Cuentas del Agua en Cantidad desarrollados para los años hidrológicos 1992/93 a 1996/97 para cada una de las 3 Unidades de Análisis y para la cuenca completa.

GRÁFICO 1

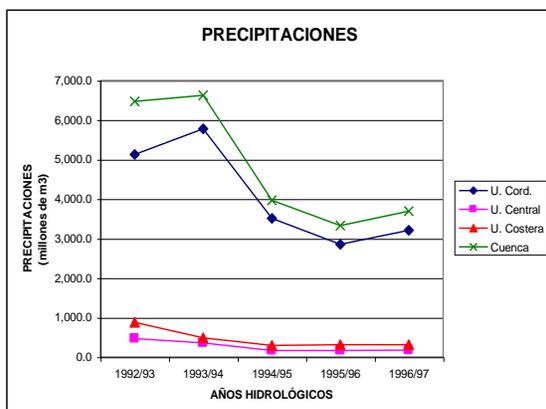
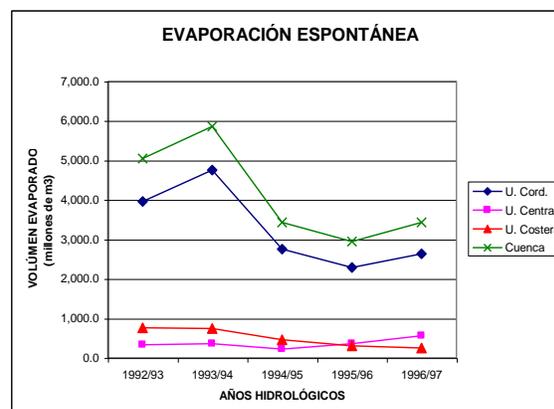


GRÁFICO 2



En el Gráfico 1 se puede apreciar una disminución importante de las precipitaciones (como agua y nieve) en la Unidad Cordillerana, lo cual afecta importantemente las precipitaciones generales de la cuenca debido a que esta Unidad recibe la mayor parte de ellas. Las precipitaciones de las Unidades Central y Costera también disminuyeron, pero de forma menos importante debido a diferencias en los regímenes climáticos de las 3 Unidades.

El Gráfico 2 muestra una tendencia muy similar en cuanto a las evapotranspiraciones estimadas. La similitud radica en que la mayor parte de las precipitaciones son evaporadas desde la superficie de la cuenca o por medio de la vegetación presente.

GRÁFICO 3

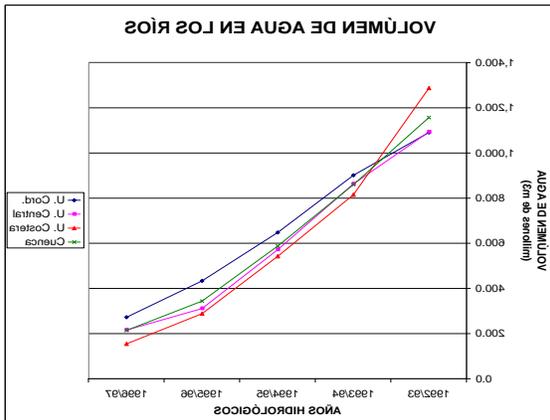
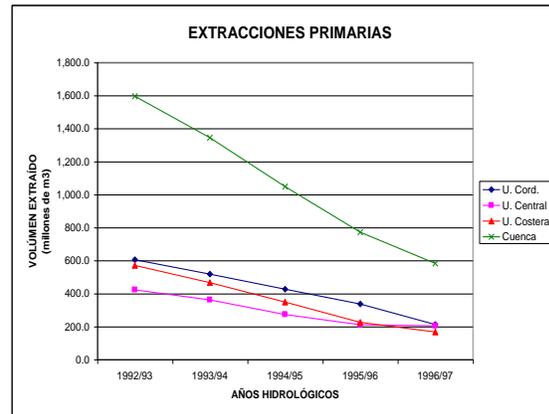


GRÁFICO 4



El Gráfico 3 muestra claramente que el volumen de agua en los ríos disminuyó en forma importante, debido principalmente a la menor cantidad de agua caída como precipitaciones sólidas y líquidas en las Unidades de Análisis.

El Gráfico 4 indica que las Extracciones Primarias que realizan los diversos agentes económicos también han sufrido disminuciones a causa de las menores precipitaciones y volúmenes de agua en los ríos. Estas disminuciones son fuertemente afectados por la menor cantidad de agua disponible para riego, que es la extracción más importante que se realiza en la cuenca. El Gráfico 5 indica la evolución de las Extracciones Primarias sin contar las extracciones realizadas para riego. También muestran disminuciones ya que dependen parcialmente de los volúmenes de agua superficial registrado en los ríos.

GRÁFICO 5

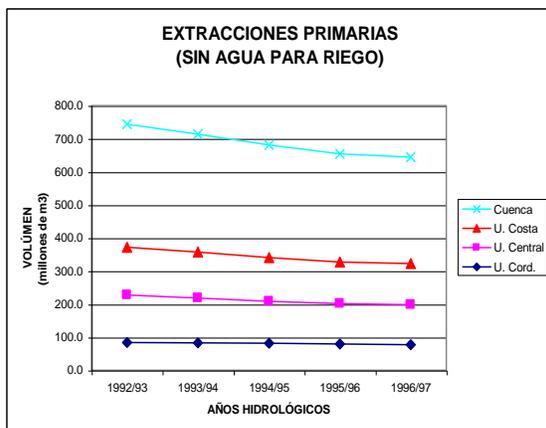
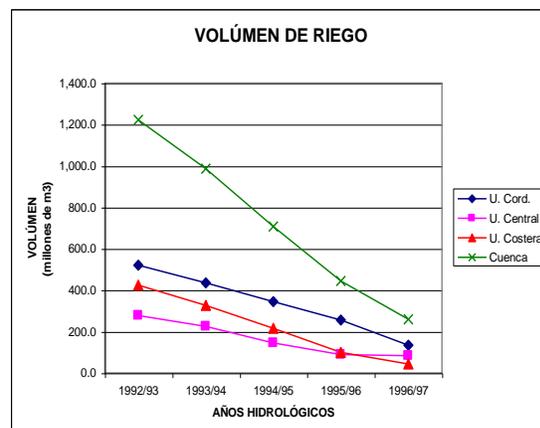


GRÁFICO 6



El Gráfico 6 muestra las cantidades de agua para riego que se extrajeron desde el Sistema del Recurso (EO) a través del período estudiado. Como este volumen depende importantemente del caudal de los ríos donde se ubican las bocatomas de los canales de riego, la tendencia mostrada en este gráfico es muy similar a aquella del Gráfico 3 (que muestra el volumen de agua en los ríos).

GRÁFICO 7

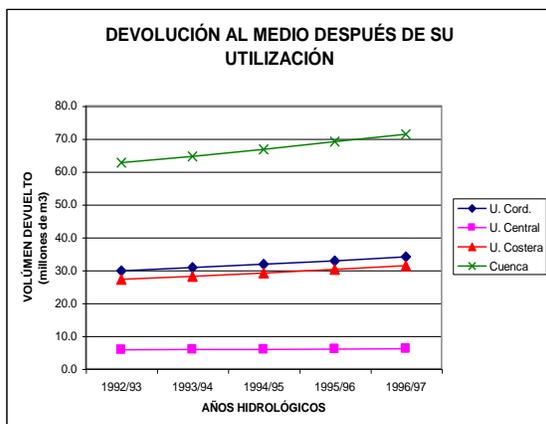
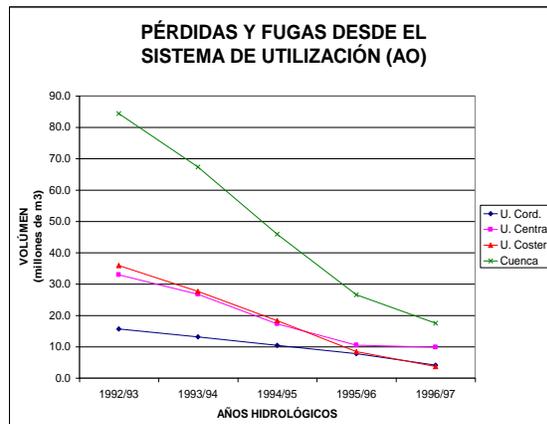


GRÁFICO 8



El Gráfico 7 señala las devoluciones y retornos efectuados por los diversos Agentes Económicos de la cuenca hacia el Sistema del Recurso (EO) desde el Sistema de Utilización (AO) una vez que han utilizado el agua para fines industriales, mineros y agua potable (no considera riego). La tendencia de este gráfico, en conjunto a aquella del Gráfico 5 indica que se han registrado algunos aumentos en la eficiencia de utilización del agua por parte de los Agentes Económicos (a pesar de efectuar menores extracciones, las devoluciones realizadas han aumentado, por lo cual la eficiencia de utilización del agua se ha incrementado).

El Gráfico 8, por su parte, muestra las pérdidas registradas desde los canales de riego. Aunque los porcentajes de pérdida aumentan al disminuir los caudales en los canales, este efecto es enmascarado por el hecho que hay cada vez menos agua fluyendo por los canales, por lo que hay menos agua que perder. Por esta razón, la tendencia de este gráfico es similar a aquellas mostradas en los Gráficos 3 y 6, de Volumen de Agua en los Ríos y Volumen de Riego, respectivamente.

En todos los gráficos anteriores se refleja claramente las diferencias entre las 3 Unidades de Análisis y el comportamiento de cada una, y de la cuenca en conjunto, ante diferentes variables que son parte de las Cuentas del Agua en Cantidad. Esta virtud de las Cuentas del Agua en Cantidad puede ser extendida al definir Unidades de Análisis específicas para el estudio de variables particulares, comparar valores resultantes entre cuencas y realizar las Cuentas en períodos menores a 1 año, por ejemplo cada 3 o 6 meses. De esta manera se puede aumentar el nivel de detalle de los resultados obtenidos y reflejar claramente las variaciones espaciales, temporales y estacionales de las variables medidas.

6.5 COMENTARIOS FINALES

Es interesante recalcar la interconexión entre las 3 tablas que componen las cuentas. Esta propiedad, junto a los hechos de que cada tabla se relaciona directamente con una serie de cálculos anexos (tales como los balances hídricos, estimaciones de tasas de extracción, uso,

evaporación, transferencia, etc.) y que todo está inserto en un formato contable que debe finalmente cuadrar, hace de las Cuencas del Agua en Cantidad un estudio más integral que aquellos que se efectúan habitualmente por cada entidad relacionada al tema (como por ejemplo: estudios de riego, embalses, catastros de RILES, análisis de acuíferos, etc.). Por este motivo, las Cuentas del Agua en Cantidad aportan una visión sistémica de la problemática del agua y, efectuados periódicamente, pueden proporcionar datos importantes respecto a la evolución de los variados aspectos que las componen. Estas propiedades les confieren una alta utilidad en cuanto a lograr un manejo racional del agua a nivel de cuenca y nacional.

7. CUENTAS DE CALIDAD DEL AGUA

Las cuentas del agua en calidad representan, de manera agregada y cuantitativa, el estado general de la calidad de las aguas para el conjunto del río Aconcagua (y de las secciones que lo componen) para los usos urbano y agrícola.

7.1 CONTENIDO Y ESTRUCTURA DE LAS CUENTAS DE CALIDAD

Las cuentas en calidad se estructuran en tres cuentas independientes que toman como ámbito territorial tramos distintos del río Aconcagua y una cuenta agregada para el conjunto de la cuenca, en un esquema de división territorial coincidente con el de las cuentas de cantidad, facilitando de esta manera la compatibilidad y opciones de comparación entre ambas cuentas:

- Cuenta I, correspondiente con la sección 1, unidad cordillerana del río Aconcagua⁹;
- Cuenta II, correspondiente a la sección 2, unidad central del río Aconcagua;
- Cuenta III, correspondiente a las secciones 3 y 4, unidad costera del río Aconcagua; y
- Cuenta IV, integrada para el conjunto de la cuenca del río Aconcagua.

Esta división en cuentas permite un análisis territorial a mayor escala, coincidente con una segmentación del río en tramos administrativos y, por lo tanto, útil a efectos de aplicación a su gestión. La comparación entre unas cuentas y otras es posible, pero considerando que los valores de calidad obtenidos están referidos a cantidades distintas de agua. La cuenta integrada supone, así mismo, la estimación de valores de calidad promediados para el conjunto de la cuenca.

La escala de valoración empleada se ha obtenido por adaptación de la propuesta de norma de la consultora Kristal¹⁰ (Kristal y Homsí y Asociados, 1997), que clasifica la calidad del agua en cinco grupos (clases 1 a 5) con referencia a las distintas posibilidades de aprovechamiento del agua por usos.

7.1.1 FORMATO DE PRESENTACIÓN DE LAS CUENTAS

Las cuentas en calidad se presentan en formato de una tabla por año que representa para cada cuenta (secciones y cuenta total) el valor estimado para cada parámetro de calidad (cuentas por parámetros de calidad) y su correspondiente expresión en forma de índice de calidad para los usos agrícola y urbano. En filas se representa, para cada cuenta (secciones I a III y total):

- Longitud total de los tramos

⁹ No incluye el río Putaendo.

¹⁰ Como se indicaba en la referencia a las cuentas en calidad en el resumen ejecutivo inicial, esta propuesta, pese a no constituir norma oficial, posee la cualidad de presentar tramos distintos de calidad, lo que la hace muy útil a efectos de cálculo de las cuentas.

- Km.c.n.¹¹ asociados a dicha longitud
- Valores estimados para cada parámetro, en sus unidades de medida correspondiente y transformados a índice
- Valor del índice agregado de calidad del agua para los usos agrícola y urbano (0 a 5)

7.1.2 PERÍODO DE REFERENCIA DE LAS CUENTAS

Las cuentas se han elaborado con carácter anual, para la serie de años correspondiente al período 1986, 1988–1997, desestimando años anteriores al no disponerse de series regulares de datos para muchas de las estaciones consideradas.

7.2 INFORMACIÓN PARA EL CÁLCULO DE LAS CUENTAS DE CALIDAD

Los datos de calidad proceden del Banco Nacional de Aguas, completados con datos del Dpto. de Conservación de Recursos Hídricos de la DGA.

Datos de referencia respecto a métodos de transformación de valores de ciertos parámetros de calidad a un índice de calidad agregada fueron extraídos del estudio del Centro EULA de la Universidad de Concepción (1998). Para la estimación de los volúmenes de agua en diferentes tramos de los ríos de la cuenca se solicitó información de los aforos realizados. Estos datos se encuentran actualizados al mismo nivel que los datos de caudal y disponibles en el Banco Nacional de Aguas.

7.2.1 DELIMITACIÓN DE SECCIONES Y SEGMENTACIÓN EN TRAMOS DE CAUDAL Y CALIDAD HOMOGÉNEOS

El cálculo de las cuentas en calidad debe ajustarse necesariamente a la disponibilidad de datos de calidad y caudal. De acuerdo con el modelo de cuentas en calidad (ver anexo, para mayor detalle), es necesaria una segmentación del río en tramos para los que se considera una variación gradual y progresiva de su caudal. Para cada uno de estos tramos el modelo estima sus Km.c.n. según el método descrito en la página 61.

A esta segmentación del río en tramos de caudal homogéneo se superpone otra segmentación en tramos o secciones de calidad homogénea. Estos tramos no tienen necesariamente que ser coincidentes con la segmentación empleada para el cálculo de los Km.c.n.

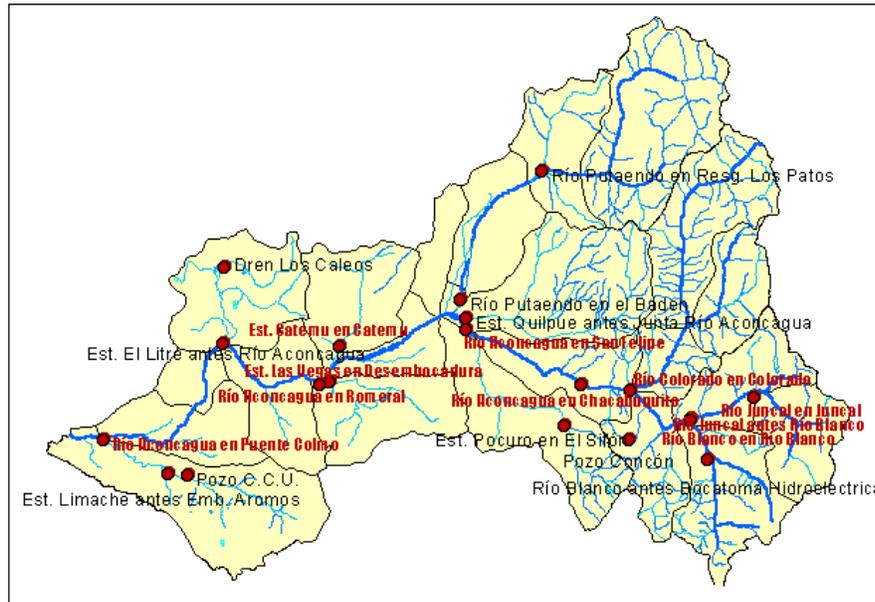
Una vez estimados los Km.c.n. correspondientes a cada tramo, se estima para el conjunto de tramos de calidad homogénea un valor promedio para cada uno de los parámetros de calidad considerados, valor que se obtiene como media del valor de estos parámetros en cada tramo ponderada por los Km.c.n. de dichos tramos.

En el río Aconcagua, la disponibilidad de datos obtenidos de las estaciones de aforo y medida de la calidad ha condicionado de manera determinante las posibilidades de división

¹¹ Km.c.n. Kilómetro de cauce normalizado. Su explicación detallada puede encontrarse en el anexo a este modelo de cuentas en calidad.

del río en tramos. En el mapa de la Figura 8 se representa la cuenca del Aconcagua con sus principales ríos y esteros. Con círculos se señala la ubicación de las estaciones de calidad. Comparando este mapa con el diagrama de la Figura 9, en el que se indica cuáles de estas estaciones disponen, además, de datos de caudal, se puede comprender mejor la división en tramos a la que se ha ajustado el cálculo de las cuentas en calidad.

FIGURA 8
MAPA DE LA CUENCA DEL ACONCAGUA Y UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MEDICIÓN DE CALIDAD



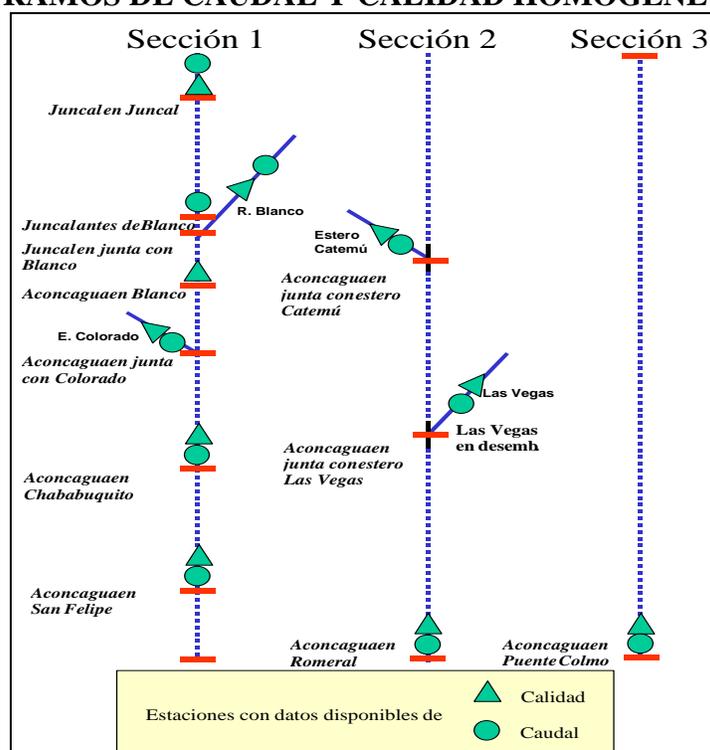
NOTA: Los nombres en rojo representan las estaciones de medida que han podido ser utilizadas en la cuenta, tal y como se indica más adelante en el Cuadro 9.

En la Figura 9 se esquematiza el cauce principal del Aconcagua, sin referencia alguna de escala o proporcionalidad entre tramos, desde la estación denominada de *Juncal en Juncal* —primera localizada en el río— hasta la estación de *Aconcagua en Puente Colmo*, la más próxima a la desembocadura. La figura representa también los principales afluentes para los que se ha dispuesto de datos válidos para el cálculo de la cuenta. Otras estaciones de las que se tienen datos de calidad (Putando en resguardo Los Patos, Estero Pocuro en el Sifón, etc.) se encuentran demasiado alejadas del cauce principal del Aconcagua, sin que exista la posibilidad de establecer relación entre sus datos y los obtenidos en otras estaciones situadas aguas abajo. Los datos procedentes de estas estaciones (y en consecuencia los tramos de cauce con los que se corresponden), no han podido ser incorporadas al cálculo de la cuenta¹².

¹² No obstante, cada tramo considerado en el cálculo de la cuenta incorpora con sus datos, aunque no de manera diferenciada, los correspondientes a todos aquellos otros tramos y vertidos (e.g. industriales) que le son tributarios (o que extraen agua de los cauces principales), pero de los que no se conocen datos completos de volumen o calidad de agua aportada. Es decir, estas aportaciones no identificadas, sí están evidentemente incluidas en el volumen total de aguas contabilizadas.

