

tegiendo el ecosistema, produciendo agua limpia. Se mencionaba aquí que en las normas primarias y secundarias participaban el CESMA, el S.A.G., la D.G.A., pero hay otras áreas que también debieran participar.

Por último, creo que el tema de la coordinación es importante. Recuerdo una emergencia producida en La Serena y llegaron la D.G.A., el CESMA, CONAMA y cada uno comenzó a medir en lugares distintos. Este ejemplo ilustra, creo yo, la necesidad de apuntar un poco hacia el lado de la coordinación.

III.5 USO EFICIENTE DEL RECURSO HÍDRICO

Expositor: Sr. Ernesto Brown.
 Universidad de Chile
 Moderador: Sr. Carlos Espinoza.
 Universidad de Chile.

III.5.1 El Concepto de Uso Eficiente y la Situación de Chile

Parece natural que distintas personas interpretarán en forma distinta el Concepto de Uso Eficiente del Agua.

Considerando como unidad de producción de agua a la cuenca hidrográfica, en la perspectiva de lograr una eficiencia económica para su uso, debería asignarse el recurso disponible según la curva de demanda agregada por agua, hasta entregar el último m3 de agua disponible, o bien hasta que en el margen el precio del agua se haga nulo. Si esto último ocurre, significa que en esa cuenca el agua no es un recurso escaso. En estas con-

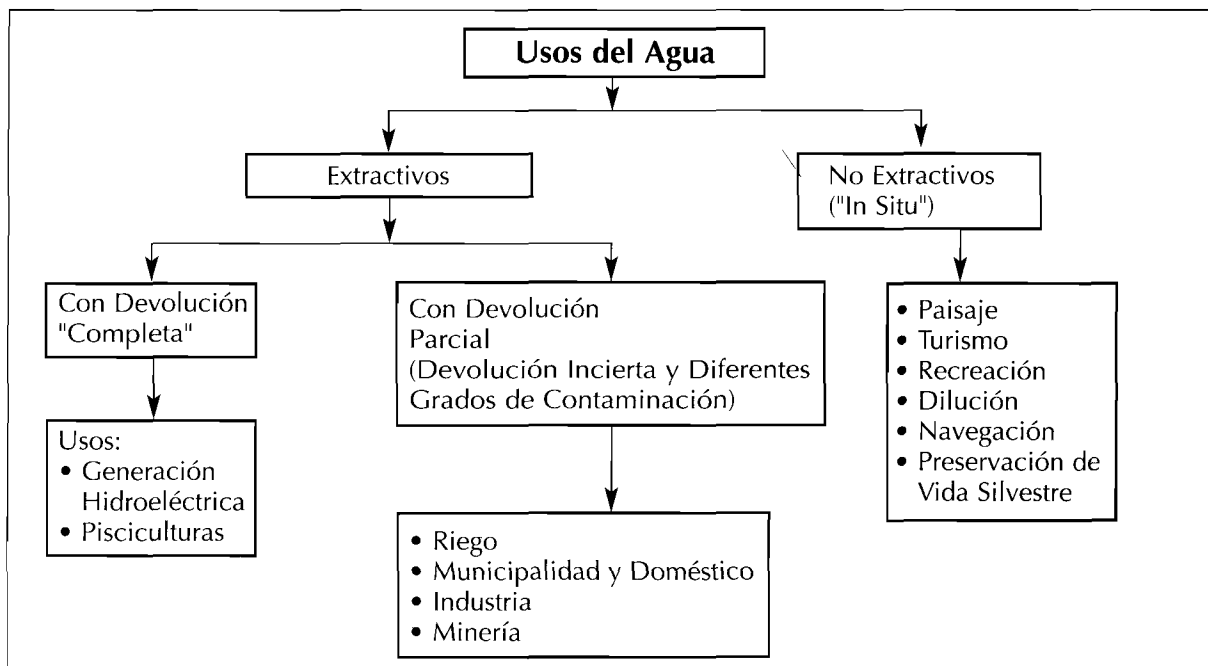
diciones, en aquellas cuencas donde hay escasez se podría pensar en cobrar una tarifa por el agua, que igualara al valor marginal del último m3 disponible según la curva de demanda, mientras que en cuencas con excedentes de agua, la tarifa debería ser nula.

El análisis anterior sería válido en la medida que la oferta de agua dentro de la cuenca tuviera perfecta movilidad espacio-temporal. Como se sabe, la ocurrencia del agua en una cuenca dista muchísimo de tener perfecta movilidad. Por el contrario, en una cuenca el agua está desigualmente distribuida espacialmente y ocurre con grandes variabilidades de caudal a lo largo del tiempo; la producción del agua en la cuenca va incrementándose a medida que van confluyendo las distintas subcuencas; existen intercambios de agua entre la superficie y el subsuelo en función de las variaciones de las condiciones de infiltración de los suelos, existencia de accidentes geológicos, etc.; el uso del agua en la cuenca es de distintas naturalezas y también se distribuye espacialmente a lo largo de la cuenca; etc.

Consecuentemente existe sólo una muy limitada movilidad de los recursos de agua a lo largo de la superficie de una cuenca hidrográfica, y por este sólo motivo, las transferencias posibles de agua dentro de la cuenca son de por sí limitadas.

En cuanto a los usos del agua (ver Figura III.5.1), estos son de tan diversa naturaleza, que resulta difícil tipificarlos en productos homogéneos e intercambiables. Sin embargo, siempre entre los diferentes tipos de usos se producen grados variables de interferencias y externalidades.

Figura III.5.1
 Tipos de Usos del Agua



En Chile, el Código de Aguas vigente (1981), considera que el agua es un bien nacional de uso público, y se otorga a los particulares el derecho de aprovechamiento de las aguas, como un derecho que consiste en el uso y goce de ellas, y además este derecho de aprovechamiento es de dominio de su titular, lo que lo faculta a usar, gozar y disponer de él en conformidad a la Ley.

En particular lo anterior implica que un dueño de derechos de aprovechamiento está facultado para transferirlos, arrendarlos o venderlos a un tercero, con (teóricamente) pocas limitaciones.

Con esto, se pretende que los mercados de agua en las diferentes cuencas sean capaces de asignar el recurso agua a aquellos usos más valiosos, logrando así una eficiencia económica en el uso del agua.