Las limitaciones para identificar tramos de caudal y calidad homogéneos, derivadas de la disponibilidad real de datos, han afectado de manera importante al cálculo de las cuentas, ya que el grado o intensidad de la segmentación del cauce en tramos influye en la precisión final de los resultados: al interior de cada tramo, la evolución de volúmenes y valores de calidad se considera como una tendencia homogénea entre los dos puntos (estaciones) de referencia que lo limitan. Esta interpretación, única posible en ausencia de datos más precisos, no constituye sino una interpretación simplificada de la dinámica del río. Por ello, un incremento en el número de tramos disminuiría los errores de precisión inherentes a esta aproximación.

FIGURA 9
DIAGRAMA DE DIVISIÓN DEL RÍO EN SECCIONES Y
TRAMOS DE CAUDAL Y CALIDAD HOMOGÉNEOS



En el diagrama de la división del río en secciones y tramos de caudal y calidad homogéneos, la línea horizontal gruesa señala los límites de tramo (en el Aconcagua, con los datos disponibles, coinciden los correspondientes a caudal y calidad), que se corresponden normalmente con la ubicación de estaciones de medida de aforo y calidad.

7.2.2 DISPONIBILIDAD DE DATOS EN LAS ESTACIONES

Los datos utilizados en el cálculo de las cuentas en calidad han sido facilitados por la DGA para las estaciones de medida que se indican en el siguiente cuadro.

CUADRO 9
ESTACIONES DE MEDIDA DE CAUDAL
Y CALIDAD UTILIZADAS EN LAS
CUENTAS EN CALIDAD

7.2.3 PRESENTACIÓN DE DATOS

El uso en la cuenta de los datos obtenidos en cada estación ha quedado limitado a aquellos parámetros que cumplían con un doble criterio de significación e interés. La significación se refiere aquí a que cada parámetro esté disponible para una serie suficiente de años. El interés se refiere a su relevancia como indicador de calidad en los dos usos del agua considerados en este ejercicio piloto: agrícola (riego) y urbano (agua potable) y a la posibilidad de generar funciones de transformación a partir de las tablas de la propuesta de Kristal.

7.2.4 PARÁMETROS INCLUIDOS EN EL CÁLCULO DE LA CUENTA

No es un aspecto estrictamente limitativo el que un determinado parámetro que interese para calcular el índice solo esté medido en algunas de las estaciones, ya que la función de cálculo del índice promedia solo a partir de los parámetros en cada caso considerados. Sin embargo, la ausencia de un elevado número de parámetros en un punto o para una serie determinada disminuye la fiabilidad de la estimación y puede limitar la posibilidad de establecer comparaciones con resultados obtenidos en años o tramos distintos en los que el cálculo incorpore parámetros distintos. Por ello, algunos de estos parámetros, que no son medidos con suficiente regularidad, o al menos no en la mayor parte de las estaciones consideradas, han sido finalmente desestimados para el cálculo de la cuenta.

En el Cuadro 10 se detallan los parámetros que han intervenido en el cálculo de la cuenta en calidad.

CUADRO 10
PARÁMETROS DE CALIDAD UTILIZADOS EN EL CÁLCULO
DE LA CUENTA EN CALIDAD

FÍSICOS	<ul style="list-style-type: none"> • Oxígeno disuelto (1) • pH (1) (2) • Conductividad eléctrica(2)
TÓXICOS NO ACUMULATIVOS	<ul style="list-style-type: none"> • Cloruros (1) (2) • Sulfatos (1) (2)
METALES PESADOS	<ul style="list-style-type: none"> • Arsénico (1) (2) • Boro (2) • Cobre (1) (2) • Hierro (1) (2) • Zinc (1) (2) • RAS (2)

Nota: (1) parámetros de interés para *uso urbano*; (2) parámetros de interés para *uso agrícola*

El oxígeno disuelto, pese a no estar regulado en las correspondientes normas para agua potable y de riego, se ha incorporado a la cuenta por ser considerado normalmente un indicador de alto valor en la determinación de la calidad de las aguas, aunque no interviene en el cálculo final de los índices agregados para los usos urbano y agrícola.

7.2.5 ÍNDICES DE CALIDAD

Los parámetros de calidad son transformados en índices de calidad permitiendo la obtención de un único valor agregado de calidad por uso, sección y año, según se ha explicado. La transformación de los valores estimados para cada parámetro en cada sección utiliza funciones obtenidas a partir de la propuesta de Kristal (Cuadro 11).

CUADRO 11
VALORES DEL ÍNDICE DE CALIDAD

	PARAMETROS	Unidad	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3	CLASE 4
FÍSICOS						
1	Oxígeno Disuelto	mg/l	>7,5	>5,5	>5	>4
		Índice Calidad	5	4	3	2
2	pH	unidad	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	5,5-9,0
		Índice Calidad	5	5	5	2
3	Conductiv. Eléctrica	µS/cm	<750	<1.500	<2.250	-
		Índice Calidad	5	4	3	
4	Cloruros	mg/l	100	150	200	-
		Índice Calidad	5	4	3	
5	Sulfatos	mg/l	150	250	500	500
		Índice Calidad	5	4	3	
6	Arsénico	mg/l	0,05	0,05	0,05	0,05
		Índice Calidad	5	5	5	5
7	Boro	mg/l	0,5	1	1	1
		Índice Calidad	5	4	4	4
8	Cobre	mg/l	0,002	0,005	0,2	1
		Índice Calidad	5	4	3	2
9	Hierro	mg/l	0,3	0,3	0,3	1
		Índice Calidad	5	5	5	2
10	Zinc	mg/l	0,03	0,1	1,0	1,0
		Índice Calidad	5	4	3	3
11	RAS	mg/l	<3	<6	<9	-
		Índice Calidad	5	4	3	

Nota: Basados en la propuesta de Kristal y Homsí y Asociados (1997)

Se han definido las funciones de transformación para los parámetros utilizados en el cálculo de la cuenta: *pH*, *conductividad eléctrica*, *cloruros*, *sulfatos*, *arsénico*, *boro*, *cobre*, *hierro*, *zinc* y *RAS* (Relación de Adsorción de Sodio, índice muy específico para el uso agrícola). La tabla muestra los intervalos de valores de concentraciones (o las unidades que en cada caso correspondan) que se corresponden con una determinada clase. Estas clases se corresponden a su vez con los valores posibles del índice —clase 1 se corresponde a índice 5 y clase 5 (no incluida en el Cuadro 11) a índice 1—. Las clases de la propuesta de Kristal están definidas con un carácter concéntrico, esto es, los usos permitidos en la clase 1 también lo están, lógicamente, en la 2 (menos restrictiva), los de éstos en la 3 y así sucesivamente. CONAMA no asume como admisible en ningún caso los valores de concentración incluidos en la clase 5, motivo por el que esta clase no se ha incluido en la tabla. Sin embargo, a efectos de estimación del índice de calidad, las concentraciones correspondientes a esta clase, aunque no deseables en ningún caso, son perfectamente posibles y a ellas corresponde siempre un valor de índice de calidad 1.

7.3 RESULTADOS DE LAS CUENTAS DE CALIDAD

Los resultados de las cuentas se presentan por año para las tres secciones que se muestran en la Figura 9 y para el total del cauce del Aconcagua, **desde la estación de Juncal en Juncal, hasta la de Aconcagua en Puente Colmo**. Las cuentas se han calculado para los años **1986 y 1988-1997**.

Respecto a la calidad de los resultados obtenidos, debe insistirse en que no para todos los años se ha dispuesto de la misma cantidad de información (especialmente en lo que se refiere a los valores de calidad) y por ello las cuentas presentan unos resultados cuya calidad resulta desigual de unos años a otros. En especial, se ha dispuesto de mejores series de datos en el período comprendido entre 1988 y 1994 que en los últimos tres años (1995–1997).

Estas limitaciones, que afectan a la calidad de los resultados, pueden justificar algunas modificaciones en las tendencias mostradas por los índices, precisamente en los años con menor número de datos (Cuadro 13 – Gráfico 9 y Cuadro 14 – Gráfico 10). Considerando el carácter piloto de estas primeras cuentas en calidad —en las que interesa sobre todo evaluar las posibilidades de aplicación real del modelo— resulta muy ilustrativo el análisis de las consecuencias de forzar el cálculo en años con ausencia de un número significativo de parámetros. En el Aconcagua y para los años 1995 y 1997, se han obtenido resultados que muestran fluctuaciones de las tendencias en calidad muy bruscas. En general, en estas situaciones no será siempre fácil concluir en que medida dichas variaciones de las tendencias se justifican por variaciones reales en la calidad de las aguas o, si por el contrario, son más bien debidas a la ausencia de datos completos para esos años.

7.3.1 LECTURA DE LOS RESULTADOS DE LAS CUENTAS

Cada tabla se refiere a un año e integra las cuatro cuentas, una por sección y la cuenta total para las tres secciones. En filas se incluyen los datos de longitud y Km.c.n. de cada unidad de cuenta, los valores estimados para los parámetros de calidad que se han incluido en el

cálculo de la cuenta y dos últimas filas para los índices de calidad total para los usos agrícola y urbano.

En columnas, y para cada cuenta, se diferencian a su vez otras dos columnas. La primera muestra el resultado de la cuenta *por parámetros de calidad*, con los valores de concentración estimados para cada parámetro, en el año de referencia, para el conjunto de los tramos incluidos en cada cuenta (secciones I a III y total¹³).

La segunda columna de la tabla para cada sección, muestra los valores obtenidos al aplicar las funciones de transformación a índice de calidad a cada parámetro.

El resultado de promediar estos índices parciales se muestra en estas mismas columnas, en las filas correspondientes a los índices de calidad agrícola y urbana. Este valor representa para cada uso, según se explicó, el valor estimado de calidad para el conjunto de la cuenta (de cada sección o del total de las secciones).

CUADRO 12
RESULTADO DE LAS CUENTAS EN CALIDAD, POR AÑO, PARA EL RÍO
ACONCAGUA

AÑO 1986	SECCIÓN I		SECCIÓN II		SECCIÓN III		TOTAL	
	Indice		Indice		Indice		Indice	
Longitud (Km)	68,19		28,96		58,00		155,15	
Km.c.n.(Km m3/s)	976,18		807,81		4.270,25		6.054,24	
[Arsénico] mg/l								
[Boro] mg/l								
[Cloruro] mg/l	15,39	5	15,05	5	18,90	5	17,82	5
[Cobre] mg/l	0,08	3	0,01	3	0,13	3	0,11	3
[Hierro] mg/l	1,46	1	0,33	2	1,61	1	1,42	1
[Sulfatos] mg/l	83,67	5	98,25	5	98,70	5	95,15	5
[Oxígeno disuelto] mg/l	9,06	5	8,85	5	9,10	5	8,98	5
pH	7,78	5	7,57	5	8,28	5	8,11	5
Conductividad (μ mhos/cm)	327,73	5	560,31	5	537,00	5	506,37	5
RAS	0,35	5	0,33	5	0,45	5	0,42	5
Indice de calidad Uso Agrario		4,14		4,29		4,14		4,14
Indice de calidad Uso Urbano		3,80		4,00		3,80		3,80

¹³ La obtención de estos valores requiere: i) primero, la estimación de un valor de concentración medio para cada punto de muestreo por año (promediando las distintas concentraciones obtenidas analíticamente en cada punto por el caudal medido en dicho punto en fechas cercanas a la de la analítica en calidad); y ii) agregar las concentraciones así obtenidas, suponiéndolas uniformes a un tramo. Esta agregación pondera las concentraciones por los Km.c.n. correspondientes a cada tramo.

AÑO 1988	SECCIÓN I		SECCIÓN II		SECCIÓN III		TOTAL	
	Indice		Indice		Indice		Indice	
Longitud (Km)	68,19		28,96		58,00		155,15	
Km.c.n.(Km m3/s)	820,62		145,91		768,50		1.735,03	
[Arsénico] mg/l	0,01	5	0,02	5	0,01	5	0,01	5
[Boro] mg/l	0,57	4	0,32	5	0,47	5	0,51	4
[Cloruro] mg/l	13,70	5	13,21	5	16,20	5	14,81	5
[Cobre] mg/l	0,24	2	0,01	3	0,02	3	0,12	3
[Hierro] mg/l	6,37	1	0,30	2	0,53	2	3,27	1
[Sulfatos] mg/l	95,53	5	95,98	5	96,30	5	95,91	5
[Oxígeno disuelto] mg/l	9,51	5	9,62	5	10,48	5	9,95	5
pH	8,00	5	7,92	5	8,82	2	8,35	5
Conductividad (µmhos/cm)	338,79	5	532,60	5	465,00	5	410,99	5
RAS	0,26	5	0,31	5	0,29	5	0,25	5
Indice de calidad Uso Agrario	4,11		4,44		4,11		4,22	
Indice de calidad Uso Urbano	3,83		3,33		3,67		4,00	

AÑO 1989	SECCIÓN I		SECCIÓN II		SECCIÓN III		TOTAL	
	Indice		Indice		Indice		Indice	
Longitud (km)	68,19		28,96		58,00		155,15	
Km.c.n.(km m3/s)	666,73		273,90		669,90		1.610,53	
[Arsénico] mg/l	0,02	5	0,01	5	0,01	5	0,01	5
[Boro] mg/l	0,51	4	0,26	5	0,31	5	0,38	5
[Cloruro] mg/l	20,25	5	11,53	5	13,87	5	16,11	5
[Cobre] mg/l	1,12	1	0,02	3	0,09	3	0,47	2
[Hierro] mg/l	5,97	1	0,38	2	1,60	1	3,20	1
[Sulfatos] mg/l	79,70	5	90,59	5	87,37	5	84,74	5
[Oxígeno disuelto] mg/l	10,72	5	9,75	5	10,10	5	10,30	5
pH	7,88	5	7,60	5	8,20	5	7,97	5
Conductividad (µmhos/cm)	381,21	5	549,38	5	444,31	5	436,06	5
RAS	0,49	5	0,33	5	0,37	5	0,41	5
Indice de Calidad Uso Agrario	4,00		4,44		3,78		4,22	
Indice de Calidad Uso Urbano	3,67		4,17		4,00		4,00	

AÑO 1990	SECCIÓN I		SECCIÓN II		SECCIÓN III		TOTAL	
	Indice		Indice		Indice		Indice	
Longitud (km)	68,19		28,96		58,00		155,15	
Km.c.n.(km m3/s)	569,70		312,68		385,70		1.268,08	
[Arsénico] mg/l								
[Boro] mg/l	0,45	5	0,58	4	0,76	4	0,57	4
[Cloruro] mg/l	18,74	5	14,49	5	21,24	5	18,45	5
[Cobre] mg/l	1,06	1	0,02	3	0,02	3	0,49	2
[Hierro] mg/l	2,29	1	0,25	5	0,53	2	1,25	1
[Sulfatos] mg/l	109,50	5	99,48	5	113,90	5	108,37	5
[Oxígeno disuelto] mg/l			10,75	5	10,90	5		
pH	7,85	5	8,50	2	8,36	5	8,17	5
Conductividad µmhos/cm)	471,96	5	538,53	5	537,32	5	508,25	5
RAS	0,23	5	0,27	5	0,49	5	0,32	5
Indice de Calidad Uso Agrario	4,00		4,25		4,25		4,00	
Indice de Calidad Uso Urbano	3,40		4,00		4,00		3,67	

AÑO 1991	SECCIÓN I		SECCIÓN II		SECCIÓN III		TOTAL	
	Indice		Indice		Indice		Indice	
Longitud (km)	68,19		28,96		58,00		155,15	
Km.c.n.(km m3/s)	753,12		311,95		698,90		1.763,97	
[Arsénico] mg/l			0,01	5	0,01	5		
[Boro] mg/l	0,42	5	0,17	5				
[Cloruro] mg/l	10,34	5	12,56	5	17,15	5	13,43	5
[Cobre] mg/l	1,47	1	0,04	3	0,08	3	0,66	2
[Hierro] mg/l	7,84	1	0,90	2	1,76	1	4,21	1
[Sulfatos] mg/l	64,41	5	94,52	5	94,00	5	81,46	5
[Oxígeno disuelto] mg/l			9,43	5	10,05	5		
pH	7,59	5	7,63	5	8,23	5	7,85	5
Conductividad (μ mhos/cm)	271,42	5	568,76	5	491,45	5	411,18	5
RAS	0,30	5	0,33	5	0,40	5	0,34	5
Indice de Calidad Uso Agrario	4,00		4,44		4,25		3,50	
Indice de Calidad Uso Urbano	3,40		4,17		4,00		3,00	

AÑO 1992	SECCIÓN I		SECCIÓN II		SECCIÓN III		TOTAL	
	Indice		Indice		Indice		Indice	
Longitud (km)	68,19		28,96		58,00		155,15	
Km.c.n.(km m3/s)	947,91		530,09		1.398,67		2.876,67	
[Arsénico] mg/l	0,01	5	0,00	5	0,01	5	0,01	5
[Boro] mg/l	0,28	5	0,17	5	0,15	5	0,20	5
[Cloruro] mg/l	11,58	5	13,17	5	17,70	5	14,85	5
[Cobre] mg/l	1,32	1	0,06	3	0,10	3	0,49	2
[Hierro] mg/l	6,24	1	0,49	2	0,76	2	2,52	1
[Sulfatos] mg/l	78,67	5	97,18	5	100,48	5	92,68	5
[Oxígeno disuelto] mg/l	10,62	5	9,73	5	10,18	5	10,24	5
pH	7,85	5	7,78	5	8,21	5	8,01	5
Conductividad (μ mhos/cm)	295,93	5	540,86	5	501,34	5	437,44	5
RAS	0,27	5	0,27	5	0,38	5	0,32	5
Indice de Calidad Uso Agrario	4,11		4,44		4,44		4,22	
Indice de Calidad Uso Urbano	3,67		4,17		4,17		4,00	

AÑO 1993	SECCIÓN I		SECCIÓN II		SECCIÓN III		TOTAL	
	Indice		Indice		Indice		Indice	
Longitud (km)	68,19		28,96		58,00		155,15	
Km.c.n.(km m3/s)	776,74		400,40		883,92		2.061,06	
[Arsénico] mg/l	0,02	5	0,00	5	0,01	5	0,01	5
[Boro] mg/l	0,19	5	0,09	5	0,30	5	0,22	5
[Cloruro] mg/l	12,21	5	13,50	5	16,70	5	14,39	5
[Cobre] mg/l	3,35	1	0,19	3	0,19	3	1,45	1
[Hierro] mg/l	57,54	1	4,30	1	3,02	1	23,82	1
[Sulfatos] mg/l	84,82	5	97,58	5	103,40	5	95,27	5
[Oxígeno disuelto] mg/l	10,84	5	15,10	5	11,20	5	11,82	5
pH	8,01	5	7,83	5	8,20	5	8,06	5
Conductividad (μ mhos/cm)	328,77	5	551,04	5	505,64	5	447,80	5
RAS	0,29	5	0,31	5	0,40	5	0,34	5
Indice de Calidad Uso Agrario	4,11		4,33		4,33		4,11	
Indice de Calidad Uso Urbano	3,67		4,00		4,00		3,14	

AÑO 1994	SECCIÓN I		SECCIÓN II		SECCIÓN III		TOTAL	
	Indice		Indice		Indice		Indice	
Longitud (Km)	68,19		28,96		58,00		155,15	
Km.c.n.(Km m3/s)	640,66		254,37		516,49		1.411,52	
[Arsénico] mg/l	0,01	5	0,01	5	0,01	5	0,01	5
[Boro] mg/l	0,10	5	0,12	5				
[Cloruro] mg/l	17,41	5	15,32	5	21,34	5	18,13	5
[Cobre] mg/l			0,09	3	0,21	2		
[Hierro] mg/l	3,03	1	0,50	2	1,90	1	2,16	1
[Sulfatos] mg/l	94,82	5	87,85	5	125,27	5	104,71	5
[Oxígeno disuelto] mg/l	9,95	5	9,42	5	11,90	5	10,57	5
pH	7,79	5	7,65	5	8,30	5	7,89	5
Conductividad (μ mhos/cm)	293,00	5	543,32	5	541,15	5	437,77	5
RAS	0,55	5	0,33	5	0,53	5	0,50	5
Indice de calidad Uso Agrario		4,50		4,44		4,13		3,88
Indice de calidad Uso Urbano		4,20		4,17		3,83		4,20

AÑO 1995	SECCIÓN I		SECCIÓN II		SECCIÓN III		TOTAL	
	Indice		Indice		Indice		Indice	
Longitud (km)	68,19		28,96		58,00		155,15	
Km.c.n.(km m3/s)	380,82		122,27		324,80		827,88	
[Arsénico] mg/l	0,02	5	0,00	5	0,00	5	0,01	5
[Boro] mg/l								
[Cloruro] mg/l								
[Cobre] mg/l	1,64	1	0,05	3	0,04	3	0,78	2
[Hierro] mg/l	15,01	1	0,99	1	0,70	2	7,56	1
[Sulfatos] mg/l								
[Oxígeno disuelto] mg/l	8,84	5	9,54	5	10,92	5	9,76	5
pH	7,05	5	7,80	5	8,48	5	8,08	5
Conductividad (μ mhos/cm)	318,99	5	528,49	5	595,75	5	458,51	5
RAS								
Indice de Calidad Uso Agrario		3,40		3,80		4,00		3,60
Indice de Calidad Uso Urbano		3,00		3,50		3,75		3,25