También así, alguien que posea más derechos de agua que los que correspondan a sus necesidades, estaría dispuesto a vender sus excedentes a un precio de mercado en cuencas que sufran escasez del recurso. Esto también conduciría a un uso eficiente del agua desde el punto de vista económico.

En general los antecedentes de la operación de los mercados de derechos de agua en Chile, en el período de vigencia del Código, indican que estos no han sido tremendamente activos, aún cuando si lo han sido en cuanto a transferencias temporales de agua, en situaciones locales especiales, como es el caso del Sistema Paloma (ver Peña, 2002)¹⁹.

Ahora bien, sobre transferencias de derechos de agua, en cuencas declaradas agotadas por la autoridad en cuanto a derechos permanentes se refiere, los sectores usuarios que se han interesado por adquirir derechos, involucran a: Empresas Sanitarias e Inmobiliarias que deben atender nuevas demandas de uso doméstico por el incremento de la población urbana; Empresas Mineras e Industrias que requieren agua para algún nuevo proyecto, o bien para expandir la producción en instalaciones existentes; y, Agricultores Empresarios que pretenden poner en riego nuevos terrenos (normalmente para productos de exportación de alto valor), o bien, para mejorar la seguridad de riego de predios ya regados. Así entonces se han producido reasignaciones de derechos de agua, por la vía de compraventas de derechos, en diversas cuencas hidrográficas, habiéndose transferido a alguno de los sectores usuarios señalados, derechos no utilizados o subutilizados del sector riego principalmente, y también, en un número más limitado de casos, derechos en pleno uso del mismo sector. La decisión de compra o no de derechos de agua siempre será el resultado de un análisis económico con otras alternativas que pue-

den estar disponibles, como por ejemplo: desarrollo de nuevas fuentes de agua subterránea; desalinización de aguas salobres (caso del agua de la cuenca del río Lluta) o desalinización del agua de mar (caso de Antofagasta). Cabe señalar por ejemplo que la minería en la IIª Región está considerando como alternativa posible para sus futuros planes de expansión, el uso de agua de mar (combinada posiblemente con algún nivel de desalinización).

En resumen, la transferencia de derechos de agua, a nivel intersectorial, ha resuelto en el país en forma económicamente eficiente algunos problemas de asignación del agua disponible.

Las transferencias de agua dentro del mismo sector usuario, en cambio, se hacen principalmente asociadas, a la transferencia de la tierra en el sector agrícola, o bien asociadas a la transferencia de la industria en dicho sector. En general en el sector agrícola, los excedentes de derechos de agua que alguien pueda tener, se prefiere conservarlos como una reserva para períodos de sequía; o bien, se prefiere aumentar la superficie de riego, que es lo que normalmente acontece cuando el propietario de los derechos invierte en tecnificación del riego dentro de su predio. Por lo tanto no es por transferencias de derechos de agua que se logran mejoras en las eficiencias de uso del agua dentro de este sector.

También, las transferencias de agua son difíciles de materializar por al menos los siguientes motivos adicionales:

- a) Si se compran derechos de agua que han estado usándose en un determinado lugar, para que el nuevo dueño los pueda aprovechar en otro lugar, debe demostrarse que este hecho no produce perjuicios a terceros. La Dirección General de Aguas debe aprobar el traslado del ejercicio de cualquier derecho de aprovechamiento a otro punto de captación.
- b) Dadas las rigideces propias de la infraestructura de captación, conducción y distribución del agua, los costos asociados a trasladar el ejercicio de los derechos de aprovechamiento de un punto a otro, suelen ser bastante altos, y estos deben ser asumidos por el comprador.

Cabe además señalar que la situación de Chile descrita hasta ahora, se refiere más bien a los usos extractivos principales y tradicionales, pero no tienen en cuenta la eficiencia del uso del agua en otros aspectos.

En particular aspectos tales como: paisajismo, recreación in situ, turismo, preservación de vida silvestre, y otros, no son considerados dentro de la Ley de Aguas vigente en Chile, y por lo tanto no entran dentro de los aspectos que deberían quedar contenidos en cualquier análisis de uso eficiente del agua.

19 Peña, H. (2002) "Los Mercados del Agua: La Experiencia Chilena". Conferencia Internacional de Organismos de Cuenca. Madrid. España.

Aún más, el uso del agua como medio de disposición y transporte de residuos líquidos de origen doméstico e industrial, no es reconocido como tal en nuestra legislación. En general este tema está siendo abordado por la dictación de normativas en cuanto a estándares de calidad y estándares de vertimientos producto de la aplicación de las disposiciones de la Ley 19.300 (denominada Ley de Bases del Medio Ambiente). Claramente uno podría cuestionarse si con la aplicación de estos estándares - más allá de que en la práctica, efectivamente se establezca un sistema de control, que facilite su adecuado cumplimiento - se estará haciendo un uso eficiente del agua en este particular aspecto.

III.5.2 Diagnóstico de la Eficiencia en el Uso y Aprovechamiento de los Recursos Hídricos

a) Antecedentes Generales Respecto del Uso de los Recursos Hídricos

De acuerdo a los antecedentes recopilados, el uso consuntivo de recursos hídricos en el país alcanza aproximadamente a 734 m³/s, como caudal medio.

De esta cantidad, la mayor parte corresponde a riego, con un consumo del orden de 571 m³/s, los cuales se localizan casi completamente al norte de la X Región; éstos corresponden aproximadamente al 77,8% de los requerimientos totales del país.

Los usos restantes corresponden a agua potable (doméstico), industrial y minero, con consumos estimados en 43,67 y 53 m³/s, respectivamente.

En la Figura III.5.2, se presenta un gráfico con la distribución porcentual de los distintos consumos. Los

porcentajes que aparecen en esta figura se acercan a los promedios mensuales (Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos; UNESCO 2003).

b) Uso Doméstico (Agua Potable)

Este análisis se desarrolla sobre la base del índice de pérdidas determinado por la Superintendencia de Servicios Sanitarios, correspondiente al porcentaje de agua potable producido por las empresas que no llega a ser facturado.

Este indicador se determina a partir de la estimación del agua potable producida y facturada por cada una de las empresas sanitarias existentes en el país, el cual es informado anualmente a la SISS.

En relación a lo anterior, cabe hacer notar que las pérdidas indicadas, pueden originarse en situaciones propias derivadas de la operación, tales como roturas de cañerías o filtraciones, así como también en situaciones de tipo comercial. Dentro de este último caso, se encuentran hurtos y problemas derivados de los procesos de medición y control del consumo de agua potable a nivel domiciliario.

Además existen otros factores, tales como la ubicación geográfica, concentración poblacional, que influyen en el uso eficiente de los recursos, dado que condicionan el tamaño de la red.

En la Tabla III.5.1, se presenta un desglose del porcentaje de pérdidas estimadas para las distintas empresas sanitarias existentes en el país; en forma análoga, en la Tabla III.5.2, se muestra un resumen por región de dicha información. De acuerdo con este análisis, el

Figura III.5.2
Distribución del Consumo de Agua en Chile

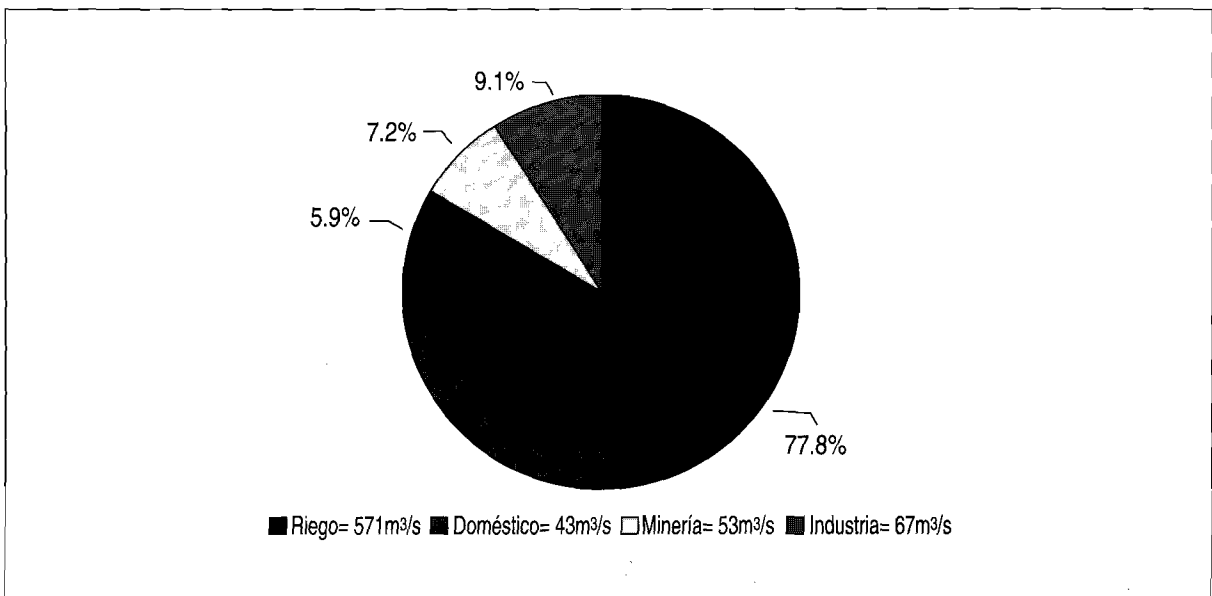


Tabla III.5.1
Resumen Pérdidas Empresas de Agua Potable por Empresa

Empresa	Región	Producción (miles m3)	Facturación (miles m3)	Pérdidas (%)	Km red	\$/m3
ESSAT	I	35461	23704	33,2%	926	378
ESSAN	II	35543	25944	27,0%	947	275
SMSSAT	III	21547	13502	37,3%	744	236
ESSCO	IV	35943	27991	22,1%	1506	207
ESVAL	V	144414	87617	39,3%	3930	212
COOPAGUA	V	1345	1303	3,1%	67	205
ESSBIO VI	VI	50716	31727	37,4%	1892	165
A. NUEVO SUR MAULE	VII	53810	33633	37,5%	1679	188
ESSBIO VIII	VIII	133374	84833	36,4%	3678	145
ESSAR	IX	48326	31009	35,8%	1701	201
ESSAL	X	42002	28666	31,8%	1468	204
AGUAS DECIMA	X	9639	7228	25,0%	325	209
EMSSA	X	6304	3992	36,7%	281	241
ESMAG	X	11114	9628	13,4%	514	235
AGUAS ANDINAS	RM	554772	398494	28,2%	10321	83
SMAPA	RM	81431	46464	42,9%	975	98
AGUAS CORDILLERA	RM	69215	56810	17,9%	908	120
SERVICOMUNAL	RM	7037	4773	32,2%	176	141
AGUAS LOS DOMINICOS	RM	9409	4068	56,8%	54	181
AGUAS MANQUEHUE	RM	6605	5577	15,6%	113	184
TOTAL NACIONAL		1358007	926963	31,7%	32205	169,9

Tabla III.5.2
Resumen Pérdidas Empresas de Agua Potable por Región

REGION	PRODUCCION (miles m3)	FACTURACION (miles m3)	PERDIDAS (%)	Km Red	\$/m3
I	35461	23704	33,2%	926	378
II	35543	25944	27,0%	947	275
III	21547	13502	37,3%	744	236
IV	35943	27991	22,1%	1506	207
V	145759	88920	39,0%	-	212
VI	50716	31727	37,4%	1892	165
VII	53810	33633	37,5%	1679	188
VIII	133374	84833	36,4%	3678	145
IX	48326	31009	35,8%	1701	201
X	51641	35894	30,5%	-	205
XI	6304	3992	36,7%	281	241
XII	11114	9628	13,4%	514	235
RM	728469	516186	29,1%	-	91
TOTAL NACIONAL	1358007	926963	31,7%	32205	169,9

porcentaje de pérdidas promedio del país alcanza a un 31,7%, superando en la mayoría de las regiones al umbral aceptado por la SISS, en la "Empresa Modelo" utilizada en los procesos de fijación tarifaria (20%).

Respecto de esta tabla, además cabe hacer los siguientes comentarios:

- Sólo la XII Región se encuentra bajo el estándar de pérdidas aceptado en la empresa modelo

(13,4%), aunque el volumen producido y la longitud de redes representa a una cantidad pequeña respecto del total nacional.