AÑO 1996	SECCIÓN I		SECCIÓN II		SECCIÓN III		TOTAL	
	Indice		Indice		Indice		Indice	
Longitud (Km)	68,19		28,96		58,00		155,15	
Km.c.n.(Km m3/s)	236,66		33,11		145,58		415,35	
[Arsénico] mg/l	0,01	5	0,00	5	0,01	5	0,01	5
[Boro] mg/l								
[Cloruro] mg/l	16,55	5	17,52	5	36,34	5	28,41	5
[Cobre] mg/l	0,20	3	0,02	3	0,04	3	0,13	3
[Hierro] mg/l	2,00	1	0,64	2	2,90	1	2,21	1
[Sulfatos] mg/l	150,80	5	133,84	5	188,01	4	162,49	4
[Oxígeno disuelto] mg/l	7,68	4	8,12	5	10,14	5	8,58	5
pH	8,16	5	7,82	5	8,12	5	8,12	5
Conductividad (μ mhos/cm)	477,91	5	647,57	5	718,00	5	575,58	5
RAS	0,58	5	0,34	5	0,53	5	0,54	5
Indice de calidad Uso Agrario		4,13		4,38		4,13		4,13
Indice de calidad Uso Urbano		3,83		4,17		3,83		3,83

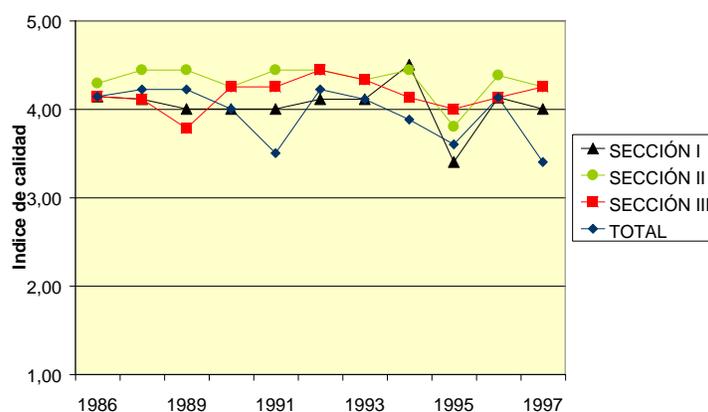
AÑO 1997	SECCIÓN I		SECCIÓN II		SECCIÓN III		TOTAL	
	Indice		Indice		Indice		Indice	
Longitud (Km)	68,19		28,96		58,00		155,15	
Km.c.n.(Km m3/s)	651,89		560,05		1.421,00		2.632,94	
[Arsénico] mg/l	0,04	5	0,00	5	0,00	5	0,01	5
[Boro] mg/l								
[Cloruro] mg/l								
[Cobre] mg/l	0,19	3						
[Hierro] mg/l	1,71	1	0,42	2	0,27	5	0,66	2
[Sulfatos] mg/l								
[Oxígeno disuelto] mg/l	8,50	5	8,02	5	8,90	5	8,61	5
pH	7,42	5	7,62	5	8,64	2	8,12	5
Conductividad (μ mhos/cm)	497,57	5	560,81	5	544,00	5	544,76	5
RAS								
Indice de calidad Agrario		4,00		4,25		4,25		3,40
Indice de calidad Urbano		3,50		4,00		4,00		3,00

CUADRO 13

EVOLUCIÓN POR SECCIONES DE LA CALIDAD TOTAL. USO AGRARIO

AÑO	SECCION I	SECCIÓN II	SECCIÓN III	TOTAL
Indice de Calidad	Uso Agrario	Uso Agrario	Uso Agrario	Uso Agrario
1986	4,14	4,29	4,14	4,14
1988	4,11	4,44	4,11	4,22
1989	4,00	4,44	3,78	4,22
1990	4,00	4,25	4,25	4,00
1991	4,00	4,44	4,25	3,50
1992	4,11	4,44	4,44	4,22
1993	4,11	4,33	4,33	4,11
1994	4,50	4,44	4,13	3,88
1995	3,40	3,80	4,00	3,60
1996	4,13	4,38	4,13	4,13
1997	4,00	4,25	4,25	3,40

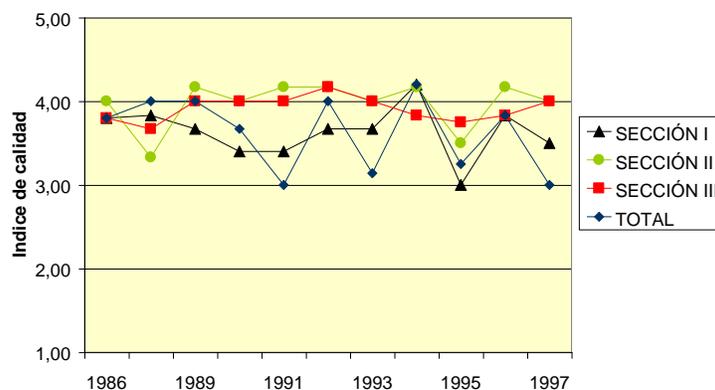
GRÁFICO 9



CUADRO 14
EVOLUCIÓN POR SECCIONES DE LA CALIDAD TOTAL. USO URBANO

AÑO	SECCION I	SECCIÓN II	SECCIÓN III	TOTAL
Índice de Calidad	Uso Urbano	Uso Urbano	Uso Urbano	Uso Urbano
1986	3,80	4,00	3,80	3,80
1988	3,83	3,33	3,67	4,00
1989	3,67	4,17	4,00	4,00
1990	3,40	4,00	4,00	3,67
1991	3,40	4,17	4,00	3,00
1992	3,67	4,17	4,17	4,00
1993	3,67	4,00	4,00	3,14
1994	4,20	4,17	3,83	4,20
1995	3,00	3,50	3,75	3,25
1996	3,83	4,17	3,83	3,83
1997	3,50	4,00	4,00	3,00

GRÁFICO 10



7.4 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LAS CUENTAS

Los resultados de este primer ejercicio piloto de aplicación de unas cuentas en calidad para la cuenca del Aconcagua permiten ya un análisis y valoración iniciales que aportan elementos positivos de cara a su posible extensión y normalización a otras cuencas.

El alcance del análisis de los resultados viene determinado por la metodología de cálculo, siendo necesario para su comprensión un buen entendimiento de cómo esta metodología opera. En primer lugar, es necesario insistir en que la cuenta no obtiene unos valores de calidad real de las aguas, ya que promedia valores muy distintos encontrados a lo largo del curso que define cada sección de río considerada. La cuenta ofrece un valor único para cada sección por parámetro de calidad y agregado como índice de calidad por uso y estos valores únicos indican el estado de calidad media en el conjunto de los tramos que conforman estas secciones, ponderando las distintas cantidades de agua existentes en cada tramo. En definitiva, no se debe caer en la tentación errónea de intentar concluir, a partir de los resultados obtenidos, qué usos resultan admisibles o inadmisibles en cada sección o unidad

de cuenta considerada: La utilidad de los resultados se sitúa, de manera similar a como ocurre con las cuentas físicas y monetarias, a un nivel de consideración previo y más genérico sobre la calidad general del agua en referencia a determinados usos posibles de la misma y, además, de análisis de las tendencias anuales observadas. La ponderación, para la obtención de índices agregados de calidad, de los valores obtenidos de calidad por las cantidades de agua a las que se refieren destaca la utilidad de estas cuentas en la evaluación de las posibilidades de aprovechamiento del recurso, mayoritariamente para usos de carácter antrópico, muy vinculados a la cantidad de agua disponible. Otros usos, como aquellos referidos a la función ecológica del agua (en los que la distribución del agua es una propiedad tan o más significativa que su cantidad) serán probablemente mejor valorados mediante el uso de mapas convencionales de calidad.

En segundo lugar, debe evitarse una interpretación de los valores obtenidos de los índices comparándolos con las clases de calidad de la propuesta de Kristal utilizada como base para su cálculo, ya que no existe relación alguna entre los valores de calidad obtenida y las restricciones de uso que dicha norma determina para cada clase de calidad.

Las cuentas tienen la cualidad de permitir obtener un valor agregado de calidad por uso, habiéndose referido este ejercicio a los usos agrario (riego) y urbano (agua para consumo humano). No debe, sin embargo, perderse la referencia de los datos que realmente subyacen en el cálculo de los índices, ya que cualquier análisis o interpretación de los resultados deberá hacerse conforme a la capacidad real de dichos datos para evaluar la calidad del agua para un uso determinado.

En el estudio del Centro EULA de la Universidad de Concepción (1998) sobre la calidad del agua en el río Aconcagua se utilizó una lista amplia de parámetros de calidad a partir de la cual fue posible la obtención de unas conclusiones válidas sobre el alcance y las causas de los valores de calidad observados. En este estudio se destaca como principal problema que afecta a la calidad de las aguas para su uso como fuente de agua para riego, consumo humano o industrial, la alta concentración de microorganismos de origen fecal que se localizan en torno a los puntos de vertido de las aguas servidas. Estos parámetros no son medidos de manera sistemática por la DGA y por lo tanto no han sido considerados en el cálculo de las cuentas. Las valoraciones sobre la calidad de las aguas obtenidas a partir de los resultados de la cuenta se refieren pues a otros parámetros cuyos niveles habituales de concentración pueden estar favoreciendo resultados que no se corresponden totalmente con la realidad. La primera conclusión válida y urgente del ejercicio de cuentas en calidad podría ser entonces la de una necesaria caracterización previa de los ríos que ayudase a determinar, en cada caso, qué parámetros son los que condicionan en mayor medida los valores de calidad de las aguas e incluir estos parámetros entre aquellos cuya medición debe ser sistemática. El modelo de cuentas favorece el uso de parámetros distintos en cursos de agua distintos, permitiendo así la utilización de una analítica de base adecuada a cada caso.

Las conclusiones que se incluyen a continuación deben, por lo tanto, considerarse limitadas a los parámetros utilizados en la realización de las cuentas. La falta parcial de datos en algunos años (1995 y 1997, especialmente) impide una valoración efectiva de las tendencias observadas en dichos años respecto a otros considerados en la cuenta. En este

ejercicio se ha optado, a pesar de todo, por incorporar estos años precisamente con la finalidad de valorar y evidenciar el efecto en los resultados de la irregularidad en las medidas de los parámetros de calidad.

7.4.1 ANÁLISIS DE LAS CUENTAS DE CALIDAD PARA USO AGRARIO

En general todas las secciones presentan buena calidad promedio de agua para riego, en torno a un valor de índice de cuatro, durante el periodo considerado. En el año 1995 se aprecia un descenso generalizado en la calidad de todas las secciones, debido en parte a las altas concentraciones de hierro y cobre. Sin embargo, como ya se ha comentado, la falta de valores registrados durante este año para algunos parámetros dificulta el análisis de la tendencia de la calidad. Esta misma tendencia de pérdida de calidad se observa para el año 1997.

Por secciones se observa que en las secciones I y II apenas hay fluctuaciones, excepto de nuevo en 1995.

En la sección III se observa, en 1989, un descenso de la calidad promedio que es debido a la alta concentración de hierro, cuyo origen se encuentra en las explotaciones mineras localizadas en la comuna de Nogales.

En general se puede afirmar, a partir de los datos disponibles, que la calidad del agua para uso agrícola en la cuenca del Aconcagua es buena, manteniéndose por encima de un índice 4, excepto para el año 95. Las altas concentraciones de hierro y cobre en la sección I son causadas por las explotaciones mineras existentes en esta unidad cordillerana, en las comunas de Los Andes, San Esteban y Putaendo. Las secciones II y III muestran valores de índice de calidad más altos, aun estando asociados a cantidades de agua menores que la sección I.

7.4.2 ANÁLISIS DE LAS CUENTAS DE CALIDAD PARA USO URBANO

El índice de calidad para uso urbano muestra valores más bajos que el índice para uso agrícola. La sección I es la que muestra peor índice de calidad para uso urbano, siempre por debajo de cuatro. En la sección II la calidad mejora manteniendo un índice por encima de cuatro, excepto en el año 1995, en el que se observa un empeoramiento del índice debido, al menos en gran parte, a la ausencia de datos para algunos parámetros (cloruro y sulfatos) que habitualmente muestran valores muy positivos. En la sección III la calidad muestra un ligero empeoramiento pero se mantiene en torno a un valor de índice 4. Las causas de estas tendencias son las extracciones mineras en las secciones I y III correspondientes con las unidades cordillerana y costera, respectivamente. La mejora de la calidad en la sección II puede estar relacionada con las fuertes extracciones de agua justo antes del límite de sección I, así como con la escasa demanda de agua para las actividades industriales y mineras.

En la sección I los valores de índice de calidad se mantienen por debajo de 4, incluso en algunos años por debajo de 3,5 (años 90 y 91). Las desviaciones más importantes a esta

tendencia general se justifican de nuevo por la ausencia de datos en algunos años. El resultado anormalmente alto que se aprecia en 1994 se debe a la falta de datos para el cobre, parámetro que muestra siempre un comportamiento muy malo, con valores habituales del índice de 1 y nunca superiores a 3. En el año 1995 los resultados, esta vez anormalmente malos, se deben a la ausencia de datos para sulfatos y cloruros, con valores de 5 para el índice en los años restantes.

Las elevadas concentraciones de cobre y hierro, responsables del descenso de calidad en la sección I tienen su origen en las explotaciones mineras en la unidad cordillerana. De acuerdo con los datos recogidos en el estudio del Centro EULA se observan mayores concentraciones de cobre y hierro en las situaciones de caudales mayores que en las de caudales mínimos.

En la sección III se mantiene la calidad promedio en torno a 4, descendiendo ligeramente en los años 1988 (3,67) y 1995 (3,75). En el año 1988 el índice agregado se ve influido, además de por lo bajos valores para los índices del hierro y del cobre, por el bajo valor del pH. Durante este año se registraron en esta sección valores alcalinos de pH por encima de 8,5, de los que aparentemente son responsables las industrias químicas y orgánicas que descargan en esta unidad.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL MODELO DE CUENTAS EN CALIDAD

Esta sección describe con mayor detalle algunos de los fundamentos y métodos de cálculo del modelo de cuentas en calidad.

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MODELO DE CUENTAS EN CALIDAD

El modelo de cuentas en calidad aplicado en este estudio estima una cantidad de agua asociada a un tramo de caudal como Km.c.n. y es a dicha cantidad de agua a la que asigna las propiedades de calidad —representadas por parámetros— obtenidos en los aforos. Este artificio permite agregar posteriormente las cantidades de agua correspondientes a cada tramo. Por ejemplo, el asociar la concentración de un parámetro como el oxígeno disuelto con una cantidad de agua, y esto para la totalidad de los tramos del río, permite estimar la concentración media de dicho parámetro en el río (lo que se denomina la concentración en una hipotética muestra homogénea del conjunto del río).

Por otra parte, la calidad no es una propiedad objetiva del agua, sino relativa al uso al que se destine o respecto al cual se quiere evaluar su oportunidad de uso. Los índices de calidad, que expresan esta valoración subjetiva de la calidad como un valor agregado fácilmente identificable en una escala de valores que se adopta como referente, no pueden ser directamente agregados, ya que el resultado de esa agregación desestimaría el comportamiento real de las propiedades del agua que, precisamente, vienen a definir su calidad.

El modelo adopta pues este criterio y asume el hecho de la imposibilidad de agregación directa de los índices de calidad, proponiendo un artificio que permite la obtención de un valor promedio de calidad partiendo de la agregación, en una muestra hipotética, de los valores estimados para cada parámetro en cada uno de los cuerpos de agua que componen la cuenca del Aconcagua.

El resultado final de este ejercicio es la obtención de unos valores promedio (aparentes) de parámetros de calidad y unos valores de índice por uso considerado (urbano y agrícola) que reflejan la calidad promedio de la cuenca o sección considerada.

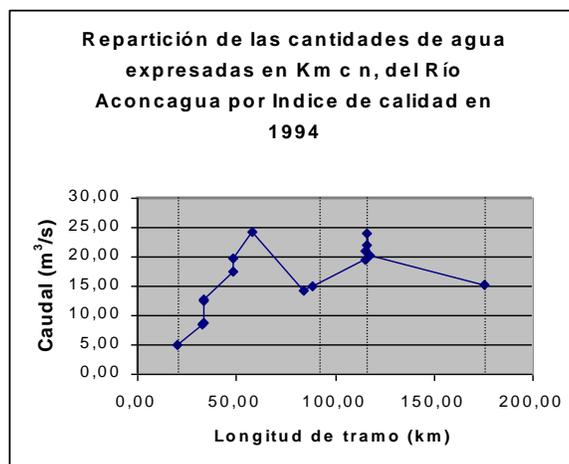
TRANSFORMACIÓN DE LAS UNIDADES DE CANTIDAD RELATIVA DE AGUA EN UNIDADES DE CANTIDAD ABSOLUTA: OBTENCIÓN DEL KM.C.N. A PARTIR DEL CAUDAL

Heldal y Ostdahl (1985) idearon una solución para expresar los flujos de agua de un río como cantidades absolutas con una unidad adimensional a la que denominaron kilómetro de cauce normalizado (Km.c.n), que se puede entender como una instantánea de la cantidad de agua asociada a cada tramo. Esta unidad permite la agregación de los flujos de agua sin incurrir en dobles contabilidades. El Km.c.n se obtiene integrando la curva flujo/distancia al punto de origen para el tramo de agua considerado (ver Figura 10). Este cálculo es

sencillo y solo requiere conocer las coordenadas de los puntos en los que se conocen datos de caudal.

El Km.c.n., no obstante, carece de una significación física clara y no permite la integración en una misma cuenta de todas las aguas continentales (fluyentes y no fluyentes) ni de otros aportes medidos en volumen (por ej. : vertidos). Estas limitaciones no afectan, sin embargo, a los resultados de las cuentas obtenidas, limitadas al cauce principal del río Aconcagua.

FIGURA 10



Sección	I	II	III
Km c n	641	254	516
IC Urbano	4,20	4,17	3,83
IC Agrario	4,50	4,44	4,13

AGREGACIÓN DE LA CALIDAD DE DISTINTOS TRAMOS

La calidad del agua se valora a partir de sus principales propiedades físico-químicas y organolépticas, las cuales, para facilitar su lectura a los no expertos, son interpretadas en alguna escala de valoración sencilla. La construcción de estas escalas o índices puede abordarse desde perspectivas y criterios muy distintos, como demuestra el elevado número de índices de este tipo ya disponibles. La elección del índice más adecuado depende fundamentalmente del uso al que se destine.

La metodología utilizada agrega cantidades de agua (en unidades de Km.c.n.), para las que se conocen valores de calidad (pH, temperatura, concentración de determinados parámetros, etc.), en una hipotética muestra final, siendo en consecuencia perfectamente posible conocer cual sería el valor de tales propiedades en dicha muestra final. Esto es, se obtiene un promedio para el conjunto de la cuenta de los valores puntuales de dichas propiedades en los distintos tramos considerados.

La obtención del valor de cada parámetro de calidad en la muestra hipotética resultante responde a una formulación del tipo:

$$\lambda_i = \frac{\sum_{j=1}^m \lambda_{ij} \times q_j}{\sum_{j=1}^m q_j}$$

λ_{ij} = concentración del parámetro i en el tramo de río j
 λ_i = concentración aparente del parámetro i en el total de río considerado
 q_j = cantidad absoluta de agua en el tramo j

El resultado de este cálculo, por parámetro y para cada año de la serie considerada, constituye el resultado de la cuenta en calidad, ya que se puede aceptar que la calidad media para el conjunto del objeto contable es el resultado de la interpretación de los valores aparentes así obtenidos para los distintos parámetros de calidad.

LA CALIDAD EXPRESADA COMO UN ÍNDICE AGREGADO DE PARÁMETROS DE CALIDAD

Los valores obtenidos para los distintos parámetros de calidad son transformados en un único índice agregado de calidad que permite una lectura sencilla, orientada por usos, de la calidad de las aguas en cada unidad de cuenta.

Los índices de calidad son aplicados a muestras de agua a las que se supone un comportamiento básicamente homogéneo respecto a los parámetros que determinan su calidad, con lo que el valor de calidad obtenido es una estimación aproximada de la calidad real de ese cuerpo de agua. En la elaboración de las cuentas en calidad se parte de valores de cantidades agregadas de agua referidos a cuerpos de calidad distinta, por lo que los índices son asimismo indicadores de un valor promedio de las calidades en cada cuerpo. Es decir, la calidad agregada obtenida no se corresponde con ninguna estimación real que pudiera ser asignada a una masa concreta de agua y se puede considerar como una calidad aparente.