- No obstante lo escaso de los recursos hídricos, las regiones I, II y III, presentan un elevado nivel de pérdidas (31,8 % en promedio). Asimismo, esta zona tiene en promedio el mayor costo de explotación por m3 facturado del país (305,2 \$/m3); ello en gran medida se debe entre otros

factores a la escasez del recurso, la baja densidad de población y a problemas asociados a las altas pérdidas del sistema.

- Complementando lo anterior, el costo por m³ facturado, alcanza un promedio nacional de 170 \$/m³, aproximadamente. Los menores costos se alcanzan en la Región Metropolitana con 91 \$/m³, mientras que los mayores se encuentran en las regiones I a III (305 \$/m³ en promedio); en el resto de las regiones, se tiene un valor promedio del orden de 200 \$/m³.
- Atendiendo a lo indicado precedentemente, dado los costos de explotación, en términos económicos, existen fuertes incentivos para aumentar los niveles de eficiencia en las regiones del extremo norte del país (I, II y III).
- La empresa que en promedio presenta menores pérdidas corresponde a COOPAGUA (3,1%). Ello se debería principalmente a que se trata de una empresa relativamente nueva y a su bajo volumen de producción.

c) Riego

Este análisis se basa en una recopilación bibliográfica, concentrándose en los siguientes estudios:

- "Diagnóstico Actual del Riego y Drenaje en Chile y su Proyección", AC Ingenieros Consultores, 2002.
- "Riego Superficial Tecnificado", Luis Gurovich, PUC, 2001.
- "Informe Nacional Sobre la Gestión del Agua en Chile", Ernesto Brown y Juan Saldivia, 2000.
- "Política Nacional de los Recursos Hídricos", DGA, 1999

TABLA III.5.3
EFICIENCIA DE LOS DISTINTOS TIPOS DE RIEGO

Método de Riego	Eficiencia de Aplicación (%)	
	Normal	Con Conducción Tipo Californiano
Tendido	30	35
Surcos	45	50
Surcos en Contorno	50	60
Bordes en Contorno	50	65
Bordes Rectos	60	65
Pretilos	60	65
Tazas	65	70
Aspersión	75	
Microjet y Microaspersión	85	
Goteo	90	

- "Uso Actual y Futuro de los Recursos de Agua en Chile", DGA, 1996.

La eficiencia del agua de riego se obtiene de la composición de distintos procesos, los cuales consideran transporte y distribución del agua, almacenamiento y método de riego.

La eficiencia en el uso del agua de riego se puede analizar desde dos puntos de vista: a nivel de predios, a través de la eficiencia de cada tipo de riego, o en una perspectiva de cuenca analizando las demandas brutas y netas para uso agrícola.

En la Tabla III.5.3 se muestran las distintas eficiencias de los tipos de riego, valores aceptados por la legislación vigente de aguas para la estimación de demandas, mencionados sólo como guía a la estimación de eficiencias prediales.

Para efectos de este estudio, los métodos de riego se han agrupado en tres grandes categorías correspondientes a gravitacional (tendido, surcos, bordes, pretilos y tazas), mecánico mayor (aspersión, microjet y microaspersión) y micro-riego (goteo), con eficiencias promedio de 35, 70 y 85%. Esta clasificación corresponde a la realizada por ODEPA en el censo de 1997, cuyos antecedentes se han empleado como referencia para el desarrollo de este estudio..

En la Tabla III.5.4, se presenta un resumen con la situación global del país por cuenca, en cuanto a superficie cultivada, tipo de riego y eficiencias. Por otro lado en la Tabla III.5.5, se presenta esta información a nivel regional, considerando además una estimación de los consumos de agua, efectuada a base de antecedentes de la DGA.

De acuerdo a los resultados del análisis desarrollado, se desprenden los siguientes comentarios (no se considera a la X Región del país, dado que se estima que la calidad de la información es deficitaria):

- En promedio el país presenta un alto nivel de pérdidas en riego, lo cual se refleja en una baja eficiencia en la utilización de los recursos hídricos.
- En general, esta baja eficiencia se debe básicamente a las técnicas de riego empleadas, constatándose una baja cobertura de riego tecnificado, la cual es del orden del 9% de la superficie total cultivada.
- Las regiones que presentan mayor eficiencia respecto al riego se concentran al norte de la región metropolitana, con una eficiencia promedio de 49,3%, en contraste con el resto del país, donde se alcanza un 37,3%.

- Cabe hacer notar que la superficie de riego comprendida al norte de la región metropolitana, apenas alcanza al 13,6% del total del país; además, en dicho sector, la superficie bajo riego tecnificado tiene una cobertura del 29,5%.
- No obstante lo anterior, a pesar de la escasez de los recursos hídricos en la zona norte del país, las eficiencias y las coberturas de riego tecnificado son bajas, con excepción de la cuenca del río San José y de la III Región (esta última, corresponde al sector que porcentualmente presenta mayor eficiencia y cobertura bajo riego tecnificado).
- Por otro lado, cabe hacer notar que en la aplicación del riego por lo general no se analiza los requerimientos asociados al tipo de cultivo, ni su relación con las características físicas del suelo y agroclimatológicas del sector. Básicamente el riego obedece a las características topográficas y dimensiones geométricas, así como también a la tradición transmitida de generación en generación.
- También cabe hacer notar que existen diversos sectores donde prácticamente no hay un costo asociado al uso del agua, y no existen incentivos para aumentar la eficiencia en la aplicación del riego.

Tabla III.5.4
Estimación de Superficie, Eficiencias y Tipo de Riego (Censo ODEPA 1997)

Región	Provincia	SISTEMA DE RIESGO			Total	% Superficie Bajo riego Tecnificado	Eficiencia de Riego (%)
		Gravitacional	Mécanico Mayor	Micro			
I Región	Arica	4180	5	1305	5490	23,9	46,9
	Parinacolta	1042	0	0	1042	0,0	35,0
	Iquique	1252	4	251	1507	16,9	43,4
	Total (Há)	6474	9	1556	8039	19,5	44,7
II Región	Tocopilla	23	0	0	23	0,0	35,0
	El Loa	2871	0	43	2914	1,5	35,7
	Antofagasta	3	19	3	25	88,0	67,6
	Total (Há)	2897	19	46	2962	2,2	36,0
III Región	Chañaral	16	2	-	18	11,1	38,9
	Copiapó	1604	87	6633	8324	80,7	75,2
	Huasco	5225	91	606	5922	11,8	40,7
	Total (Há)	6845	180	7239	14264	52,0	60,8
IV Región	Elqui	11718	305	4688	16711	29,9	49,7
	Limarí	16272	153	9141	25566	36,4	53,1
	Choapa	7028	12	209	7249	3,0	36,5
	Total (Há)	35018	470	14038	49526	29,3	49,5
V Región	Petorca	4040	803	3355	8198	50,7	58,9
	Los Andes	9250	158	1806	11214	17,5	43,5
	San Felipe	20001	241	2617	22859	12,5	41,1
	Quillota	11266	486	5988	17740	36,5	52,8
	Valparaíso	4936	1287	1211	7434	33,6	49,2
	San Antonio	765	549	203	1517	49,6	54,4
	Total (Há)	50258	3524	15180	68962	27,1	47,8
RM	Santiago	8989	131	417	9537	5,7	37,5
	Chabuco	3580	1435	2455	17470	22,3	44,9
	Cordillera	6680	243	385	7308	8,6	38,8
	Maipo	33816	1167	2196	37179	9,0	39,1
	Melipilla	44083	273	3877	50743	13,1	40,7
	Talagante	21288	200	1634	23122	7,9	38,8
	Total (Há)	128436	5957	10964	145357	11,6	40,2
VI Región	Cachapoal	120275	2027	4747	127049	5,3	37,4
	Colchagua	77434	421	1058	78913	1,9	35,9
	Cardenal Caro	1491	567	631	2689	44,6	54,1
	Total (Há)	199200	3015	6436	208651	4,5	37,0

VII Región	Curicó	76537	1354	1173	79064	3,2	36,3
	Talca	92795	715	1051	94561	1,9	35,8
	Linares	140412	1192	1183	142787	1,7	35,7
	Cauquenes	1665	22	227	1914	13,0	41,3
	Total (Há)	311409	3283	3634	318326	2,2	35,9
VIII Región	Ñuble	84997	908	478	86383	1,6	35,6
	Bio-Bio	91391	1085	148	92624	1,3	35,5
	Concepción	914	81	34	1029	11,2	39,4
	Arauco	525	225	22	772	32,0	46,6
	Total (Há)	177827	2299	682	180808	1,6	35,6
IX Región	Malleco	20119	947	179	21245	5,3	37,0
	Cautín	23961	5308	379	29648	19,2	41,9
	Total (Há)	44080	6255	558	50893	13,4	39,8
X Región	Valdivia	546	3393	538	4477	87,8	37,5
	Osorno	23	1978	283	2284	99,0	71,5
	Llanquihue	-	266	32	298	100,0	71,6
	Chiloé	-	1	-	1	100,0	70,0
	Palena	-	-	-	-		0,0
	Total (Há)	569	5638	853	7060	91,9	69,0
XI Región	Coihaique	2044	0	0	2044	0,0	35,0
	Aysén	80	0	0	80	0,0	35,0
	Gral. Carrera	1294	0	0	1294	0,0	35,0
	Cap. Prat	67	0	0	67	0,0	35,0
	Total (Há)	3485	0	0	3485	0,0	35,0
XII Región	Ult. Esperanza	110	0	0	110	0,0	35,0
	Magallanes	293	0	0	293	0,0	35,0
	T. Del Fuego	1389	0	0	1389	0,0	35,0
	Total (Há)	1792	0	0	1792	0,0	35,0
Total	968290	30649	61186	1060125	9	38,9	

Tabla III.5.5
Estimación de Demandas de Riego y Eficiencias

REGION	Superficie según Sistema de Riego (Ha)			Superficie Total (Ha)	Demanda (m3/ S)	Eficiencia de Riego (%)
	Gravitacional	Mecánico Mayor	Micro riego			
I	3474	9	1556	8039	6,1	44,7
II	2897	19	46	2962	0,5	36,0
III	6845	180	7239	14264	5,4	60,8
IV	35018	470	14038	49526	32,5	49,5
V	50258	3524	15180	38962	32,4	47,8
RM	128436	5957	10964	145357	120,8	40,2
VI	199200	3015	6436	208651	115,1	37,0
VII	311409	3283	3634	318326	153,1	35,9
VIII	177827	2299	682	180808	82,5	35,6
IX	44080	6255	558	50893	18,1	39,8
X	569	5638	853	7060	2,5	69,0
XI	3485	0	0	3485	1,2	35,0
XII	1792	0	0	1792	0,1	35,0
País	986290	30649	61186	1060125	570,9	38,9

d) Minería

El desarrollo de este acápite se basa principalmente en antecedentes relacionados con la minería del cobre, para lo cual se consultaron diversos estudios, seleccionándose los siguientes antecedentes:

- Estudio de Política Nacional para el Sector Minero. Comisión Chilena del Cobre (2001)

- Análisis de Sensibilidad del Valor del EDRC, G. Lagos y M. Andía, PUC, 2000

- Informe Nacional Sobre la Gestión del Agua en Chile

De acuerdo con estos antecedentes, el consumo promedio de agua en procesos mineros, corresponde aproximadamente a 14,3 m3/s, los cuales

se emplean principalmente en la minería del cobre.

En la minería del cobre, el principal uso del agua corresponde al proceso tradicional de concentración por flotación, seguido de fusión y electrorrefinación o en el proceso metalúrgico de lixiviación-extracción por solventes-electroobtención.

En el primer caso (concentración-fusión-electrorrefinación), los consumos típicos extremos de agua, varían entre 40 y 175 m³/ton de cobre fino, mientras que en el segundo (Lixiviación), un valor típico corresponde a 32 m³/Ton Cu fino.

El proceso de lixiviación - extracción por solventes - electroobtención se utiliza desde la década de los 60 para recuperación de cobre a partir de minerales oxidados de cobre, y desde la década de los 80 para la recuperación de cobre a partir de algunos sulfuros secundarios, principalmente la calcosina. Durante los 90, este proceso se ha aplicado en un creciente número de minas debido a su bajo costo de operación, comparado con el proceso tradicional.