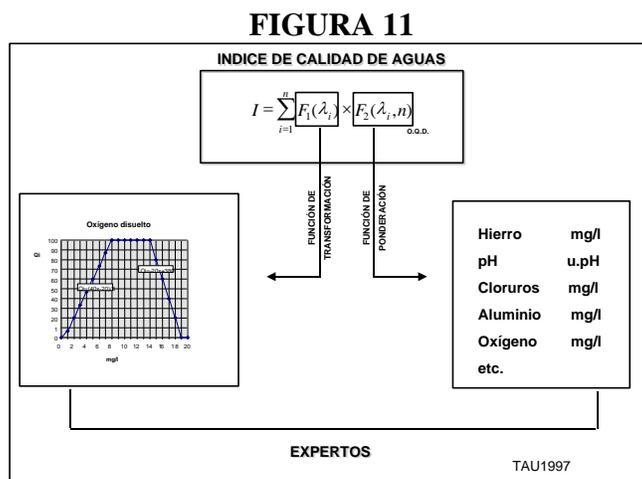
Para la elaboración del índice se optó por utilizar valores límites fijados con criterio normativo, utilizando los valores propuestos por la consultora Kristal¹⁴. Esto se debió a dos razones fundamentales: ser la mejor información disponible en ese momento y por no limitarse a un único valor límite de referencia, estableciendo clases de calidad a los que referir los valores estimados para cada parámetro, base para la definición posterior de funciones de transformación.

Respecto al modo de agregación se ha utilizado la media aritmética, en lugar de otras que tienden a penalizar los valores de peor calidad. En el caso de las cuentas de agua debe considerarse que el índice refleja una calidad *media* del agua en la unidad de referencia. No existe esa calidad estimada en ningún cuerpo de agua: Es una calidad *inexistente* referida

¹⁴ Como se ha indicado, la propuesta normativa de Kristal no constituye una norma oficial de CONAMA.

así mismo a un volumen de agua inexistente (como corresponde al propio concepto de valor promedio). El método de media aritmética se ajusta mejor a este concepto de calidad promedio en el que, por ejemplo, casos puntuales o locales de calidad extremadamente mala del agua a causa de algunas concentraciones límite de parámetros, no alterarían de manera desproporcionada el valor promedio de la calidad en el conjunto de una sección.

En la Figura 11 se muestra un ejemplo característico de índice de calidad basado en la media ponderada y constituido por dos funciones. Una de ellas, la de transformación de los valores de los distintos parámetros de calidad a una escala común; y la otra, la de ponderación de la importancia de cada parámetro de calidad, que a su vez incorpora un factor de corrección en función del número de parámetros considerados.



La utilización, como referente del índice, de los valores límite fijados en la normativa, desaconseja a nuestro entender el uso de ponderaciones entre los parámetros. Lógicamente, cuando una norma fija umbrales a los valores de los distintos parámetros para su pertenencia a una u otra clase de calidad, la ponderación debe considerarse implícita en dicho umbral. Es decir, un límite rebasado el cual el agua no se considera apta para un determinado uso tiene siempre la misma significación, independientemente del parámetro de calidad al que se refiera. Un índice de calidad así construido, en el que no se consideran ponderaciones, se ajusta a una formulación muy simple:

$$I = \frac{\sum p_i}{n}$$

$I = \text{Índice}$

$p_i = \text{Valor de calidad resultante para el parámetro } i$

$n = \text{Número total de parámetros considerados}$

La definición de funciones de transformación de los valores obtenidos para cada parámetro de calidad en índice de calidad (p), se obtiene a partir de la propuesta de Kristal. En el Cuadro 11 se muestran los valores límite para cada parámetro y sus correspondientes valores de índice asignados para la obtención de la cuenta. Las funciones limitan el valor del índice al rango 1–5 y no permiten la obtención de valores intermedios, siendo los

valores posibles 1, 2, 3, 4 y 5. El valor del índice se incrementa para indicar mejores valores de calidad para cada parámetro.

Pese a esta aparente correspondencia de valores entre las clases de calidad definidas en la propuesta de Kristal y la escala del índice de calidad, debe tenerse cuidado de no identificar los valores obtenidos del índice con las posibilidades de uso del agua identificadas en cada clase según la propuesta de Kristal (Kristal y Homsí y Asociados, 1997), ya que las concentraciones son valores promedio para todo el cauce del Aconcagua. Por supuesto, esta identificación tiene aún menos sentido si se refiere al valor agregado de calidad por usos (es decir, al valor agregado de calidad de todos los parámetros): estos valores del índice muestran valores intermedios (decimales) que tienen plena significación en una escala más detallada del índice (posibilidad de obtener valores continuos en el rango 1–5) y no se corresponden, lógicamente, con las clases de calidad de la propuesta normativa.

8. CUENTAS MONETARIAS

Los flujos monetarios constituyen una sombra ineludible de toda la intervención humana en el ciclo hidrológico. Para recoger este aspecto en forma sistematizada, las CA incorporan un subsistema de cuentas monetarias. Las cuentas monetarias describen en forma detallada el gasto total en gestión del recurso y la financiación del mismo, así como su distribución en funciones características. El formato contable elegido permite su enlace con el Sistema de Cuentas Nacionales, facilitando la obtención de agregados comparables con los de los sectores económicos tradicionalmente clasificados. Las cuentas monetarias se componen de tres tipos de cuentas, estas son:

- **La cuenta monetaria de gastos e ingresos de los agentes productores de servicios de agua y de financiación de los servicios de agua.**
- **La Cuenta Valorada de Stock.**
- **La Cuenta de transacciones de derechos de agua**

Las tres subcuentas de la Cuenta Monetaria, a diferencia de la cuenta en cantidad, son una sola para toda la cuenca, dado que su partición en subcuentas resulta inviable debido a la estructura de la información económica disponible. Las cuentas monetarias se estimaron para el año 1997.

8.1 LA CUENTA MONETARIA DE GASTOS E INGRESOS DE LOS AGENTES PRODUCTORES DE SERVICIOS DE AGUA Y DE FINANCIACIÓN DE LOS SERVICIOS DE AGUA.

Estas cuentas, en particular, buscan caracterizar los gastos e ingresos relacionados a la gestión económica del recurso identificando quién, para qué y cómo se realiza cada gasto o ingreso. De esta forma, en la cuenta monetaria de gastos e ingresos se aplican tres tipos de nomenclaturas:

- De actividades funcionales de gestión del agua (ver Cuadro 5.2.1) *¿para qué?*
- De agentes económicos productores de servicios de agua (ver Cuadro 5.2.2) *¿quién?*
- De operaciones económicas retenidas (ver Cuadro 5.2.3) *¿cómo?*

En cuanto a su contenido, estas nomenclaturas difieren en grado de universalidad. La última de ellas de operaciones económicas no presenta problemas respecto a sus contenidos incorporándose a la cuenta todos los flujos monetarios de gastos e ingresos de cualquiera de los agentes económicos que producen servicios de agua. La nomenclatura a utilizar para clasificar tales flujos es la que establece el sistema de cuentas nacionales que aplica el Banco Central de Chile.

La nomenclatura de actividades funcionales resulta menos standard, pues implica poner un claro límite al alcance de las cuentas, en la medida que determina las actividades económicas que se consideran incorporadas al modelo contable. En términos de contenido se han incorporado a la cuenta las mismas actividades consideradas en las cuentas del agua en España, pues ellas abarcan todo el espectro de interés en el caso chileno.

Finalmente la nomenclatura de agentes es, en cuanto a sus contenidos, específica, pues recoge a los agentes característicos propios del modelo institucional de gestión del agua en Chile.

CUADRO 15
ACTIVIDADES FUNCIONALES DE LA GESTIÓN DEL AGUA

<p>A. Gestión de los recursos hídricos continentales</p> <p>A.1 Captación, depuración y distribución de agua (NACE 41.00). A.1.1. Captación y potabilización (NACE 41.00.11) A.1.2. Captación sin potabilización (NACE 41.00.12) A.1.3. Distribución de agua (NACE 41.00.2)</p> <p>A.2 Hidráulica agrícola (incluida en NACE 01.41.11) A.2.1. Riego A.2.2. Drenaje</p> <p>A.3 Regulación de aguas, defensa de cauces y riberas y administración general de agua. A.3.1. Lucha contra las avenidas A.3.2. Obras de regulación (NACE 45.24) A.3.3. Administración general del agua</p> <p>B. Protección de la calidad del agua</p> <p>B.1 Saneamiento y depuración de aguas residuales de la red colectiva de tipo público. B.1.1. Saneamiento (incluido en NACE 45.214) B.1.2. Depuración (NACE 90.001)</p> <p>B.2 Saneamiento y depuración de aguas residuales excepto las de la red colectiva de tipo público (NACE 45.214 y 90.001 como actividades auxiliares)</p> <p>B.3 Protección y gestión de la calidad de las aguas fluviales, lacustres y subterráneas. Incluye todas las actividades dirigidas a luchar contra cualquier tipo de contaminación de las aguas (térmica, eutroficación de embalses, etc.).</p> <p>B.4 Administración general de la calidad del agua</p>

CUADRO 16
AGENTES ECONÓMICOS

<p>Empresas de Servicios Sanitarios Organizaciones de Usuarios Empresas Agrícolas y Ganaderas Empresas Industriales Empresas Mineras Empresas Hidroeléctricas Sector Público Proveedor de Servicios de Agua Hogares, Servicios y Sector Público no Proveedor de Servicios de Agua</p>
--

Estos agentes pueden ser unidades institucionales completas, en el caso de establecimientos cuya actividad principal es una actividad característica de las CA, como es el caso de empresas de servicio sanitario y las organizaciones de usuarios, o bien pueden ser partes de unidades institucionales, en el caso de que las actividades características sean una actividad secundaria o auxiliar de la unidad de que forma parte, como es el caso de empresas

agrícolas, industria, minería e hidroeléctricas. En este caso, la actividad correspondiente tiene que ser separada para la evaluación del gasto correspondiente.

CUADRO 17 LAS OPERACIONES ECONÓMICAS RETENIDAS.

<ul style="list-style-type: none">• Empleos de las Cuentas de los Agentes (Gastos):<ul style="list-style-type: none">a) Operaciones corrientes<ul style="list-style-type: none">– remuneración de asalariados– consumos intermedios– impuestos ligados a la producción– excedente neto de explotación (en el caso de bienes y servicios de mercado)– la suma de dichos elementos constituye los empleos corrientes (gastos de funcionamiento)– las transferencias corrientes (subvenciones de funcionamiento) a otros agentes de producción.b) Operaciones de capital<ul style="list-style-type: none">– la formación bruta de capital fijo,– las adquisiciones netas de terrenos y las variaciones de stock.– las transferencias de capital (subvenciones de inversión enviadas a otros agentes para la producción de actividades características).• Recursos de los Agentes (Ingresos)<ul style="list-style-type: none">– La venta de bienes y servicios característicos.– La financiación sobre fondos propios.– Las transferencias corrientes recibidas (las subvenciones de funcionamiento obtenidas, ciertas tasas recibidas, etc.).– Las transferencias de capital recibidas, principalmente las subvenciones de inversión obtenidas por los agentes.– El ahorro bruto de los agentes que perciben ingresos asociados a la gestión del agua.
--

Obtención de la información:

Para la obtención de la información necesaria para el desarrollo de las cuentas monetarias se recurrió, principalmente, a entrevistas y a la realización de encuestas¹⁵. En ellas se preguntó por los **gastos corrientes y las inversiones realizadas durante el año, indicando a que se atribuían, y si han recibido o realizado algún tipo de transferencia**. Las instituciones contactadas fueron las siguientes:

15 Cabe recordar que las Cuentas Monetarias han sido elaboradas para representar los flujos realizados durante el año 1997. Por lo tanto, en el caso de los entrevistados y encuestados se les pidió información exclusiva de ese año. Sin embargo, en aquellas situaciones en donde no se pudo contar con información de primera fuente se recurrió a estudios de años anteriores, actualizando los valores por el IPC.

Organizaciones de Usuarios:

Dentro de las organizaciones de usuarios fueron consideradas las Juntas de Vigilancias y las Asociaciones de Canalistas. Se ha dejado de lado las Comunidades de Agua debido a que estas son numerosas y muy variables y no resulta posible realizar un contacto personal con ellas.

Agricultores:

En el caso de los agricultores, se recurrió a estudios realizados anteriormente para obtener la información necesaria. Se consideró como gasto corriente los costos de bombeo que realizan en forma intrapredial. Se consideró inversión el monto de aporte propio de los agricultores registrado por la CNR de los concursos de la Ley 18.450 para el año 1997 (esto está subestimando este ítem ya que se desconoce las inversiones realizadas por los agricultores fuera del concurso).

Industrias:

A partir de la información de las industrias catastradas para el Aconcagua en el estudio realizado por Conama, Kristal y Homsy y Asociados (1995) se realizaron entrevistas a una muestra de 9 industrias y los valores medios fueron extrapolados a la cantidad de agua consumida anualmente por el total de industrias.

Empresas Mineras:

En el caso de las empresas mineras se estableció contacto con las tres empresas más grandes (Codelco-División Andina, Catemu y Disputada), ya que las pequeñas no eran ubicables o habían cesado sus faenas.

Empresa de Servicio Sanitario, ESVAL:

ESVAL entregó registros por localidad de la producción de agua potable y de la facturación por ésta y por servicio de alcantarillado. A través de la SISS se obtuvo una estimación de las inversiones realizadas en 1997 y a partir de la Memoria Anual se estimaron los costos asociados a la producción.

Hidroeléctricas:

En la Cuenca del Aconcagua existen cuatro centrales hidroeléctricas, las cuales fueron entrevistadas, dando a conocer los costos de operaciones (los cuales resultaron ser insignificantes) y las inversiones realizadas durante el año 1997.

Administración Pública:

Para la realización de este estudio se centraron los esfuerzos en aquellas instituciones más significativas y que mantienen una participación constante en la gestión del recurso. Se entrevistó a: DGA central, DGA V Región, DOH Regional, CNR (aportó información de la bonificación estatal y el monto del aporte privado en las obras de riego sujetas a la Ley 18.450; además de sus costos operativos dentro del Aconcagua), INDAP (costos totales de los proyectos financiados a través de la Ley 18.450 y los realizados por vía financiamiento directo del Programa de Riego). Además se obtuvo los gastos corrientes del SAG y el Dpto. Programa del Ambiente del Servicio de Salud de la V Región (no hubo inversión). Por último, la oficina de INDAP central entregó información de los montos recibidos en 1997

proveniente de los agricultores del Aconcagua por concepto de pago de préstamos para obras de riego, realizados con anterioridad.

Cabe destacar que los datos que se presentan son, en algunos casos, estimaciones basadas en la información obtenida, pudiendo ser que ocurrieran omisiones; ya que el espíritu del estudio se centró en testear la factibilidad de llevar a cabo las cuentas antes que obtener valores precisos para cada caso.

Esta cuenta se presenta en cinco formatos:

1. **Gastos e ingresos por agente productor.**
2. **Cuenta consolidada para todos los agentes productores tanto de gastos como de ingresos.**
3. **Cuadro agregado de financiación de los servicios de agua.**
4. **Cuadro de balance recursos/empleos consolidada para todos los agentes.**
5. **Cuadro de correspondencia con el modelo de cuentas nacionales.**

La estructura contable se articula a partir de las cuentas de gastos e ingresos de cada agente productor de los servicios funcionales definidos. Esta cuenta da origen a dos tablas, una de ingreso y una de gastos por agente y función. En el Cuadro 18 se muestra, a modo de ejemplo, la Cuenta de Gastos de la Administración Pública.

CUADRO 18
GASTO DEL AGENTE: ADMINISTRACION PUBLICA (millones de pesos)

OPERACIÓN / FUNCION	TOTAL	TOTAL A	A1	A2	A3	TOTAL B	B1	B2	B3	B4
Gasto Corriente	93	91		72	19	2				2
Transferencia corriente										
Gasto en Inversión	1.077	1.077		355	722					
Transferencia de Capital	1.005	1.005		1.005						
TOTAL	2.175	2.173		1.432	741	2				2

A - Gestión Recursos hídricos continentales

- A.1 Captación, depuración y distribución
- A.2 Hidraulica Agrícola
- A.3 Regulación , Defensa y Administración general

B - Protección de la calidad del agua

- B.1 Saneamiento y depuración en la red colectiva pública
- B.2 Saneamiento y depuración de aguas al cauce natural
- B.3 Protección y gestión de la calidad de las aguas
- B.4 Administración general de la calidad de las aguas

En el Cuadro 18 se observa que la Administración Pública durante 1997 gastó 93 millones de pesos en gastos corrientes (remuneración, viáticos y gastos generales de las instituciones que trabajan relacionadas al recurso hídrico). De este monto tan sólo 2 millones de pesos fueron gastados por concepto de administrar la calidad de las aguas en la cuenca del Aconcagua. La mayor parte de los gastos está relacionada con servicios que se prestan al sector agrícola (administración, control y ejecución de la Ley de Fomento al riego). Por otra parte, se invirtieron 1.077 millones de pesos, principalmente en obras de regulación, defensa y administración general (estudios de diseño y factibilidad de nuevas obras:

mantención y operación de la red hidrológica) y en obras de riego (incluye capacitación de regantes). Las transferencias de capital de 1.005 millones de pesos guardan relación con la bonificación entregada a los agricultores a través de la Ley 18.450 y a financiamiento realizado por INDAP a pequeños agricultores a través de su Programa de Riego. La Administración Pública no realiza transferencias corrientes; es decir, no financia gastos corrientes de los otros agentes relacionados al recurso hídrico.

Otro ejemplo es la tabla de gasto del agente: empresa de servicio sanitario; en este caso, ESVAL (ver Cuadro 19).

CUADRO 19
GASTO DEL AGENTE: ESVAL (millones de pesos)

OPERACIÓN / FUNCION	TOTAL	TOTAL A	A1	A2	A3	TOTAL B	B1	B2	B3	B4
Gasto Corriente	17.631	16.749	16.749			882	882			
Transferencia corriente										
Gasto en Inversión	2.584	1.765	1.765			819	819			
Transferencia de Capital										
TOTAL	20.215	18.514	18.514			1.701	1.701			

A - Gestión Recursos hídricos continentales

- A.1 Captación, depuración y distribución
- A.2 Hidraulica Agrícola
- A.3 Regulación , Defensa y Administración general

B - Protección de la calidad del agua

- B.1 Saneamiento y depuración en la red colectiva pública
- B.2 Saneamiento y depuración de aguas al cauce natural
- B.3 Protección y gestión de la calidad de las aguas
- B.4 Administración general de la calidad de las aguas

A partir de las cuentas por agente se obtiene la cuenta agregada de gasto e ingreso al nivel de cuenca. Para calcularla es preciso consolidar las transferencias realizadas entre agentes productores de los servicios de gestión del agua para evitar la duplicación de los flujos de gasto e ingreso. El gasto agregado al nivel de cuenca resulta, entonces, de la suma lineal de todos los capítulos de gasto de cada agente, menos la suma de las transferencias corrientes y de capital realizadas a los otros agentes productores del sistema.

En el Cuadro 20 se presenta el gasto en producción de cada uno de los agentes por tipo de gasto. En él se han considerado sólo los gastos efectuados por los distintos agentes en producción primaria de agua o servicios de agua.

En el Cuadro 21 se presenta el gasto consolidado del sector; es decir, se han restado las transferencias realizadas entre agentes de manera de eliminar la doble contabilidad. Pero, se han mantenido sólo aquellas transferencias recibidas que han sido finalmente utilizadas en la producción y servicios de agua.

CUADRO 20
GASTO POR AGENTE EN PRODUCCION Y SERVICIOS DE AGUA (millones de pesos 1997)

AGENTE	TOTAL GENERAL	TOTAL A	A1	A2	A3	TOTAL B	B1	B2	B3	B4
A. EMPRESA DE SERVICIO SANITARIOS	20,215	18,514	18,514	0	0	1,701	1,701	0	0	0
B. EMPRESA AGRÍCOLA Y GANADERA	3,967	3,967	2,065	1,902	0	0	0	0	0	0
C. INDUSTRIAS	1,413	1,359	1,359	0	0	54	0	54	0	0
D. HIDROELECTRICAS	56	56	56	0	0	0	0	0	0	0
E. MINERÍA	3,379	3,353	2,765	0	588	26	0	26	0	0
F. ADMINISTRACION PUBLICA	2,175	2,173	0	1,432	741	2	0	0	0	2
G. ORGANIZACIONES DE USUARIOS	2,559	2,559	2,559	0	0	0	0	0	0	0

CUADRO 21
GASTO CONSOLIDADO POR AGENTE EN PRODUCCION Y SERVICIOS DE AGUA (millones de pesos 1997)

AGENTE	TOTAL GENERAL	TOTAL A	A1	A2	A3	TOTAL B	B1	B2	B3	B4
A. EMPRESA DE SERVICIO SANITARIOS	20,214	18,514	18,514	0	0	1,701	1,701	0	0	0
B. EMPRESA AGRÍCOLA Y GANADERA	1,766	1,766	0	1,766	0	0	0	0	0	0
C. INDUSTRIAS	1,318	1,264	1,264	0	0	54	0	54	0	0
D. HIDROELECTRICAS	36	36	36	0	0	0	0	0	0	0
E. MINERÍA	3,379	3,353	2,765	0	588	26	0	26	0	0
F. ADMINISTRACION PUBLICA	1,169	1,167	0	427	740	2	0	0	0	2
G. ORGANIZACIONES DE USUARIOS	2,559	2,559	2,559	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	30,441	28,659	25,137	2,193	1,328	1,782	1,701	80	0	2

A – Gestión Recursos hídricos continentales

A.1 – Captación, depuración y distribución

A.2 – Hidráulica agrícola

A.3 – Regulación, defensa de cauces y administración general

B - Protección de la calidad del agua

B.1 - Saneamiento y depuración en la red colectiva de tipo público

B.2 - Saneamiento y depuración de aguas residuales excepto las de la red colectiva de tipo público

B.3 - Protección y gestión de la calidad de las aguas fluviales, lacustres y subterráneas

B.4 - Administración general de la calidad del agua

Por ejemplo, en el caso de la Administración Pública se ha descontado las transferencias de capital de 1.005 millones de pesos que han sido transferidas principalmente a los agricultores (627 millones) y a las organizaciones de usuarios (378 millones), quedando tan sólo 427 millones gastados directamente por la Administración en obras hidráulicas agrícolas (inversiones y gastos corrientes), más 740 millones gastados directamente en la regulación, defensa de cauces y administración general del recurso.