En general, las principales fuentes de pérdidas de agua en los procesos de minería, corresponden a:

- Pérdidas por conducción y almacenamiento, fundamentalmente por limpieza y mantención de estanques
- Riego de caminos con el objeto de reducir el polvo en suspensión
- Ineficiencias en la de recuperación de agua en procesos de concentración-fusión-electrorrefinación.
- Evaporación (durante faenas de acopio, concentrado y tranques de relaves)

Además, existen algunos consumos indirectos, tales como consumo humano, generación y producción de insumos.

En la Tabla III.3.6, se resumen los requerimientos de agua fresca de las principales empresas mineras del país. Esta tabla se complementa con la Figura III.3.2, donde se muestra en forma gráfica dicha información.

De esta información, se desprenden los principales comentarios:

- En mineras que sólo emplean el proceso de lixiviación, el consumo promedio de agua es de 33,2 m³/ton Cu fino, mientras que en las en el caso de concentración, el consumo alcanza a

104,5 m³/ton Cu fino; en el caso de emplear ambos procesos, el consumo promedio alcanza a 54,3 m³/ton Cu fino.

- Los índices de recirculación de recursos hídricos fluctúan entre 38 y 85% (razones de recirculación 1,6 y 6,7 respectivamente), con un valor promedio de 73,2% (razón de recirculación 3,7).
- En general, en yacimientos importantes, los porcentajes de recirculación son altos, y se sitúan entre 70 y 85% (razones de recirculación 3,3 y 6,7 respectivamente), aproximadamente. Asimismo, se obtienen los menores consumos de agua en promedio.
- En general, las mineras que presentan menores requerimientos de agua, se ubican en la zona norte del país (I a IV Región), con un consumo promedio de 47 33,2 m³/ton Cu fino; en el caso del resto del país, el consumo promedio alcanza a 128 l/s. Ello resulta consistente con la escasez de recursos hídricos que se presenta en el sector norte del país.

e) Usos Industriales

En general, los consumos principales en usos industriales, consideran tres partidas principales: uso doméstico (instalaciones sanitarias y consumo), procesos industriales (en los procesos industriales propiamente tal y lavado de equipos e instalaciones, principalmente) y "aguas limpias" (en procesos de refrigeración y calderas, entre otros).

En el caso de Chile, los principales procesos productivos que requieren agua, corresponden celulosa y papel, metalúrgica y química, las cuales, de acuerdo con antecedentes de la DGA, consumen un 75% de las demandas de agua (30, 30 y 15%, respectivamente).

Figura III.5.2
Producción de Cobre en Función del Consumo Promedio de Agua Fresca por Tonelada

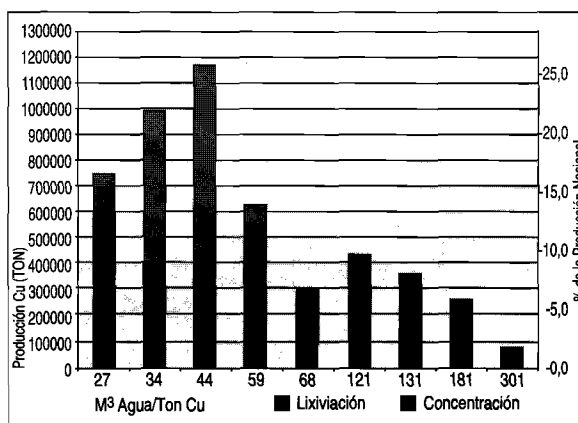


Tabla III.5.6
Requerimientos de Agua Fresca en Minería del Cobre

Región	Operación	Mineral	Producción Cu Ton/año	Material Flotación (ton/día)	Material lixiviación (ton/día)
I	Quebrada Blanca	Cobre	68.615	-	18.500
I	Collahuasi	Cobre	457.000	60.000	14.500
I	Cerro Colorado	Cobre	115.000	-	36.000
II	El Abra	Cobre	193.274	-	115.000
II	El Tesoro	Cobre	75.000	-	25.000
II	Chuquicamata	Cobre	630.119	165.000	16.000
II	Radomiro Tomic	Cobre	190.100	-	98.500
II	Lomas Bayas	Cobre	51.000	-	25.000
II	Escondida	Cobre	916.624	130.000	47.000
II	Zaldivar	Cobre	150.400	-	40.000
II	Mantos Blancos	Cobre	101.746	12.600	11.500
II	Michilla	Cobre	55.162	-	11.650
II	El Peñon	Oro y Plata	289000 oz Au	-	2.000
II	Las Luces	Cobre	8.400	1.667	-
II	Guanaco	Oro y Plata	16029 Au, Ag	-	5.500
II	Ivan-Zar	Cobre	13.000	-	1.800
III	El Salvador	Cobre	80.538	35.000	12.000
III	Candelaria	Cobre	203.900	60.800	-
III	Refugio	Oro	233000 oz 2	-	-
III	La Coipa	Cobre	250000 oz Au	-	16.500
III	Dos Amigos	Cobre	9.600	-	2.800
III	Manto Verde	Cobre	53.608	-	22.500
III	Punta del Cobre	Cobre	6.000	-	1.900
III	Agua de la Falda	Oro	44900 oz	-	1.000
IV	Los Pelambres	Cobre	310.000	110.000	-
IV	Andacollo Cobre	Cobre	22.029	-	9.300
IV	El Romeral	Hierro	3500000 hi	11.000	-
V	Andina	Cobre	257.970	64.500	-
V	El Soldado	Cobre	72.529	18.000	1.800
V	Cerro Negro	Cobre	5.000	1.400	-
V	Las Cenizas	Cu,Au,Ag	11000 cu	2.200	-
RM	Los Bronces	Cobre	181.448	37.000	6.000
VI	El Teniente	Cobre	355.664	99.200	-

(1) Se define como razón de recirculación al cociente entre el uso total y la cantidad de agua fresca captada

El resto de las industrias corresponde a textiles, lubricantes, alimentos y combustibles, entre otros, las cuales consumen el 25% restante.

En la Tabla III.5.7, se presenta un resumen con estimaciones de los principales usos de aguas industriales, separados por región. Esta información se ha obtenido del catastro de riles efectuado por la Superintendencia de Servicios Sanitarios.

Dada la gran variedad de productos, resulta complejo identificar eficiencias y consumos en los diversos procesos, sobre todo dado que se tienden a con-

fundir los recursos hídricos empleados en uso doméstico, aguas de enfriamiento y procesos industriales propiamente tal.

En general, una forma de analizar la eficiencia, corresponde a cambios tecnológicos, los cuales conducen a una atenuación en la demanda por recursos hídricos, ya sea por aumento en la recirculación o por disminución en los recursos de agua propiamente tal.

Dentro de este contexto, cabe hacer notar el caso de la celulosa, en donde el consumo de agua en

Fuente de Abastecimiento	Tipo	Agua Fresca Flotación (m3/tms)	Agua Fresca lixiviación (m3/tms)	Aguas Fresca Total (m3/tms)	Recirculación (%)	Razón de Recirculación (1)	Requisitos Agua (l/s)
Salar Michincha	Subterránea	-	0,44	0,44	-	-	94
Embalse Coposa, Salar Michincha	Subterránea	0,75	0,48	0,48	-	-	601
Pampa Lagunilla	Subterránea		0,26	0,26	-	-	108
Salar de Ascotán	Subterránea		0,13	0,13	-	-	173
Pozos	Subterránea		0,37	0,37	-	-	107
Vertientes, ríos y pozos	Subt. y Super	0,55	0,73	0,56	80	5,0	1.186
Ojos de San Pedro	Subterránea		0,12	0,12			137
Río Loa, agua riego	Superficial		0,38	0,38			110
Salar Putna Negra y Monturaqui	Subterránea	0,62	0,13	0,49	79,8	5,0	1.004
Salar Monturaqui	Subterránea		0,3	0,3	1100m3/año	-	139
Ríos	Superficial	0,45	0,2	0,33	-	-	92
Agua de Mar	Subterránea	-	0,42	0,42	-	-	57
Pozos	Subterránea	-	0,28	0,28	80	5,0	6
Punta García	Agua de Mar	1,66	-	1,66	55	2,2	32
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
Ríos, vega, salar	Superf. y Subt.	1,71	0,55	1,41	38	1,6	769
Pozos	Subterránea	0,39	-	0,39	85	6,7	274
							-
Salar Maricunga	Subterránea	-	0,25	0,25	80	5,0	48
-	-	-	-	-	-	-	-
Pozos Valle Copiapó	Subterránea	-	0,3	0,3	-	-	78
-	Subterránea	-	-	-	-	-	-
Ríos	Superficial	-	0,43	0,43	-	-	5
R. Pelambre, Choapa y Piuquenes	Superficial	0,38	-	0,38	85	6,7	484
Pozos	Subterránea		0,22	0,22	-	-	24
Ríos, pozos, agua interior mina	Superf. y Subt.	0,13	-	0,13	-	-	17
Río drenes	Superf. y Subt.	1,98	-	1,98	61	2,6	1.478
Pozos	Subterránea	0,77	-	0,73	-	-	160
Pozos	Subterránea	2	-	2	40	1,7	32
Pozos	Subterránea	1,6	-	1,57	53	2,1	41
Ríos	Superficial	0,82	0,58	0,79	-	-	391
Ríos, vertientes, pozos	Superf. y Subt.	1,29	-	1,29	58	2,4	1.481

los procesos productivos ha disminuido en forma importante como producto de las mejoras tecnológicas. Esto ha permitido que hoy en día se consuman, por tonelada de celulosa producida, sólo 40 metros cúbicos de agua, en circunstancias que en los años 80s, el consumo de agua por tonelada de celulosa era de entre 120 y 140 metros cúbicos. Asimismo, mejoras de eficiencia han permitido cerrar el circuito, es decir, reutilizar en mayor grado el agua consumida. Esto ha significado que hoy cerca de un 95% del agua usada en los procesos son purificadas y vueltas a usar, así también son limpiados antes de devolverlos a los

cursos fluviales. Sólo un 5% se pierde por evaporación.

III.5.3 Acciones pro uso Eficiente del Agua en Chile

a) Generalidades

En el contexto de este trabajo se entenderá por acciones pro uso eficiente del agua, aquellas cuyos objetivos específicos sean precisamente esos, así como también aquellos que se llevan a cabo con objetivos diferentes, pero que indirectamente contribuyen a

TABLA III.5.7
ESTIMACIÓN DE CONSUMOS INDUSTRIALES
A TRAVÉS DE DESCARGAS DE RILES

Región	Q. Riles (m3/s)
I	0,41
II	0,07
III	0,96
IV	0,30
V	1,32
RM	2,68
VI	2,08
VII	0,96
VIII	7,44
IX	0,93
X	0,81
XI	0,02
XII	0,04
Total	18,02

mejorar la eficiencia de uso en un determinado sector, ya sea aumentando la oferta de agua utilizable o bien, disminuyendo la demanda de agua.

b) Análisis sectoriales

b.1) Sector Riego

En este sector se llevan a cabo proyectos tanto por iniciativa del Estado como por iniciativas de los privados, que contribuyen a mejorar la eficiencia del uso del agua en riego. Entre estos cabe mencionar los siguientes:

- Aplicación de la Ley de Fomento del Riego (N° 18.450) por parte de la Comisión Nacional de Riego (CNR). Fondos concursables para proyectos de riego prediales (en general), en los que el Estado subsidia un porcentaje de hasta un 75% del valor de los proyectos. La CNR llama a concursos diferentes para distintos segmentos de agricultores o contribuye a financiar, entre otros, a proyectos que tienen efectos importantes en la mejoría de la eficiencia del uso del agua en riego. Entre estos: construcción y rehabilitación de tranques de noche; tecnificación del riego predial; revestimiento de canales; etc.
- Proyectos de Riego impulsados y financiados por la Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas (M.O.P.): corresponden a proyectos de riego de gran envergadura, que están orientados a mejorar la seguridad de riego de terrenos ya regados, y a poner en riego nuevas