En cambio, los agricultores aparecen, en la tabla de gasto consolidado, con el gasto total realizado por ellos; esto es, los 627 millones que recibieron de la Administración Pública, más su aporte propio en obras de riego de 480 millones y su gasto corriente por concepto de bombeo de agua de pozo por 659 millones, lo que hace un total de 1.766 millones; y se les ha descontado lo que ellos pagan a las organizaciones de usuarios para conducir las aguas hasta sus predios (2.065 millones) y los reembolsos a la administración pública por préstamos anteriores para el financiamiento de obras de riego (136 millones).

De la tabla se puede apreciar que los principales gastos guardan relación con la captación y distribución de las aguas (gastos corrientes e inversiones). En cambio, los gastos realizados para la protección de la calidad del agua son muy inferiores, siendo la empresa de servicios sanitario la principal involucrada.

De acuerdo con la estructura institucional de gestión del agua existe una variedad de **ingresos por gestión** del recurso en función de cada uno de los agentes gestores.

Se identifican los siguientes ingresos de los agentes en la cuenca:

- Empresas de servicios sanitarios: reciben ingresos provenientes de los usuarios por los servicios de abastecimiento y recolección de aguas que éstas prestan.
- Organizaciones de Usuarios: reciben cuotas de los usuarios que las componen.
- Administración Pública: recibe ingresos por devolución de préstamos para la financiación de obras de riego.

Por su parte, el **Ingreso Consolidado** resulta de la suma de los ingresos de cada agente por la venta de bienes y servicios funcionales definidos, menos los ingresos derivados de la venta de bienes y servicios funcionales a otros agentes productores del sistema, en su calidad de productores.

La Cuenta Agregada de Financiación de los servicios de agua se deriva, por su parte, de las tablas de gastos e ingresos de los agentes productores, y clasifica los ingresos de los agentes productores según el origen institucional de los mismos permitiendo derivar la relación financiador/ejecutor del gasto en agua.

Es preciso señalar que la Financiación del gasto en gestión del recurso tiene su origen tanto en los ingresos derivados de la venta de servicios, tal como se ha expuesto anteriormente, como en los recursos detraídos de los fondos o presupuestos propios de los agentes productores. Es decir, tanto las actividades externas de las administraciones públicas como de las empresas productoras de actividades características se financian parcialmente mediante sus propios presupuestos o patrimonio empresarial, cuando los gastos superan los ingresos respectivos. Lo mismo sucede en el caso de las producciones internas de las

familias, y parcialmente en el de las empresas. Como éstas no derivan ingresos de la venta de servicios de agua, los financian con cargo a fondos propios.

CUADRO 22
FINANCIACIÓN DE LOS GASTOS EN PRODUCCION
(millones de pesos de 1997)

AGENTE FINANCIADOR	AGENTE PRODUCTOR							TOTAL GASTADO
	ESVAL	AGR	IND	HIDR	MIN	ADM. PUB.	O.U.	
ESVAL								0
AGRICULTORES		1,139					2,065	3,204
INDUSTRIAS	294		1,318				95	1,707
HIDROELECTRICAS				36			20	56
MINERAS	1,175				3,379			4,554
ADM. PUBLICA		627				1,169	378	2.174
ORGANIZACIONES								0
USUARIOS								
HOGARES, SERVICIOS Y COMERCIO	25,237							25,237

El Cuadro 22 muestra la financiación cruzada entre agentes en la producción y servicios de agua dentro de la cuenca, por columnas se leen los ingresos habidos y por filas los pagos realizados. En ella se puede apreciar que ESVAL se financia en su totalidad por la venta de agua potable y alcantarillado a los hogares principalmente, y también a las empresas mineras e industrias. En cambio, los agricultores se autofinancian en un 64.5% y el resto es aportado por el gobierno o Administración Pública¹⁶. A su vez la Administración Pública financia su propia gestión, a los agricultores y a las organizaciones de usuarios. Por otra parte, las industrias, minería e hidroeléctricas se autofinancian en su totalidad. Las organizaciones de usuarios se financian de los aportes realizados por los agricultores, las industrias, las hidroeléctricas y de los aportes fiscales para las obras de inversión.

Las cuentas de gastos e ingresos de cada agente permiten elaborar, por su parte, otras dos cuentas adicionales. En primer lugar una cuenta de enlace del sistema con el sistema de Contabilidad Nacional, formalizando unas cuentas de producción, y de capital para el sector. En segundo lugar, la cuenta de gastos e ingresos de cada agente es el punto de partida para la elaboración de la tabla de balance recursos/empleos del sector.

8.2 LA CUENTA DE ENLACE CON EL SISTEMA DE CUENTAS NACIONALES

La cuenta de enlace con el Sistema de Cuentas Nacionales (SCN) comporta dos subcuentas: una primera Cuenta agregada de Producción y la Cuenta de Capital, Cuadro 23.

¹⁶ Cabe recordar que la estimación del aporte de los agricultores a las obras de riego se encuentra subestimado, ya que no fue posible determinar los montos invertidos por este agente en forma independiente de la Ley 18.450.

CUADRO 23

EQUIVALENCIAS UTILIZADAS EN LA CUENTA DE ENLACE CON EL SCN

La Cuenta de Producción

RECURSOS:

Producción Total (PT) = Remuneración de Asalariados (RA) + Consumo Intermedio (CI)
+ Excedente Bruto de Explotación al c.f. (EBEcf)

Producción Destinada a la Venta (PDV) = Ingresos por Gestión del Agua

Producción no Destinada a la Venta (PnDV) = PT – PDV

EMPLEOS:

Consumo Intermedio (CI) = Gastos Corrientes + Transferencias Corrientes

Valor Agregado Bruto al costo de los factores (VABcf) = PT - CI

VABcf = RA + EBEcf

RA = Sueldos y Salarios

EBEcf = Imputación de la Depreciación del Capital

La Cuenta de Capital

RECURSOS:

Transferencias de Capital = Transferencias de Capital recibidas

EMPLEOS:

Formación Bruta de Capital Fijo = Gastos en Inversiones Reales

Transferencias de Capital = Transferencias de Capital realizadas

La Tabla muestra como a partir de los datos recogidos en las tablas anteriores es factible establecer una cuenta simplificada de producción siguiendo el modelo de cuentas del SCN.

Es importante tener en cuenta que la adaptación al formato de cuentas nacionales puede ser todo lo flexible que se desee en función de los objetivos perseguidos. En este caso la cuenta recoge la formación de la producción total, del valor agregado y el excedente bruto de explotación de una forma heterodoxa, pero consistente con los conceptos de la contabilidad nacional. En este sentido las igualdades contables que estructuran la cuenta no siendo idénticas a una cuenta de producción y de capital en el sistema de cuentas nacionales son consistentes con cada uno de los conceptos utilizados.

La dificultad de ejecutar esta cuenta radica en poder valorar la producción de cada uno de los agentes; principalmente aquella que no se produce para la venta y como es el caso de los servicios entregados por la Administración Pública y la de los agentes de producción auxiliar o secundaria como es el caso de agricultores, industrias, minería e hidroeléctricas.

En este caso se consideró Producción Total:

- Para la **Empresa Sanitaria**: el valor total de la facturación por concepto de agua potable y servicio de alcantarillado para la producción total de la cuenca.

- Para la **Agricultura**: la cantidad de agua subterránea extraída por los agricultores por el valor promedio estimado del agua en la agricultura $\$18.5/m^3$ (este valor se explica más adelante, en la cuenta valorada de stock).
- Para las **Industrias**: se consideró el valor del agua subterránea extraída por los industriales y valorada a $\$106/m^3$. Este valor fue estimado a partir de la tarifa variable cobrada por ESVAL para el agua potable menos los costos estimados de potabilización y distribución. Este valor es una aproximación al valor que tiene el agua cruda utilizada en otras actividades diferentes a la agricultura en la cuenca del Aconcagua. El agua superficial utilizada por la industria es distribuida por las Organizaciones de Usuarios y por lo tanto, no se considera como parte de la gestión del agua de las industrias.
- Para la **Minería**: Se consideró la cantidad total de agua subterránea extraída por la minería valorada al mismo valor que en el caso de la industria ($\$106/m^3$). Para el caso del agua superficial se consideró el valor del agua utilizada en la sección cordillerana valorada de igual forma, ya que esta se encuentra en una ubicación lejana a las organizaciones de usuarios y por lo tanto, no participan de ellas; en cambio, el agua superficial de las secciones central y costera fue atribuida a las organizaciones de usuarios y no se consideraron dentro de la producción de la Minería.
- Para las **Hidroeléctricas**, las cuales hacen un uso no consuntivo del recurso se consideró el gasto corriente real (sin considerar las transferencias realizadas) más un gasto por depreciación de activos, el cual fue estimado como un 9% del gasto corriente.
- Para las **Organizaciones de Usuarios**, se consideró la cantidad de m^3 administrados y distribuidos por éstas por el valor del agua en la agricultura $\$18,5/m^3$ (la cual es la principal usuaria).

Para el cálculo del resto de la tabla se utilizaron las siguientes equivalencias:

- ◇ Producción Total = Consumo Intermedio + Valor Agregado Bruto al C.F.
- ◇ Consumo Intermedio = Gasto Corriente (efectivo, no considera depreciación)
- ◇ Valor Agregado Bruto al C.F. = Rem. Asalariados + Exc. Bruto Explot. al C.F

CUADRO 24
CUENTA CONSOLIDADA DEL SECTOR AGUA EN TERMINOS DE
CONTABILIDAD NACIONAL
(en millones de pesos de 1997)

	EMP. SANIT.	EMP. AGRIC.	INDUST.	ENERG.	MINER.	ORG. USUAR.	ADM. PUBL.	SECTOR
CUENTA DE PRODUCCION								
ENTRADAS	26,705	1,086	5,832	39	2,080	5,806	101	41,648
PRODUCCION TOTAL	26,705	1,086	5,832	39	2,080	5,806	101	41,648
VENTAS	26,705	0	0	0	0	0	0	26,705
PROD. NO DESTINADA A LA VENTA	0	1,086	5,832	39	2,080	5,806	101	14,943
SALIDAS	26,705	1,086	5,832	39	2,080	5,806	101	41,648
CONSUMO INTERMEDIO	11,460	659	821	36	389	260	18	13,643
VALOR AGREGADO BRUTO C.F.	15,245	427	5,011	3	1,690	5,546	82	28,005
REMUNERACION ASALARIADOS	6,171	e	e	e	90	579	74	6,913
EXCEDENTE BRUTO DE EXPLOTACION	9,074	427	5,011	3	1,600	4,967	8	21,091
CUENTA DE CAPITAL								
ENTRADAS	5,019	1,107	497	0	2,899	1,719	2,082	13,324
TRANSFERENCIAS DE K RECIBIDAS	0	627	0	0	0	378	0	1,005
RECURSOS PROPIOS	5,019	480	497	0	2,899	1,341	2,082	12,318
SALIDAS	5,019	1,107	497	0	2,899	1,719	2,082	13,324
FORMACION BRUTA DE CAPITAL	2,584	1,107	497	0	2,899	1,719	1,077	9,884
TRANSF. DE CAPITAL REALIZADAS	2,435	0	0	0	0	0	1,005	3,440

e = despreciable

Se puede observar el valor de la producción permite obtener excedentes brutos a la explotación positivos. A modo de ejemplo se analiza el caso de la agricultura e industria. Ambas utilizan agua subterránea (58,7 millones de m³ en el caso de la agricultura y 55,0 millones de m³ en la industria), la cual al ser utilizada en la agricultura tiene un valor total de 1.086 millones de pesos; y en la industria, de 5.832 millones de pesos. En ambos casos esta producción de agua no se destina a la venta sino a ser utilizada en los procesos productivos (producción agrícola y producción industrial respectivamente). Los costos asociados a esta producción de agua están relacionado únicamente con el costo de bombeo (659 millones de pesos para la agricultura y 821 millones de pesos para la industria); en este caso, prácticamente no se requiere de personal para esta labor por lo cual el gasto en remuneración resulta despreciable. Esto hace que en ambos casos exista un excedente bruto de explotación (valor de la producción de agua menos el costo total en producir agua) siendo mayor en el caso de la industria, puesto que tiene un valor asociado a su producción más alto.

También se aprecia que el sector está capitalizando principalmente con recursos propios.

8.3 LA CUENTA DE BALANCE RECURSOS EMPLEOS

A diferencia de la cuenta de enlace con el sistema de Cuentas Nacionales, la cuenta de balance de recursos/empleos (Cuadro 25) incorpora un balance de todos los flujos monetarios asociados a la gestión del agua, con independencia de la formación del valor agregado, la renta y de formación de capital que son los criterios que importan a las cuentas nacionales.

Todos los datos básicos de la cuenta de recursos /empleos están contenidos en las cuentas de gastos e ingresos por agentes, correspondiendo a esta cuenta una agregación distinta de tales flujos.

La cuenta de recursos se compone de tres agregados. Por una parte, están los **ingresos por venta de servicios de agua**. Estos ingresos deben consolidarse para el sector, lo que significa restar de los ingresos totales aquellas transferencias de ingresos realizadas entre agentes en su calidad de productores. Por otra parte, la cuenta de recursos se compone de un segundo capítulo, que son **otros ingresos**, que no se originan en la venta de servicios, como son las subvenciones. Finalmente el capítulo de **recursos propios** es un saldo contable derivado de la diferencia entre empleos totales e ingresos tanto por venta como otros ingresos. Este saldo ha de cubrirse con recursos propios.

La cuenta de empleo se compone de dos tipos de cuentas: las de **gastos**, tanto corrientes como de capital, y la de **transferencias** otorgadas, igualmente corrientes y de capital.

Si bien en la cuenta de cada agente las transferencias otorgadas no aparecen eliminadas en relación con las recibidas, en la cuenta agregada del sector debe ser así, reflejándose en ella exclusivamente las transferencias corrientes y de capital realizadas a agentes no productores de funciones de gestión del agua.

La ecuación de balance básica en la tabla de recursos empleos para cada agente es la siguiente:

$$\text{Saldo} = \text{Ingresos por venta de servicios de agua} - \text{Total empleos}$$

$$\text{Recursos propios} = \text{Ingresos por venta de servicios de agua} + \text{Otros recursos} - \text{Total empleos}$$

CUADRO 25
BALANCE DE RECURSOS/EMPLEOS DEL SECTOR AGUA
(millones de pesos de 1997)

	EMP. SANIT.	EMP. AGRIC.	INDUSTRIA	ENERGIA	MINERIA	ORG. USUAR.	ADM. PUBLICA	SECTOR
RECURSOS								
INGRESOS VTA. SERV. DE AGUA	26,705					2,180		28,885
RECURSOS PROPIOS	0	1,275	1,318	36	3,379		2,175	8,067
OTROS RECURSOS	0	627				378		1,005
TOTAL RECURSO	26,705	1,902	1,318	36	3,379	2,559	2,175	38,074
EMPLEOS								
GASTOS CORRIENTES	17,631	659	821	36	479	839	93	20,557
GASTOS DE CAPITAL	2,584	1,107	497		2,899	1,719	1,077	9,884
TRANSF. CORRIENTES								
TRANSF. DE CAPITAL	2,435	136					1,005	3,576
SALDO	4,056							4,056
TOTAL EMPLEOS	26,706	1.902	1,318	36	3,379	2,559	2,175	38,074

En la Tabla de Balance de Recursos y Empleos se puede apreciar que salvo la empresa de servicios sanitarios (quién recibió ingresos por venta del servicio de agua potable y alcantarillado, por 26.705 millones) y las organizaciones de usuarios (quienes reciben de parte de sus asociados el pago de una cuota por cada derecho administrado, de 2.180 millones), el resto de los agentes utilizan sus propios recursos para financiar los gastos corrientes y de capital y realizar transferencia relacionadas al aprovechamiento del agua. Sin embargo, también se puede observar que tanto los agricultores como las organizaciones de usuarios recibieron otros recursos (en este caso subsidio a las obras de riego) por 627 y 378 millones respectivamente.

Estos recursos son empleados mayormente en gastos corrientes; y en segundo lugar, en gasto de capital. El resto de los recursos es empleado en las transferencias de capital que se producen entre agentes, lo cual ha sido explicado anteriormente. La transferencia por 2.435 millones de pesos de la empresa sanitaria, corresponde al pago de dividendos de las acciones del fisco. Sólo en el caso de la empresa sanitaria los recursos percibidos superan a los empleos realizados; por lo tanto, existe un saldo positivo, el cual fue de 4.056 millones para el año en estudio.

8.4 LA CUENTA VALORADA DEL STOCK DE AGUA

Esta cuenta se presenta en el formato de una cuenta de balance patrimonial que incorpora tanto datos físicos como monetarios para el conjunto de sistemas de agua capaces de acumular el recurso. La cuenta valorada del stock de agua utiliza las nomenclaturas de las cuentas físicas así como determinadas clasificaciones convencionales de una cuenta de balance.

La cuenta física del recurso realiza una valoración estrictamente física de la variación de los stocks en un período contable en cada uno de los subsistemas del sistema de recursos. De esta forma se cuenta con una información pormenorizada de las ganancias o pérdidas físicas del recurso y del patrimonio.

Las ganancias o pérdidas monetarias no se pueden derivar directamente de tales cálculos; para ello, es necesario conocer el valor total del recurso.

Una de las dificultades de esta cuenta radica en asignar un valor económico al recurso agua. La viabilidad de esta cuenta depende básicamente del contenido económico de tales valores y de su grado de generalidad como para poder aplicarlos al conjunto del recurso, y no sólo a aquella parte que ha sido valorada. Los resultados obtenidos deben, por lo tanto, ser considerados a la luz de la metodología utilizada para determinar el valor del agua.

Esta cuenta está compuesta de dos subcuentas, la del stock valorado en el sistema del recurso, y la del stock valorado en el sistema de utilización. En principio se realizó únicamente la primera de las dos cuentas dada la menor importancia de las reservas al interior del sistema de utilización, si se tiene en cuenta que la regulación *in situ* forma parte del sistema del recurso.

Estimación del valor del agua almacenada como Glaciares y Nieve:

El valor del agua estimado correspondió al valor medio de un m³ utilizado en la agricultura de la cuenca. Es decir, es el valor promedio de la pérdida productiva en el sector agrícola por no contar con un m³ de agua adicional. El valor estimado fue de 18.5 \$/m³

En el caso de los glaciares y nieves, esta reserva de agua no está disponible para ser usada de inmediato, ya que su derretimiento y transformación en agua disponible requiere de tiempo. Además, en este proceso parte se pierde por evaporación e infiltración antes de llegar a la cabecera de los ríos. Por lo tanto, el stock expresado en m³ fue castigado por un factor de 0.00204 el cual considera el porcentaje de derretimiento anual y las pérdidas ocurridas hasta la cabecera de la cuenca, traído a valor presente a una tasa de descuento relevante (12%) y valorado a 18.5 pesos¹⁷.

Estimación del valor agua almacenada en los acuíferos:

Para estimar el valor del agua contenida en los acuíferos presentes en la cuenca se consideró el valor del agua en la superficie utilizada en la agricultura, ya que este es el uso mayoritario, la profundidad a la que se encuentra el agua en los acuíferos y el costo bombeo asociado a cada rango de profundidad¹⁸.

A continuación se presenta la Cuenta Valorada del Stock en “Nieves y Glaciares” y luego Cuenta Valorada del Stock en “Acuíferos”, para la cuenca del Aconcagua.

¹⁷ Los valores utilizados corresponden al estudio de Rivera y Acuña (1997), mencionado en las cuentas en cantidad

¹⁸ Basado en la información contenida en los estudios de DGR, INGENDESA y AC Ing. Cons. (1997) y CNR, DGR y EDIC (1994) se estimó la cantidad de agua existente en cada rango de profundidad. Para la estimación del costo de bombeo relacionado a cada rango de profundidad se utilizó el estudio de SISS e INECON (1995).

CUADRO 26
CUENTA VALORADA DEL STOCK EN NIEVES Y GLACIARES

NIEVES Y GLACIARES	FLUJO FISICO	UNIDADES FISICAS (MMm3)	VALOR TOTAL (MM\$)
STOCK DE APERTURA		5,968.7	225.26
ENTRADAS			
Flujos exteriores	Precipitación (F111)	323.6	
	Afluencias exteriores naturales (F112)	0.0	
	Afluencias exteriores desde un sistema de uso (F132)	0.0	
Transferencias internas espontáneas (entradas)	Superficiales (F231)	0.0	
	Subterráneas (F232)	0.0	
Aportaciones antrópicas	Retornos (F31)	0.0	
	Regadío (F32)	0.0	
	Por Obras (F33)	0.0	
Descubrimientos		0.0	
SALIDAS			
Flujos exteriores	Salidas naturales (F121)	0.0	
	Evapotranspiración (F221)	123.1	
Transferencias internas espontáneas (salidas)	Superficiales (F231)	201.7	
	Subterráneas (F232)	0.0	
Extracciones primarias	(F411)	0.0	
CAMBIO NETO			
Cambios de Volumen	Ajuste por cambio de volumen	1.2	
	Pérdidas por catástrofe	0.0	
	Pérdidas por origen técnico-económico	0.0	
	Otros	0.0	
Revalorización por cambios del mercado			
STOCK DE CIERRE		5,967.5	225.21

CUADRO 27
CUENTA VALORADA DEL STOCK EN ACUIFEROS

AGUA SUBTERRANEA	FLUJO FISICO	UNIDADES FISICAS (MMm3)	VALOR TOTAL (MM\$)
STOCK DE APERTURA		1,132.9	22,214
ENTRADAS			
Flujos exteriores	Precipitación (F111)	0.0	
	Afluencias exteriores naturales (F112)	0.0	
	Afluencias exteriores desde un sistema de uso (F132)	0.0	
Transferencias internas espontáneas (entradas)	Superficiales (F231)	540.7	
	Subterráneas (F232)	0.0	
Aportaciones antrópicas	Retornos (F31)	0.0	
	Regadío (F32)	102.5	
	Por Obras (F33)	0.0	
Descubrimientos		0.0	
SALIDAS			
Flujos exteriores	Salidas naturales (F121)	45.9	
	Evapotranspiración (F221)	0.0	
Transferencias internas espontáneas (salidas)	Superficiales (F231)	384.0	
	Subterráneas (F232)	0.0	
Extracciones primarias	(F411)	213.3	
CAMBIO NETO			
Cambios de Volumen	Ajuste por cambio de volumen	0.0	
	Pérdidas por catástrofe	0.0	
	Pérdidas por origen técnico-económico	0.0	
	Otros	0.0	
Revalorización por cambios del mercado			
STOCK DE CIERRE		1,132.9	22,214

Como se observa, se intenta, tanto en las entradas como en las salidas, distinguir el origen natural o antrópico de las mismas. Por otra parte, se han considerado entradas que pueden originarse por descubrimiento, es decir no asociadas a flujos reales, sino caracterizadas por stocks que se incorporan durante el período al patrimonio.

Luego el ítem “Cambios de volumen” pretende incorporar ganancias y pérdidas originadas por eventos ajenos a la gestión normal del recurso, pérdidas por catástrofes, o bien de otro origen, debido a ajustes contables (métodos de estimación) y o de carácter técnico, o bien de origen desconocido, entre otros.

Como en toda cuenta de stock se contempla variaciones debidas a cambios en los precios de mercados que pueden producir revalorizaciones de recurso.

En términos estrictos estas cuentas de stocks deben ser complementadas con una cuenta de stocks de agua al interior del sistema de usos para poder realizar un balance completo. Ya se mencionó que no se incorporará a este ejercicio de la cuenca del río Aconcagua debido al poco peso que tiene este tipo de stocks en esta cuenca.

8.5 LA CUENTA DE DERECHOS DE APROVECHAMIENTO DE AGUA CONCEDIDOS

Esta cuenta se presenta en un formato de cuenta de balance patrimonial que incorpora las variaciones en los montos totales de los derechos concedidos según tipo de derecho. La cuenta requiere de una clasificación muy simplificada del tipo de derechos que se ajusta a los definidos en el marco institucional que regula las concesiones.

De la misma forma, y con independencia de la cuenta anterior, aunque esta constituya un soporte ineludible de aquella, se llevará a cabo una cuenta de Derechos de Aprovechamiento de Agua Concedidos.

Esta cuenta debe entenderse como una cuenta patrimonial. Es decir, que refleja las variaciones del stock patrimonial definido como derechos de agua, caracterizado en términos tanto cuantitativos como cualitativo; es decir, por su tipología. En el período contable deben quedar registradas las entradas (nuevos derechos concedidos), salidas (derechos retirados), así como, las transacciones realizadas y los cambios de usos acaecidos.

La unidad de cuenta a utilizar es la unidad de derechos de aprovechamiento por tipo. La posibilidad de expresar los derechos de aprovechamiento de agua en términos de volúmenes de agua no resulta abordable en las actuales condiciones del estado de la información concesional.¹⁹

Por otra parte, el valor monetario reflejado en las actas de los Conservador de Bienes Raíces no da cuenta del valor real de las mismas, por lo que resultan engañosas. No obstante, se reflejarán en la cuenta cuando esto sea factible, en las unidades monetarias correspondientes.

Información para la cuenta de Variación de Derechos de Aprovechamiento concedidos:

Para esta cuenta se utilizó información del Sistema Catastro Público de Aguas (CPA); cabe mencionar que el CPA sólo contiene los derechos de aprovechamiento constituidos y no lleva registro de los derechos de aprovechamiento consuetudinarios (reconocidos). Sin embargo, como en la actualidad todos los nuevos derechos deben ser inscritos y estos si

¹⁹ Los derechos de aprovechamiento de agua expresan la disponibilidad del recurso a que dan lugar de forma no homogénea, incluso dentro de un mismo tipo de derecho. Algunos se expresan en metros cúbicos/año, otros en porcentajes del flujo anual del río, otro en porcentaje de embalse, otros como proporción de un flujo que es una excedencia estimada con un nivel de garantía, etcétera. Todo ello da lugar a que los derechos no sean unidades comparables en términos volumétricos. Toda conversión resulta compleja, e imposible de realizar con el actual nivel de información disponible.

quedan registrados en el CPA, la cuenta patrimonial da una visión acertada del componente dinámico de la cuenta.

En el Cuadro 28 se presenta la Cuenta de Variación de Derechos de Aprovechamiento de Agua Concedidos. Esta cuenta fue ajustada a la disponibilidad de información existente. En ella se muestra el stock de apertura de derechos de aprovechamiento que han sido concedidos exclusivamente, en términos de caudal total. Es decir, es una subestimación de los derechos de aprovechamiento totales existentes, ya que no considera los derechos consuetudinarios.

CUADRO 28
CUENTA DE VARIACION DE LOS DERECHOS DE APROVECHAMIENTO CONCEDIDOS

DERECHOS CONSTITUIDOS

Fuente	Subterráneos consuntivo permanente continuo		Superficial consuntivo permanente continuo		Superficial consuntivo permanente discontinuo	Superficial consuntivo permanente alternado	Superficial consuntivo eventual continuo	Superficial consuntivo eventual discontinuo	Superficial consuntivo s/especificar s/especificar		Superficial no consunt. permanente continuo	Superficial no consunt. eventual continuo	Superficial no consunt. s/especific. s/especific.	Superf. s/especific. s/especific.
Uso	L/s	M3/ha/año	L/s	M3/ha/año	M3/ha/año	L/s	L/s	L/s	L/s	M3/ha/año	L/s	L/s	L/s	L/s
medicion caudal	6.280	506.720	167.322	212.300	27.800	70	24.302	707	1.951	270.600	184.510	32.280	162.878	5.712
STOCK AL 31/12/96														
concesiones 1997	728		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
caducaciones 1997	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
STOCK AL 31/12/97	7.008	506.720	167.322	212.300	27.800	70	24.302	707	1.951	270.600	184.510	32.280	162.878	5.712
TRANSACCIONES														
compra/venta	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i
arriendo	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i

Fuente: elaboración propia en base a los registros contenidos en el Sistema Catastro Publico de Aguas

9. INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD ASOCIADOS A LAS CUENTAS DEL AGUA

En este capítulo, se desarrolla una propuesta de indicadores de sustentabilidad asociados a las cuentas del agua. Se propone un modelo que, además de facilitar la interpretación de los indicadores, sirve como criterio de selección de éstos.

9.1 MODELO DE SISTEMA DE INDICADORES ASOCIADOS A LAS CUENTAS DEL AGUA.

De forma más o menos automática, las diversas cuentas singulares que componen el entramado de cuentas del agua producen una serie de datos o agregados que son útiles para el seguimiento de tendencias que pueden resultar de interés para la política del agua, de tal manera que la elección de uno u otro indicador dependerá de las prioridades de política que existan en cada momento.

En caso de que se establezca la sustentabilidad como objetivo, los indicadores deben permitir un seguimiento del estado del recurso desde el punto de vista de su utilización sostenible. En este contexto, se entiende por gestión sostenible de los recursos aquella que les permite seguir ejerciendo sus funciones.

Por tanto, la primera tarea a abordar es la de definir las funciones del recurso agua. Preliminarmente, se pueden considerar las siguientes:

CUADRO 29 FUNCIONES DEL RECURSO AGUA

1. Función Productiva. Tienen lugar cuando el recurso forma parte de la función de producción de un agente económico, como consumo intermedio, en forma de materia prima o auxiliar, o para el transporte.
2. Función Socio-económica. Aparece cuando el recurso es utilizado para satisfacer el consumo final, tanto público como privado, asociado al abastecimiento y en general a la higiene y salud pública.
3. Función Sociocultural-ambiental. Tiene lugar cuando el recurso es utilizado de forma más o menos colectiva para usos finales no consuntivos de carácter recreativo, paisajístico y/o cultural.
4. Función Ecológica. Esta función aparece cuando el recurso es soporte para el pleno desarrollo del medio biótico y abiótico.

Estas cuatro funciones básicas implican dos tipos distintos de utilización del agua: *ex situ* e *in situ*. El uso *ex situ* se materializa básicamente en extracciones con determinadas calidades, apropiadas para los usos. La utilización *in situ* se puede subdividir en dos grandes tipos de usos: utilización *in situ per se* y descargas. La utilización *in situ per se*

requiere determinados niveles de calidad. De esta nueva categorización se obtiene la siguiente tabla de interrelaciones:

CUADRO 30
RELACIONES ENTRE FUNCIONES Y TIPOS DE USOS

Función/Uso	EXTRACCIONES	DESCARGAS	USOS IN SITU
PRODUCTIVA	X	X	X (*)
SOCIO-ECONÓMICA	X	X	
SOCIO-AMBIENTAL			X
ECOLÓGICA			X

(*) Uso para transporte

Cada cruce permite a continuación profundizar en las dinámicas relevantes con objeto de asegurar el desempeño de cada función. Así, por ejemplo, que la función socio-ambiental se pueda desarrollar apropiadamente supondrá asegurar que los usos *in situ* puedan tener lugar normalmente. A su vez, para que los usos *in situ* puedan producirse será preciso documentar adecuadamente la disponibilidad *in situ* y la calidad del agua, consideradas como las dinámicas relevantes en este caso.

Se entiende por dinámicas aquellos aspectos que es preciso documentar con objeto de asegurar que las funciones del agua se puedan realizar apropiadamente.

CUADRO 31
DINÁMICAS RELEVANTES SEGÚN FUNCIONES Y TIPOS DE USOS

Función/Uso	EXTRACCIONES	DESCARGAS	USO IN SITU
PRODUCTIVA	Disponibilidad <i>ex situ</i> Eficiencia técnica en el uso Eficiencia económica Calidad	Disponibilidad <i>in situ</i>	Disponibilidad <i>in situ</i>
SOCIO-ECONÓMICA	Disponibilidad <i>ex situ</i> Eficiencia técnica en el uso Eficiencia económica Calidad	Disponibilidad <i>in situ</i>	
SOCIO-AMBIENTAL			Calidad Disponibilidad <i>in situ</i>
ECOLÓGICA			Calidad Disponibilidad <i>in situ</i>

A partir de los cruces establecidos entre las funciones y los usos es factible delimitar un conjunto de dinámicas que orientarán la definición de los indicadores pertinentes. Según la tabla anterior, estas dinámicas son:

1. Disponibilidad *ex situ*

Hace referencia a la disponibilidad del recurso para su utilización ajena a los cuerpos de agua, naturales o antrópicos. La disponibilidad *ex situ* constituye la base para la satisfacción de muchas de las demandas de agua.

2. Eficiencia técnica en el uso

Se entiende por ésta el grado de eficiencia física en la utilización técnica del recurso, es decir, la relación entre el agua utilizada o consumida y el producto o beneficio producido. La eficiencia técnica en el uso condiciona el nivel de disponibilidad.

3. Eficiencia económica

Hace referencia al grado de optimización "económica" en la asignación del recurso. Sólo a través de un complejo estudio del bienestar es factible realizar un análisis detallado de esta variable. No obstante, el estudio de las tarifas, los equilibrios presupuestarios y el funcionamiento de los mercados de agua proveen una señal indirecta de la tendencia en la eficiencia de la asignación.

4. Calidad

Esta dinámica hace referencia a los niveles de calidad del agua requeridos para asegurar la realización de las funciones del recurso.

5. Disponibilidad *in situ*

Hace referencia a los flujos de agua en la red hidrográfica necesarios para que las funciones que se realizan *in situ* puedan tener lugar.

Para describir o seguir cada dinámica se propone dar un siguiente paso consistente en definir un conjunto de atributos que dan cuenta íntegramente de cada dinámica.

El concepto de atributo nos acerca al de indicador, pues viene a delimitar aquel aspecto específico que es preciso describir a través de un indicador en cada uno de los cruces entre dinámicas y funciones. De hecho, muchos atributos pueden ser entendidos directamente como indicadores.

Ahora bien, el seguimiento de tendencias o dinámicas en el marco de indicadores ambientales requiere una cierta sofisticación, que sugiere observar la dinámica desde al menos tres puntos de vista:

- a) Presiones ejercidas, entendidas como flujos que afectan negativamente al comportamiento de la tendencia.
- b) Estado, que mide la situación de la dinámica en cuestión.
- c) Respuesta, que recoge la actitud proactiva de la sociedad para mejorar la situación.

La interrelación entre los conceptos presentados anteriormente nos lleva al esquema presentado en el Cuadro 32.

CUADRO 32
ATRIBUTOS SEGÚN DINAMICAS Y FUNCIONES DEL AGUA

FUNCIONES	TIPO INDICADOR	TEMAS				
		DISPONIBILIDAD EX SITU	EFICIENCIA TÉCNICA	EFICIENCIA ECONÓMICA	DISPONIBILIDAD IN SITU	CALIDAD
Productiva	Presión	Intensidad de extracciones de	Intensidad de las pérdidas Precio de los servicios de agua	Autofinanciación del gasto	Intensidad de extracción	Vertidos Contaminación difusa
	Estado	Disponibilidad	Intensidad de consumo Intensidad de uso del agua	Transacciones derechos agua	Flujo natural disponible	Índice de calidad según usos
	Respuesta	Grado de regulación	Inversión en mejora de la eficiencia técnica			Grado de tratamiento Uso fertilizantes y pesticidas
Socio-económica	Presión	Intensidad de extracciones de	Intensidad de las pérdidas Precio del agua	Tasa subvención gasto	Intensidad de extracción	Vertidos Contaminación difusa
	Estado	Disponibilidad	Intensidad consumo Intensidad de uso del agua	Transacciones derechos agua	Flujo natural disponible	Índice de calidad según usos
	Respuesta	Grado de regulación	Inversión en mejora de la eficiencia técnica			Grado de tratamiento Uso fertilizantes y pesticidas
Sociocultural-ambiental	Presión				Intensidad de extracción	
	Estado				Flujo natural disponible	Índice de calidad según usos
	Respuesta					Grado de tratamiento Uso fertilizantes y pesticidas
Ecológica	Presión				Intensidad de extracción	
	Estado				Flujo natural disponible	Índice de calidad según usos
	Respuesta					Grado de tratamiento Uso fertilizantes y pesticidas

 Atributos que son objeto de las Cuentas del Agua

Puede resultar necesario aclarar el significado de los siguientes atributos:

- Precio de los servicios de agua. Este atributo hace referencia a la influencia del precio de los servicios del agua sobre el comportamiento de los consumidores. Bajos niveles de precio, que no se correspondan con los costos reales de provisión de los diversos servicios, favorecen un comportamiento ineficiente en el uso del recurso.
- Intensidad de consumo. La intensidad en el consumo mide el grado de evapotranspiración de agua en la utilización final del recurso en función del total extraído. Refleja la estructura diferencial de consumo entre los distintos agentes utilizadores finales que en buena medida se deriva de las tecnologías de utilización en uso.
- Intensidad del uso del agua. Este atributo pretende reflejar el grado de eficiencia técnica en la utilización del recurso a través del seguimiento de la relación entre volúmenes de agua utilizada y cantidad de producto producido. A diferencia del atributo anterior, éste mide la eficiencia de utilización del agua total extraída, y no la del agua consumida en forma de evapotranspiración.
- Autofinanciación del gasto. El grado de subsidio aplicado a la provisión del recurso, así como al resto de servicios del agua, constituye un reflejo del nivel de eficiencia económica en la asignación del recurso.
- Transacciones de derechos de agua. Este atributo pretende recoger el nivel de funcionamiento del mercado de agua como mecanismo eficiente de asignación del recurso.

Se cuenta ya en este paso con un listado de atributos que es preciso describir mediante indicadores, para realizar el seguimiento del cumplimiento del conjunto de dinámicas que determinan en última instancia que las funciones del agua se puedan realizar de forma sostenida. Algunos de estos atributos (sombreados en la tabla anterior) se pueden estudiar mediante la información contenida en las cuentas del agua mientras que otros, como los vertidos y la contaminación difusa, no son objeto de las cuentas en su formato actual para la cuenca del Aconcagua.

9.2 INDICADORES DERIVADOS DE LAS CUENTAS DEL AGUA

La última fase en este proceso de definición de la matriz de indicadores es identificar aquellos indicadores específicos que permiten describir cada uno de los atributos señalados.

A continuación, en el Cuadro 33 se presenta un grupo de indicadores que se extraen de las cuentas del agua. Dichos indicadores se encuentran enmarcados en el modelo expuesto en el punto anterior de este capítulo, y constituyen una selección de los considerados más importantes entre el gran conjunto de indicadores que es posible extraer de las cuentas.

El Cuadro 33 se debe leer del siguiente modo. Por ejemplo, según la tabla anterior (Cuadro 32), el atributo que mejor describe la dinámica "disponibilidad ex situ" para la función productiva del agua y en términos de "estado" es el de Disponibilidad. Los indicadores que describen ese atributo y que se desprenden de las propias cuentas del agua son tres: la disponibilidad natural neta, la disponibilidad total y el flujo de agua excedente.

CUADRO 33
INDICADORES DERIVADOS DE LAS CUENTAS DEL AGUA

FUNCIONES	TIPO DE INDICADOR	TEMAS				
		DISPONIBILIDAD EX SITU	EFICIENCIA TÉCNICA	EFICIENCIA ECONÓMICA	DISPONIBILIDAD IN SITU	CALIDAD
Productiva	Presión	* Intensidad del uso agua	* Pérdidas del sistema de utilización * Tasa de autofinanciación del gasto	* Tasa de autofinanciación del gasto * Valor agregado del sector del agua	* Intensidad del uso del agua * Grado de regulación	
	Estado	* Disponibilidad natural neta * Disponibilidad total * Flujo de agua excedente	* Intensidad del consumo de agua	* Transacciones de derechos de agua	* Flujo de agua excedente	* Índice de calidad según usos
	Respuesta	* Grado de regulación * Inversión en regulación				* Gasto en saneamiento y depuración sobre gasto en gestión de los recursos hídricos
Socio-económica	Presión	* Intensidad del uso del agua	* Pérdidas del sistema de utilización * Tasa de autofinanciación del gasto	* Tasa de autofinanciación del gasto * Valor agregado del sector del agua	* Intensidad del uso del agua * Grado de regulación	
	Estado	* Disponibilidad natural neta * Disponibilidad total * Flujo de agua excedente	* Intensidad del consumo de agua	* Transacciones de derechos de agua	* Flujo de agua excedente	* Índice de calidad según usos
	Respuesta	* Grado de regulación * Inversión en regulación				* Gasto en saneamiento y depuración sobre gasto en gestión de los recursos hídricos
Sociocultural-ambiental	Presión				* Intensidad del uso del agua * Grado de regulación	
	Estado				* Flujo de agua excedente	* Índice de calidad según usos
	Respuesta					* Gasto en saneamiento y depuración sobre gasto en gestión de los recursos hídricos
Ecológica	Presión				* Intensidad del uso del agua * Grado de regulación	
	Estado				* Flujo de agua excedente	* Índice de calidad según usos
	Respuesta					* Gasto en saneamiento y depuración sobre gasto en gestión de los recursos hídricos

9.3 FICHAS DESCRIPTIVAS Y CÁLCULO DE LOS INDICADORES DERIVADOS DE LAS CUENTAS DEL AGUA

Seguidamente, se presenta una ficha descriptiva de cada uno de los trece indicadores seleccionados, junto con el cálculo de cada uno de ellos (exceptuando el del indicador Transacciones de Derechos de Agua).

Función del recurso	Productiva / Socio-económica	Tipo de uso	Extracciones / Descargas / Usos in situ			
Tema	Disponibilidad ex situ	Tipo de indicador	Estado			
Indicador:	DISPONIBILIDAD NATURAL NETA					
Definición:	Cantidad de agua neta disponible en el medio natural, en un año determinado o en el año hidrológico medio. El indicador se expresa en m ³ .					
Utilidad:	Es útil para la caracterización del sistema natural. La disponibilidad natural neta refleja la cantidad de agua total disponible para los diversos usos y funciones del agua en el sistema en el periodo considerado. Es la variable que mejor define las restricciones hídricas del sistema. La disponibilidad natural neta per capita y por km ² permite hacer comparaciones interterritoriales del indicador.					
Modo de Cálculo:	El indicador se obtiene de la tabla de origen del agua de las cuentas en cantidad, sumando la precipitación total y las afluencias del exterior, restando la evapotranspiración y sumando/restando la variación de stock de reservorios de agua no explotados (nieves y glaciares y acuíferos no accesibles), que se extrae de la tabla de agua almacenada y su variación, de la columna de acumulación neta. Se puede calcular para un año determinado o para el año hidrológico medio según el criterio de elaboración de las cuentas del agua. Disponibilidad Natural Neta (DNN ²⁰) = F111+ F112 + F132 + (F321 * tasa de consumo en la agricultura) - F221 ± (acumulación neta en E42 y E412)					
CALCULO DEL INDICADOR						
		AÑO				
		92/93	93/94	94/95	95/96	96/97
Disponibilidad Natural Neta (*) (millones de m³)		2580,9	1733,0	1288,0	911,5	662,2

(*) La tasa de consumo en la agricultura considerada es 0,8

²⁰ La definición de la nomenclatura utilizada para describir los diversos flujos del recurso se encuentra detallado en el Anexo (página 108).

Función del recurso	Productiva / Socio-económica	Tipo de uso	Extracciones / Descargas / Usos in situ				
Tema	Disponibilidad ex situ	Tipo de indicador	Estado				
Indicador:	DISPONIBILIDAD TOTAL						
Definición:	Cantidad total de agua disponible en un año determinado o en el año hidrológico medio. El indicador se expresa en m ³ .						
Utilidad:	La disponibilidad total añade al indicador de disponibilidad natural neta (DNN) los recursos que son retornados desde el sistema de uso al sistema del recurso y que pueden ser reutilizados. La disponibilidad total, por tanto, tiene en cuenta el hecho de que el recurso al ser utilizado no queda del todo inhabilitado para una segunda utilización, al menos en términos de cantidad. Esto incrementa evidentemente la disponibilidad teórica que miden los dos indicadores mencionados.						
Modo de Cálculo:	<p>El indicador se obtiene de la tabla de origen del agua de las cuentas en cantidad, sumando la precipitación total, las afluencias del exterior, los flujos de retorno y descarga y restando la evapotranspiración. Se puede calcular para un año determinado o para el año hidrológico medio según el criterio de elaboración de las cuentas del agua.</p> <p>Disponibilidad Total (DT) = Disponibilidad Natural Neta (DNN) + F311 + F312 + (1 - tasa de consumo en la agricultura) * F32 = DNN + retornos y descargas</p> <p>O bien: DT = Disponibilidad Global Anual - F221</p> <p>La Disponibilidad Total está en la práctica en función del grado de utilización y del coeficiente medio de retorno. La disponibilidad total teórica se podría estimar entonces como la sumatoria de la multiplicación de la DNN por la razón de retorno elevado a uno menos n períodos, cuando n tiende al infinito. (DNN / 1 - r), siendo r la tasa de retorno.</p>						
CALCULO DEL INDICADOR							
			AÑO				
			92/93	93/94	94/95	95/96	96/97
Disponibilidad Total (*) (millones de m³)			4052,9	3142,5	2622,0	2175,6	1882,6

(*) La tasa de consumo en la agricultura considerada es 0,8

Función del recurso	Productiva / Socio-económica / Socio-ambiental / Ecológica	Tipo de uso	Extracciones / Descargas / Usos in situ				
Tema	Disp. ex situ / Disp. in situ	Tipo de indicador	Estado				
Indicador:	FLUJO DE AGUA EXCEDENTE						
Definición:	Cantidad de agua disponible en el cauce en un año determinado o en el año hidrológico medio. El indicador se expresa en m ³ .						
Utilidad:	El flujo de agua excedente permite conocer la disponibilidad de recursos en el cauce a efectos de satisfacer las demandas asociadas a usos in situ. Es igualmente un buen indicador del grado de intensidad en la antropización del recurso y puede ser útil para el establecimiento de umbrales de utilización.						
Modo de Cálculo:	<p>El flujo de agua excedente se calcula a partir del indicador de Disponibilidad Total, restándole las extracciones primarias.</p> <p>La Disponibilidad Total está en la práctica en función del grado de utilización y del coeficiente medio de retorno. La disponibilidad total teórica se podría estimar entonces como la sumatoria de la multiplicación de la DNN por la razón de retorno para n períodos, cuando n tiende al infinito.</p>						
CALCULO DEL INDICADOR							
			AÑO				
			92/93	93/94	94/95	95/96	96/97
Flujo de Agua Excedente (millones de m³)			1382,4	723,1	499,1	329,3	224,9

Función del recurso	Productiva / Socio-económica / Socio-ambiental / Ecológica	Tipo de uso	Extracciones /Usos in situ		
Tema	Disponibilidad ex situ / Disponibilidad in situ	Tipo de indicador	Presión		
Indicador:	INTENSIDAD DEL USO DEL AGUA				
Definición:	Cociente entre las extracciones primarias y la disponibilidad natural neta.				
Utilidad:	<p>Relaciona la cantidad de agua que se retira para los diferentes usos con la parte de la disponibilidad global que puede ser objeto de utilización por el hombre para la satisfacción de las necesidades del sistema de producción y consumo, a saber la Disponibilidad Natural Neta (DNN). Al constituir la DNN el límite natural de agua disponible la razón de intensidad señala con toda claridad el grado de agotamiento del recurso.</p> <p>Debido a que la DNN no considera los retornos de agua que realizan los agentes y que pueden ser aprovechados por otros agentes (por ej. : extracciones y devoluciones realizadas por las empresas hidroeléctricas), los valores resultantes del indicador pueden exceder 1,0 (100% de uso). Como alternativa se plantea realizar el cálculo del indicador utilizando DT como base, en vez de DNN. De esta forma se incluyen este tipo de retornos aprovechados por otros agentes de la cuenca.</p>				
Modo de Cálculo:	<p>Indicador derivado de las cuentas en cantidad, y que se calcula como el cociente entre las extracciones primarias y la Disponibilidad Natural Neta (DNN).</p> <p>Intensidad del Uso del Agua (IUA) = F411 / DNN</p> <p>Alternativa: IUA = F411 / DT</p> <p>El indicador alternativo de intensidad derivado del cociente entre las extracciones primarias y la disponibilidad total se considera complementario al primero.</p>				
CALCULO DEL INDICADOR: IUA = F411 / DNN					
	AÑO				
	92/93	93/94	94/95	95/96	96/97
Intensidad del Uso del Agua	1,03	1,40	1,65	2,03	2,50
CALCULO DEL INDICADOR ALTERNATIVO: IUA = F411 / DT					
	AÑO				
	1992/93	1993/94	1994/95	1995/96	1996/97
Intensidad del Uso del Agua	0,66	0,77	0,81	0,85	0,88

Función del recurso	Productiva / Socio-económica / Socio-ambiental / Ecológica	Tipo de uso	Extracciones / Descargas / Usos in situ			
Tema	Disponibilidad ex situ / Disponibilidad in situ	Tipo de indicador	Respuesta (disponibilidad ex situ) Presión (disponibilidad in situ)			
Indicador:	GRADO DE REGULACIÓN					
Definición:	Cociente entre el flujo anual regulado y la disponibilidad natural neta					
Utilidad:	<p>El indicador refleja la evolución en la regulación del recurso en relación a la disponibilidad natural.</p> <p>Este indicador constituye una síntesis del esfuerzo por mermar el impacto de las variaciones estacionales y anuales de la disponibilidad natural con objeto de asegurar un suministro estable. Por otra parte, como indicador de presión refleja igualmente el límite a que está sometida la oferta del recurso, al dar cuenta del porcentaje de la disponibilidad natural que ya se encuentra regulada.</p>					
Modo de Cálculo:	<p>Este indicador se deriva de las cuentas de agua interiores y se obtiene mediante el cociente entre los recursos anuales regulados y la disponibilidad natural neta (DNN).</p> <p>Grado Regulación (GR) = A (Recursos Totales) en E432 (Embalses) / DNN</p> <p>Este indicador se puede calcular de la misma forma a partir de la capacidad total de embalse sobre la DNN, que daría cuenta del grado de regulación a que está sometido el flujo en un año específico estructuralmente. Otro indicador complementario consiste en calcular el flujo anual regulado en relación a la capacidad total de regulación, lo que da cuenta de la eficiencia de las infraestructuras de regulación.</p>					
CALCULO DEL INDICADOR						
		AÑO				
		92/93	93/94	94/95	95/96	96/97
Grado de Regulación		0,01	0,02	0,02	0,03	0,03

Función del recurso	Productiva / Socio-económica	Tipo de uso	Extracciones		
Tema	Disponibilidad ex situ	Tipo de indicador	Respuesta		
Indicador:	INVERSIÓN EN REGULACION				
Definición:	Gasto anual total en la función de regulación, defensa y administración general del agua.				
Utilidad:	La disponibilidad del recurso sólo puede ser incrementada por medio de esfuerzos de regulación. La función productiva del agua y la socioeconómica dependen en buena medida de que las variaciones estacionales e interanuales sean amortiguadas por unas infraestructuras apropiadas, amén de incrementar la disponibilidad natural.				
Modo de Cálculo:	<p>Indicador asociado a las cuentas monetarias del agua, y que se deriva directamente de la tabla de gastos consolidados por agente, correspondiéndose con el gasto total de inversión en la función A3, pudiéndose estimar tanto para todos los agentes como para cada uno de ellos, siempre y cuando tengan efectivamente competencias en materia de regulación de aguas.</p> <p>Para obtener una visión más ampliada de la previsión en materia de disponibilidad de agua para usos ex situ, el indicador puede estimarse para el conjunto de las funciones A1, A2 y A3, extendiendo el campo al de la distribución propiamente tal, tanto urbana como agrícola.</p>				
CALCULO DEL INDICADOR					
Inversión en Regulación. Año 1997 (millones de pesos de 1997)					
Minería	588	Adm. Pública	740	Total Sector	1.328

Función del recurso	Productiva / Socio-económica	Tipo de uso	Descargas			
Tema	Eficiencia técnica	Tipo de indicador	Presión			
Indicador:	PERDIDAS DEL SISTEMA DE UTILIZACIÓN					
Definición:	Porcentaje de pérdidas y filtraciones en el sistema de utilización con respecto al total de extracciones primarias.					
Utilidad:	Permite evaluar la eficiencia física del sistema de usos a través de la estimación de las pérdidas y filtraciones derivadas de los diversos usos y contrastarlas con las entradas netas al sistema.					
Modo de Cálculo:	El indicador se calcula a partir de los datos de la tabla de usos del agua de las cuentas en cantidad. Se expresa como el cociente entre las pérdidas y filtraciones y el volumen total de entradas netas al sistema de utilización, expresado por las extracciones primarias totales. Pérdidas del Sistema de Utilización (PSU) = F311 / F411 Este indicador puede ser también calculado para cada agente estableciendo así un indicador diferenciado de eficiencia.					
CALCULO DEL INDICADOR						
		AÑO				
		92/93	93/94	94/95	95/96	96/97
Pérdidas del Sistema de Utilización (%)		3,2	2,8	2,2	1,4	1,0

Función del recurso	Productiva / Socio-económica / Socio-ambiental / Ecológica	Tipo de uso	Extracciones / Descargas / Usos in situ		
Tema	Efic. técnica / Efic. económica	Tipo de indicador	Presión		
Indicador:	TASA DE AUTOFINANCIACION DEL GASTO				
Definición:	Cociente entre los ingresos por ventas de servicios de agua más recursos propios y gasto total en las funciones de agua				
Utilidad:	Permite la gestión económica de las actividades que proveen servicios de agua. Un bajo nivel de cobertura de gastos supone un incentivo para el uso ineficiente del recurso agua. Esto significa que los precios de los servicios no reflejan el coste social de proveerlos, entregando una señal equivocada a los consumidores y alentando un uso irracional del mismo. Un indicador complementario de autofinanciación es el del grado de financiación del gasto corriente por medio de los ingresos por ventas. Dado que en muchas ocasiones la provisión de servicios de agua es considerada un servicio público los ingresos por ventas, o las tarifas, están diseñadas para cubrir los gastos corrientes y no la inversión de capital.				
Modo de Cálculo:	Indicador asociado a las cuentas monetarias de aguas, y que se deriva directamente de la cuenta de balance de recurso / empleos. Se calcula como el cociente entre ingresos por ventas más recursos propios y empleos totales, pudiéndose calcular tanto para el conjunto del sector como para cada uno de los agentes.				
CALCULO DEL INDICADOR					
Tasa de Autofinanciación del Gasto. Año 1997					
Empresas Sanitarias	1,00	Minería	1,00		
Empresas Agrícolas	0,67	Org. Usuarios	0,85		
Industria	1,00	Adm. Pública	1,00		
Energía	1,00	Sector	0,97		

Función del recurso	Productiva / Socio-económica	Tipo de uso	Extracciones / Descargas			
Tema	Eficiencia técnica	Tipo de indicador	Estado			
Indicador:	INTENSIDAD DE CONSUMO DE AGUA					
Definición:	Cociente entre la evapotranspiración de agua en el sistema de utilización y las extracciones primarias					
Utilidad:	Uno de los factores que más afecta a la eficiencia técnica en la utilización del agua es la razón entre la evapotranspiración que se genera en su uso y la cantidad total de agua utilizada, siendo mayor la eficiencia cuanto menor sea dicha razón. El indicador es útil para juzgar la eficiencia técnica en el uso del recurso					
Modo de Cálculo:	Se obtiene a partir de la tabla de usos del agua de las cuentas en cantidad, a partir de los datos de consumo final y de extracciones primarias consignados en ésta. Intensidad en consumo de agua (ICA) = F44 / F411 Así estimado, este indicador supone un sesgo, pues la evapotranspiración producida por el riego no está recogida directamente en el flujo F411. Para incorporar el consumo en la agricultura comprendido en F32 el indicador se debe estimar como se expresa a continuación: $ICA = F44 + (F32 * \text{tasa consumo en la agricultura}) / F411$ Este indicador puede ser calculado para cada agente estableciendo así una razón diferenciado de eficiencia.					
CALCULO DEL INDICADOR						
		AÑO				
		92/93	93/94	94/95	95/96	96/97
Intensidad de Consumo de Agua (*)		0,40	0,36	0,30	0,24	0,18

(*) La tasa de consumo en la agricultura considerada es 0,8

Función del recurso	Productiva / Socio-económica	Tipo de uso	Extracciones / Descargas		
Tema	Eficiencia económica	Tipo de indicador	Presión		
Indicador:	VALOR AGREGADO DEL SECTOR AGUA				
Definición:	Valor añadido del sector agua por metro cúbico de agua extraída.				
Utilidad:	El valor añadido constituye el indicador económico de síntesis de la capacidad del sector para generar riqueza, medida en términos monetarios. Una tendencia creciente de la aportación de valor añadido por metro cúbico extraído refleja en suma un crecimiento del valor social otorgado a los servicios de agua, lo que da cuenta de la capacidad del mercado para incentivar un uso acorde a la escasez del mismo.				
Modo de Cálculo:	El dato de valor agregado se obtiene directamente de la cuenta de producción de las cuentas monetarias. El dato de cantidad de agua extraída se encuentra en las cuentas en cantidad $\text{Valor Agregado por m}^3 = \text{Valor Agregado Bruto a c.f. del sector} / F411$				
CALCULO DEL INDICADOR					
					AÑO 1997
Valor Agregado del Sector Agua (pesos de 1997/m³)					0,05

Función del recurso	Productiva / Socio-económica	Tipo de uso	Extracciones
Tema	Eficiencia económica	Tipo de indicador	Estado
Indicador:	TRANSACCIONES DE DERECHOS DE AGUA		
Definición:	Número anual de transacciones de derechos de agua sobre total de derechos concedidos		
Utilidad:	El nivel de transacciones de derechos de agua es un reflejo del grado de funcionamiento del mercado de dichos derechos. A su vez, se considera que el buen funcionamiento del mercado constituye una cierta garantía en la asignación eficiente del recurso.		
Modo de Cálculo:	La información para el cálculo del indicador se encuentra en la cuenta patrimonial, dentro de las cuentas monetarias del agua, en el concepto de transacciones.		

Función del recurso	Productiva / Socio-económica / Socio-ambiental / Ecológica	Tipo de uso	Extracciones / Descargas / Usos in situ
Tema	Calidad	Tipo de indicador	Estado
Indicador:	INDICE DE CALIDAD SEGÚN USOS		
Definición:	Índice agregado de la calidad de las aguas, por usos.		
Utilidad:	El indicador muestra, mediante un índice cuyo valor es referido a una escala, el comportamiento general de los parámetros de calidad estimados como más significativos para un determinado uso. Su tendencia en el tiempo constituye un claro indicador de la situación de empeoramiento o mejora de estos grupos de parámetros para el conjunto de las aguas consideradas.		
Modo de Cálculo:	<p>El indicador se obtiene directamente de las cuentas en calidad, en cuyas tablas se indica el índice de calidad para cada uso considerado.</p> <p>El indicador es uno por uso. Las cuentas actuales se han limitado a los usos agrícola y urbano. Además, los datos de calidad disponibles actualmente limitan el cálculo del indicador a las aguas continentales superficiales</p> <p>Las cuentas pueden obtener un índice de calidad agregado para más de una cuenca.</p> <p>El índice de calidad se mueve entre los valores 5 y 1, siendo mejor la calidad a más alto el índice.</p>		

CALCULO DEL INDICADOR

	AÑO										
	1986	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Índice de Calidad para Uso Agrícola	4,14	4,22	4,22	4,00	3,50	4,22	4,11	3,88	3,60	4,13	3,40
Índice de Calidad para Uso Urbano	3,80	4,00	4,00	3,67	3,00	4,00	3,14	4,20	3,25	3,83	3,00

Función del recurso	Productiva / Socio-económica / Socio-ambiental / Ecológica	Tipo de uso	Extracciones / Descargas / Usos in situ
Tema	Calidad	Tipo de indicador	Respuesta
Indicador:	GASTO EN SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN / GASTO EN GESTIÓN DE LOS RECURSOS HIDRICOS		
Definición:	Cociente entre el gasto dedicado a las actividades de saneamiento y depuración y el gasto total dedicado a la gestión del recurso hídrico.		
Utilidad:	Las cuentas monetarias incorporan dos funciones básicas de gasto: gestión de recursos hídricos y saneamiento y depuración. En la medida en que ambas funciones están relacionadas a través de sus flujos físicos (a mayor incremento de la regulación mayor es el volumen de retornos que deterioran la calidad de las aguas), resulta de interés ver como se comportan sus flujos monetarios respectivos. La proporcionalidad que refleja el indicador dependerá de factores no solo económicos y, por lo tanto, resulta de utilidad para diferentes tipos de comparaciones.		
Modo de Cálculo:	La información para el cálculo del indicador se encuentra en las cuentas monetarias. Se construye a partir de la tabla de gasto consolidado por agente en producción y servicios de agua, dividiendo el gasto total en la función A por el gasto total en la función B.		
CALCULO DEL INDICADOR			
			AÑO 1997
Gasto en Saneamiento y Depuración / Gasto en Gestión de los Recursos Hídricos			0,06

10. COMENTARIOS FINALES

Basado en la experiencia obtenida en desarrollar esta cuenta piloto se puede concluir que la implementación de un sistema de CA a nivel nacional es factible. Es decir, no se aprecian impedimentos técnicos o de información que no puedan ser superados y en una primera aproximación tampoco se aprecia costos de implementación y operación que pudiesen ser limitantes.

Sin embargo, para que las CA tengan éxito, su implementación debe estar adecuadamente diseñada. El diseño o estrategia de implementación, debe permitir el mejor aprovechamiento futuro de las CA. Por lo tanto, quien lleve a cabo esta labor debe estar comprometido por una parte, en su correcta y oportuna ejecución, y principalmente, con los resultados obtenidos. De esta manera, los resultados de las CA podrán traducirse en cambios y políticas que lleven a un adecuado uso del recurso en el corto y largo plazo.

El trabajo debe ser realizado bajo un ambiente de entendimiento cabal del recurso hídrico. De esta forma se podrá detectar oportunamente inconsistencias en la información y una correcta interpretación de los resultados.

La estrategia seguida para la implementación de las CA debe aprovechar los esfuerzos que hoy se realizan en la obtención de la información relevante y mantener estos dentro de sus actuales instituciones, de manera de evitar la duplicidad de esfuerzos. Es decir, su implementación debe estar basada en la recopilación y adecuación de la información existente a través del establecimiento de flujos, lo más simple y directos posible, de esta información hacia un equipo de profesionales, quienes tendrán a su cargo la configuración de las tablas prediseñadas. Además realizarán la emisión de un análisis de éstas. De esta forma, se es consistente con un diseño de implementación y operación de costo marginal mínimo.

Adicionalmente, se estima recomendable una cobertura gradual de las cuencas del país. Comenzando con 3 o 4 cuencas, aquellas en que se disponga de mayor información, para incorporar gradualmente otras cuencas, las cuales sean consideradas como más importantes desde el punto de vista de su necesidad de planificación. Esta gradualidad permitirá que se pueda trabajar en la generación de la información faltante en forma simultánea al desarrollo de las Cuentas de otras cuencas, y de esta forma acortar el período de inversión.

Para lograr que las CA sean un instrumento de valor para los tomadores de decisiones es fundamental que los resultados sean entregados con el menor desfase temporal posible. Por lo tanto, la oportunidad con la cual se cuenta con la información es un concepto que debe estar presente en el diseño de su implementación. Esto se traduce en dos puntos: la rapidez con que las instituciones puedan entregar la información una vez finalizado el año y el tamaño del equipo de trabajo que esté a cargo de este proyecto. Basado en la experiencia de esta cuenta piloto, el primer punto no debiera ser mayor problema si el formato y el nivel de detalle de la información han sido claramente establecidos de antes (posiblemente a través de un formulario “tipo” para cada institución consultada). Se prevé como única dificultad

aquellos casos en que no exista una agrupación de los agentes y, por lo tanto, deba realizarse muestreos en terreno (por ej. : el caso de las industrias).

Antes del establecimiento de la contabilidad ambiental de agua se requerirá de una etapa de inversión, en la cual se desarrollen las siguientes actividades: reuniones con las autoridades de las principales instituciones relacionadas, en las cuales se dé a conocer los conceptos que apoyan las CA, su importancia y utilidad. Esta actividad es de vital importancia ya que de ella depende que la información se genere en forma adecuada y con el mínimo costo.

Se debe elaborar un Manual Operativo detallado que describa uno a uno los flujos, elementos y operaciones contables de cada tabla. Esto es fundamentalmente válido para la cuenta en cantidad, así como para la cuenta en calidad que, por ser totalmente nueva, carece de documentación previa que sistematice su elaboración.

Además; se deberá invertir en la capacitación del equipo de profesionales a cargo de la elaboración de las CA. El profesional a cargo deberá estar familiarizado con las cuentas y con las diversas metodologías empleadas para la elaboración de las cuentas físicas, de calidad y monetarias. A futuro los ayudantes podrán especializarse en algunas de las cuentas, lo que facilitaría su trabajo.

Por último, uno de los aspectos más importantes para el desarrollo de las CA es llevar a cabo algunos estudios necesarios para generar la información faltante. Algunos de ellos son de carácter único; es decir, es necesario generar la información una sola vez. En cambio, otros deberán realizarse en forma periódica. A continuación se detallan los estudios necesarios:

TAREAS QUE SE DEBEN REALIZAR UNA SOLA VEZ, POR CUENCA:

1. Caracterización de la cuenca: superficies agrícolas, de ríos, lagos y embalses, vegetación natural y profundidad media del suelo.
2. Estimar el stock de agua contenido en los diferentes subsistemas hídricos detectados en la cuenca. A medida que información detallada se hace disponible, se deberá incorporar a las CA para que los resultados logrados sean más fidedignos.
3. Delimitación de los tramos de caudal homogéneo y tramos de calidad homogénea.
4. Medición precisa de la longitud de cada tramo de caudal homogéneo y sus intersecciones con los tramos de calidad homogénea.
5. Definición de índices de calidad por uso del agua.
6. Determinar la demanda agrícola de agua sobre la base de estudios de riego realizados en la cuenca. La cantidad de agua extraída de los cursos superficiales se estima en una función de los caudales registrados cada año. Se podría actualizar los datos de superficies regadas (lo cual determina la demanda total agrícola) utilizando datos de percepción remota (sobrestiman en el caso del Aconcagua), censos agropecuarios o estudios de riego de la cuenca.
7. Catastrar a los agentes usuarios del recurso y las organizaciones de usuarios presentes en las cuencas abordadas.
8. Definición de método adecuado para estimar el valor del agua para la realización de la cuenta valorada del stock. Este valor debe reajustarse cada cierto tiempo.

9. Definición de procedimiento de valoración de la producción total de productores auxiliares de servicios de agua.

TAREAS QUE SE DEBEN REALIZAR CADA AÑO, QUE RESULTAN EXCLUSIVAS DE LAS CA:

1. Cálculo de medias de precipitación, temperatura y evapotranspiración de la cuenca en sistemas de información geográfica (basado en el uso del Modelo de Elevación Digital que se encuentra disponible para todo Chile²¹). Esto permite proyectar valores de los parámetros mencionados en las partes altas de la cuenca y hacia áreas donde no existen estaciones de medición. Transformar los datos mensuales a datos de año calendario o año hidrológico.
2. Realizar los cálculos de balance hídrico de la cuenca. Verificar cambios en la superficie de cultivos de secano que pudieran provocar cambios en el ciclo hidrológico.
3. Estimar el volumen de agua que fluye por los ríos para el año en estudio.
4. Recopilar datos de las rutas de nieve y la línea media de nieve de la cuenca para los cálculos de reservas de nieve caída en el año en estudio. Estimar el equivalente en agua de la nieve caída en la cuenca.
5. Cuantificar las transferencias de agua desde o hacia la cuenca (de territorios exteriores).
6. Describir detalladamente los flujos entre los diferentes subsistemas hídricos y entre los diferentes agentes que utilizan el agua de la cuenca.
7. Determinar los costos, inversiones y transferencias en la utilización del agua de los distintos agentes (industria, agricultura, minería, agua potable, administración pública y organizaciones de usuarios).
8. Estimación del Km.c.n. a partir del caudal promedio anual.
9. Cuantificación de parámetros de calidad en los distintos tramos de calidad homogénea.
10. Estimación de los valores promedio para cada parámetro de calidad por cuenca o secciones.
11. Estimación de los valores de calidad promedio por cuenca o secciones.

Finalmente, luego de esta experiencia, se identificaron cuales son los aspectos más críticos que podrían dificultar la elaboración de cada una de las cuentas y se estimaron los siguientes:

Cuentas en Cantidad

- Modelación de parámetros de precipitación, temperatura y escorrentía superficial de la cuenca.
- Elaboración de los balances hídricos incorporando extracciones superficiales y subterráneas de agua y las interacciones entre las aguas superficiales y los acuíferos de la cuenca.
- Descripción adecuadamente los flujos entre los diferentes subsistemas hídricos, entre éstos subsistemas y los agentes usuarios del agua y entre agentes (abastecimiento, devoluciones, pérdidas, vertidos directos, etc.).

²¹ Desarrollado por la Unidad de Percepción Remota y SIG, Pontificia Universidad Católica de Chile.

Cuentas en Calidad

- Identificación de los parámetros de calidad que deben ser incorporados a las cuentas (a nivel de cuenca no interesan los sesgos derivados de considerar en cada cuenca preferentemente aquellos parámetros críticos, ya que ni es ajustada la lectura de calidad total ni es posible una comparación entre distintas cuencas).
- Disponibilidad de datos de parámetros incorporados a las cuentas
- Definición de índices de calidad adecuados a los objetivos de las cuentas

Cuentas Monetarias

- Identificación gasto en producción auxiliar en servicios de agua de la agricultura, la industria, la minería.
- Identificación gasto e ingresos de organizaciones de usuarios
- Estimación valor producción total en servicios auxiliares de agua de la agricultura, la industria, y la minería
- Estimación del valor del agua
- Identificación de derechos consuetudinarios de aprovechamiento
- La cuenta patrimonial podría ser realizada en forma más completa si se contara con información sobre las transacciones de los derechos de aprovechamiento.

Por último, se puede concluir que las CA entregan información sistemática y completa sobre el estado y la utilización del recurso hídrico. Información que puede ser utilizada por las autoridades encargadas de la gestión del recurso, como también por particulares. A pesar que la mayor parte de la información contenida en las cuentas en cantidad ya ha sido generada, las CA las agrupa de manera de permitir una visión integral, como también, al tratarse de un balance, permite testear la exactitud de los datos parciales. Las cuentas de calidad al igual que las cuentas monetarias, entregan información nueva sobre el recurso, incorporando dos ámbitos que resultan imprescindibles para entender de forma integral la gestión del recurso. Cada uno de los elementos analizados de las CA, da cuenta de un aspecto de importancia singular para la gestión del agua. Lo relevante es que informan de cada uno de estos aspectos de forma consistente entre ellos; es decir, lo hacen en un marco metodológico común que permite relacionar aspectos disímiles con objeto de optimizar la gestión.

En resumen, las CA constituyen una descripción contable del agua desde varias perspectivas. Por una parte, se trata de una descripción organizada de los diversos flujos de agua durante un período, en una unidad territorial. Por otra parte, se trata de una descripción funcional de la evolución de las calidades del agua para una unidad territorial. Y finalmente se trata de una descripción estructurada de los diversos flujos monetarios reales asociados a la gestión del agua en una unidad territorial.

La realización periódica de este tipo de cuentas permite generar un cuadro de información complejo y relacionado sobre la gestión y el grado de conservación del recurso, lo que facilita la toma de decisiones estratégicas.

11. BIBLIOGRAFÍA

Acuña, C. 1997. Informe de Práctica Profesional: Variaciones Recientes de Glaciares en Chile. Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Escuela de Geografía con el patrocinio de la Dirección General de Aguas, Sub-Dpto. de Hidrología Aplicada y Glaciología. Santiago, Chile.

Alvarez Rodríguez, E., López Mosquera, M^a E. 1998. Calidad del agua para riego en la Comarca de las Mariñas (La Coruña). Tecnología del Agua, N° 44. España.

Antelo, J.M., Arce, F., Arjomil, H., Bravo, C., Penedo, F.J., Rey, F. 1989. Indices de calidad en las aguas de los ríos Tambre, Ulla y Sar (La Coruña). Tecnología del agua, N°53, pp 60-70.

Comisión Asesora del Presidente de la República para la Sequía. 1998. Memoria 1994 - 1997. Santiago, Chile.

Comisión Nacional de Riego y CICA. 1982. Estudio Integral de Riego de los Valles Aconcagua, Putaendo, Ligua y Petorca: Nivel de Factibilidad. Santiago, Chile.

Comisión Nacional de Riego, Dirección General de Riego y EDIC Ingenieros Ltda. 1994. Estudio a Nivel de Diagnóstico del Proyecto Aconcagua, V Región. Santiago, Chile.

Comisión Nacional de Riego. 1985. Estudio Integral de Riego del Valle de Huasco. Informe Final, Volumen 1, Parte 1. Santiago, Chile.

Comisión Nacional de Riego. 1991. Ley 18.450 de Fomento al Riego y Drenaje. Santiago, Chile.

Comisión Nacional del Medio Ambiente, Kristal y Homsy y Asociados. 1995. Estudio Impacto Ambiental de las Descargas de Aguas Servidas Industriales, Domésticas y Otras en la Cuenca del río Aconcagua. Santiago, Chile.

Comisión Nacional del Medio Ambiente. 1998. Una Política Ambiental para el Desarrollo Sustentable. Aprobado por el Consejo de Directivo de Ministros de CONAMA en la Sesión del 9 de enero de 1998.

Chubretovic, A. 1991. Balance Hidrológico Cuenca Río Quepe. Tesis para optar a Título de Geógrafo y Licenciado en Geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.

Del Río Marreno, I. 1991. Revisión crítica de los índices fisicoquímicos de calidad de aguas. Ingeniería Civil. N°86, pp77-90. España.

Dirección de Riego, Ingendesa y AC Ingenieros Consultores. 1997. Estudio Proyecto Aconcagua: Modelo de Simulación Hidrogeológico Valle del río Aconcagua. Santiago, Chile.

Dirección de Riego, Ingendesa y AC Ingenieros Consultores. 1997. Estudio y Modelo de Simulación Hidrogeológica Zona de Desembocadura del río Aconcagua. Santiago, Chile.

Dirección General de Aguas. 1987. Balance Hídrico de Chile. Santiago, Chile.

Dirección General de Aguas. 1996. Mapa Hidroquímico Nacional. Santiago, Chile.

Dirección General de Aguas. 1997. Actualización del Catastro de Derechos de Aprovechamiento de Aguas V Región. Santiago, Chile.

Dirección General de Aguas. Dpto. de Hidrología. 1997. Complemento N° 1, años 1993 - 1996, al "Balance de Masa en el Glaciar Echaurren Norte, 1975 a 1992. Resultados Preliminares." Santiago, Chile.

Dirección General de Aguas, Dpto. de Hidrología. 1984. Inventario de Glaciares, Andes de Chile Central (32° a 35° Lat. S.). Hoyas de los ríos Aconcagua, Maipo, Cachapoal y Tinguiririca. Santiago, Chile.

Dirección General de Aguas e IPLA Ltda. 1994. Análisis Uso Actual y Futuro de los Recursos Hídricos de Chile. Santiago, Chile.

Dirección General de Aguas e IPLA. 1974. Estudio Recuperaciones Valle del Aconcagua. Santiago, Chile.

Dirección General de Aguas, Dpto. Estudios y Planificación, Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía, Dpto. De Economía Agraria y Facultad de Ingeniería, Dpto. Ingeniería Hidráulica y Ambiental. 1997. Análisis Impacto Económico Originado por Sequías Hidrológicas. Santiago, Chile.

FAO. 1976. Calidad del agua para la agricultura. FAO. Italia.

INSEE (Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques). 1986. Les Comptes du Patrimoine Naturel. Ministère de L'Environnement. París, Francia.

Instituto Nazionale di Statistica. 1996. Contabilità Ambientale. Italia.

Jiliberto, R. y Álvarez-Arenas, M. 1997. Development of Water Accounts. EUROSTAT. Luxemburgo. No publicado.

Kristal y Homsy y Asociados. 1997. Proposición de Normas de Calidad de Aguas para Proteger Usos Determinados. Informe Final. Santiago, Chile.

Martínez de Bascarán, G. 1975. El índice de la calidad del agua. Boletín Informativo del Ministerio de Obras Públicas, N°210. España.

Mingo Magro, J. 1983. La vigilancia de la contaminación fluvial. I Tratamiento de los datos de control analítico. Dirección General de Obras Hidráulicas. 2ª Edición. España.

Ministerio de Medio Ambiente. 1996. Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Ministerio de Medio Ambiente. España.

Ministerio de Obras Públicas, Corporación Nacional Forestal y Banco Interamericano de Desarrollo. 1995. Estudio de Factibilidad de Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas. Santiago, Chile.

Ministerio de Obras Públicas/DP e INECON Ingenieros y Economistas Consultores Ltda. 1995. Estudio Análisis del Mercado de los Recursos Hídricos. Informe Final, Tomos I y II.

Naciones Unidas. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. 1991. Inventarios y Cuentas del Patrimonio Natural en América latina y el Caribe. Chile.

Naredo, J.M. y Gascó, J.M. (directores). 1995. Las Cuentas del Agua en España. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente. Madrid, España. Sin publicar.

Office for National Statistics. 1998. UK Environmental Accounts 1998. Reino Unido.

Queralt, R., Godé, L. X., Serena, C., Matia, L. y Ariño, R. 1995. Índice automático de calidad de aguas. Tecnología del agua. N°143, pp17-24. España.

Río Marreno, Ignacio del (1991). Revisión crítica de los índices fisicoquímicos de calidad de aguas. Ingeniería Civil. N°86, pp77-90. España.

Rivera, A y Acuña, C. 1997. Variaciones Recientes de Glaciares en la Macrozona Central de Chile. Proyecto FONDECYT. Santiago, Chile.

Sáez, J., Molero, J. y Martínez-Mena L. 1988. Estudio de la calidad de agua del río Segura mediante el empleo de un índice estadístico. Tecnología del agua N°49. España.

Statistics Canada. 1997-a. Econnections. Linking the Environment and the Economy. Concepts, Sources and Methods of the Canadian System of Environmental and Resource Accounts. Canadá.

Statistics Canada. 1997-b. National Accounts and the Environment. Papers and Proceedings from a Conference (ponencias de la conferencia del Grupo de Londres en Ottawa, junio de 1997). Canadá.

Superintendencia de Servicios Santiarios e INECON Ingenieros y Economistas Consultores Ltda. 1995. Estudio de Valorización del Agua Cruda para Empresas Santiarias.

TAU Consultora Ambiental, 1996. Desarrollo Operativo del Sistema de Cuentas del Agua en España. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid, España. No publicado.

Universidad de Concepción, Centro EULA. 1998. Diagnóstico de la Calidad del Río Damas X Región, Lineamientos para un Plan de Prevención y/o Descontaminación. Informe Final de Revisión. Concepción, Chile.

Zimmerman, E., W. 1967. Introducción a los Recursos Mundiales. Editorial Oikos-Tau. Barcelona, España. 257 pp.

12. ANEXO

Este Anexo presenta las nomenclaturas utilizadas para describir los diversos flujos del agua a través del territorio estudiado y entre los agentes económicos que utilizan el recurso. La nomenclatura utilizada corresponde a aquella propuesta por la metodología Francesa de Patrimonio Natural.

FLUJOS DE AGUA EN EL SISTEMA DEL RECURSO

El Cuadro 34 detalla la nomenclatura utilizada para describir los flujos del agua dentro del sistema del recurso (denominado EO). Estos corresponden a los flujos naturales (espontáneos) y a aquellos inducidos indirectamente por la utilización del agua por los agentes económicos de la cuenca.

CUADRO 34

CLASIFICACIÓN DE LOS FLUJOS AGREGADOS O TRANSFERENCIAS DEL SISTEMA DE RECURSO EO DE UN TERRITORIO
FLUJOS EXTERIORES O DE INTERCAMBIO CON OTROS TERRITORIOS
F111. Precipitaciones atmosféricas
F112. Afluencias naturales (inputs)
F121. Afluencias naturales al mar u otros territorios
F132. Retornos desde el exterior aportados por agentes económicos
F142. Retornos a otros territorios exteriores, incluido el mar, directamente desde el sistema de utilización AO
F143. Salidas al exterior, por evaporación evapotranspiración, directamente desde el sistema de utilización AO
F221. Evapotranspiración espontánea
FLUJOS INTERNOS:
TRANSFERENCIAS INTERNAS ESPONTANEAS O NATURALES
F231. Transferencias superficiales
F2311. Escorrentía E9-->E441
F2312. Desplazamientos E42-->E441; E42-->E5+E6; E431-->E441
F2313. Acumulación superficial E441-->E43
F2314. Desbordamiento e inundación E441-->E9
F232. Transferencias subterráneas
F2321. Filtración, infiltración y percolación E44-->E41; E9-->E5+E6; E5+E6-->E41
F2322. Surgencias E411-->E442; E411-->E9

F2323. Ascensión capilar E411-->E5+E6
TRANSFERENCIAS INTERNAS INDUCIDAS POR LOS AGENTES
ECONÓMICOS

F31. Retornos al medio natural

F311. Pérdidas y fugas AO-->E41; AO-->E441;

AO-->E5+E6

F312. Vertido al medio después de la utilización AO-->E41; AO-->E44;

AO-->E5+E6

F32. Aportaciones artificiales al medio

F321. Desarrollo del recurso: F3211. Regadío, excluyendo F311,

AO-->E5+E6

F33. Transferencias internas del manejo derivado de la ingeniería

F331. Transferencias directas de la ingeniería

F3311. Infiltración: percolación y drenaje, E5+E6-->E411;

E5+E6-->E44

F3312. Bombeo E41-->E44

F3313. Regulación E432-->E44; E44-->E432; también E43-->E411

F332. Transferencias inducidas por el manejo derivado de las obras de ingeniería.

F3321. Impactos indirectos derivados de la actuación sobre la cubierta vegetal o de la impermeabilización debida a la urbanización y las obras públicas 3322. Transferencias inducidas por las modificaciones causadas por las extracciones primarias de aguas superficiales y subterráneas

E411-->E442; E442-->E411

F3323. Transferencias inducidas por los retornos artificiales al medio

E5+E6-->E411 implica E411-->E442

F3324. Transferencias inducidas por aportaciones artificiales

E411-->E422; E411-->E431

Fuente: OECD, ENV/EC/SE(90)24. 1990. "Natural resource accounts. Pilot study on inland waters".

FLUJOS DE AGUA EN EL SISTEMA DE UTILIZACIÓN

El Cuadro 35 detalla la nomenclatura utilizada para los flujos de agua en el sistema de utilización antrópica del recurso. Estos corresponden a los flujos provocados directamente por los agentes económicos que utilizan las aguas de la cuenca.

CUADRO 35

CLASIFICACIÓN DE LAS TRANSFERENCIAS DE AGUA EN EL SISTEMA DE UTILIZACIÓN AO
INPUTS
F411. Extracciones primarias
F13. Importaciones desde el exterior
F131. Entrada de mercancías, por ejemplo suministro de agua por un proveedor
F132. Retornos procedentes del exterior, ejemplo para ser depurados en el interior
OUTPUTS
F14. Exportaciones al exterior
F141. Salida de mercancías, por ejemplo suministro de agua a un agente del exterior
F142. Retornos al exterior, incluido el mar
F44. Consumo por los usuarios
F42. TRANSFERENCIAS ENTRE LOS AGENTES
F42a. Venta mayorista entre productores distribuidores
F42b. Aprovisionamiento de usuarios no conectados a la red
F42c. Recolección y depuración de las aguas vertidas por otros agentes
F43. ACUMULACIÓN EN EL SISTEMA DE UTILIZACIÓN
Almacenamiento y extracciones internas

Fuente OECD, ENV/EC/SE(90)24. "Natural resource accounts. Pilot study on inland waters", OECD, ENV/EC/SE (90)24.