áreas. Estos proyectos deberían ser pagados parcialmente, a largo plazo, por los propios beneficiarios. Entre los proyectos que emprende el M.O.P. cabe destacar las obras de regulación que se construyeron históricamente, y especialmente las construidas en la última década; embalse Santa Juana (cuenca río Huasco); embalse Puclaro (cuenca río Elqui) y embalse Corrales (cuenca río Choapa); estos embalses mejoran la eficiencia en el uso del agua para riego, permitiendo disminuir la variabilidad en la oferta y posibilitando un aprovechamiento más rentable de las superficies agrícolas de riego. También el M.O.P. efectúa proyectos de revestimiento de canales; unificación de bocatomas; etc. que están orientados a disminuir las pérdidas de conducción y distribución del agua.

b.2) Sector Agua Potable

Existen las siguientes acciones que tienen impacto en la eficiencia del uso del agua en este sector:

- Las tarifas que se cobran a los consumidores por los servicios de agua potable contemplan una tarificación por m3 de agua consumida, más una tarifa por sobreconsumo en las épocas de máxima demanda. El objetivo original de esta medida era tratar de disminuir la demanda en períodos de punta (primavera-verano en la zona central de Chile) con el objeto de disminuir la demanda en estos períodos, y así disminuir la necesidad de inversión de las empresas para satisfacer las máximas demandas. Por supuesto, esta medida tiende a bajar las demandas de punta y así se contribuye a preservar el recurso agua en las fuentes.
- El proceso de fijación de tarifas para las Empresas de Servicios Sanitarios, contempla una pérdida máxima para la empresa "Modelo", que en general las empresas reales, en la práctica, no cumplen. Esto incentiva a las Empresas a disminuir sus pérdidas en los sistemas de conducción y distribución, ya que no pueden traspasar a tarifas pérdidas efectivas superiores al máximo aceptado (hoy en día este valor es de un 20% de los caudales producidos)²⁰. Esta modalidad de fijación de tarifas tiende en el sentido correcto, de mejorar la eficiencia de uso del agua, y por tanto de preservar el recurso agua en las fuentes.
- En Chile se subsidia la cuenta mensual de agua potable, a aquellos usuarios que están por debajo de un nivel mínimo de ingresos mensuales. Este subsidio se aplica a todos los caudales comprendidos entre cero y hasta un tope máximo. De tal manera que si un usuario se excede en su consumo del valor máximo prefijado, este excedente siempre tendrá que pagarlo el usuario.

²⁰ Nota: En todo caso lo que aquí se denomina pérdida, es en realidad subfacturación, y sólo una parte puede ser efectivamente pérdida física, mientras el saldo puede deberse a submedición de los caudales usados, o bien a conexiones clandestinas.

Esta forma de aplicar el subsidio, también tiende a controlar la demanda y por tanto tiende a preservar el recurso agua en las fuentes.

b.3) Sector Energía Eléctrica

En este sector también se aplican tarifas a los usuarios que, en épocas de demandas de punta (período de otoño-invierno con menos horas de luz solar) fijan un límite máximo por sobre el cual, los consumos excedentes se cobran a una tarifa de sobreconsumo más elevada. El límite máximo se determina según el promedio de consumo de cada usuario en el período no punta del año. El sistema se convierte en un incentivo para los usuarios a consumir más energía en los períodos de no punta, y un castigo al sobreconsumo en períodos de punta, con el objetivo de que los usuarios suavicen la variación estacional de su curva de demanda. Dado que el sistema de energía eléctrica del país se abastece en más de un 50% de generación hidroeléctrica, existiendo además varias obras de regulación en este sistema, la modalidad de cobro de tarifas debe tener influencia en la oportunidad de los caudales en los ríos para otros usos.

b.4) Sectores Industrial y Minero

En general, en estos sectores las decisiones con respecto a introducir métodos para mejorar la eficiencia en el uso del agua tienen fundamentalmente que ver con los ahorros de costos que estos métodos puedan introducir en los procesos productivos. Vale decir las Empresas invertirán recursos económicos en los sistemas de disminución de pérdidas y recirculación de aguas, en la medida que estos resulten más económicos que desarrollar nuevas fuentes.

La situación actual en estos sectores fue descrita con cierto detalle en el Capítulo 2, donde se observa que en general las empresas mineras ubicadas en zonas de gran escasez natural de recursos de agua tienden a tener razones de recirculación de agua relativamente altas.

Asimismo, en algunos sectores industriales que tienen grandes requerimientos de agua para sus procesos productivos, como lo es la industria de la celulosa y el papel, los cambios tecnológicos que se han ido gradualmente desarrollando, han ido disminuyendo significativamente los requerimientos de agua por unidad de producción. No existen en todo caso antecedentes suficientes que permitan efectuar un diagnóstico completo sobre las eficiencias de uso del agua en el sector industrial en Chile.

c) Conclusiones sobre la Eficiencia del Uso del Agua en Chile

c.1) En el sector riego, las eficiencias del uso del agua son más bien bajas a nivel de predios y a

nivel de sectores de riego. Dado que las pérdidas de agua son en muchos casos reutilizables en sectores de aguas abajo, las eficiencias a nivel de cuenca son algo mejores, aunque distan de aproximarse a niveles que pudieran considerarse como buenos.

c.2) En el sector agua potable, las eficiencias son también bajas, aún cuando puede atribuirse que una parte importante de estas bajas eficiencias se deben a subfacturaciones por problemas de medición y por conexiones clandestinas; las pérdidas físicas son probablemente una parte más bien moderada de las pérdidas totales.

c.3) En los sectores industriales y mineros las eficiencias de uso del agua pueden considerarse razonables en general.

c.4) En general no existen criterios o medidas que orienten el uso del recurso en una perspectiva de preservación del agua en las fuentes naturales, como un objetivo deseable para la sociedad en su conjunto, o como un objetivo de sustentabilidad ambiental del recurso agua en el largo plazo. En este aspecto, las acciones más recientes adoptadas por la autoridad incluyen la introducción de caudales mínimos que se deben respetar en los ríos, de carácter ecológico, cuando se otorgan derechos de aprovechamiento de caudales superficiales, o cuando se formulan solicitudes de aprobación para la construcción de nuevas obras hidráulicas (bocatomas o embalses) o solicitudes de traslado del ejercicio de derechos anteriores. Cabe señalar que los efectos prácticos de estos caudales ecológicos son más bien limitados, dado que por una parte, en un número importante de cuencas hidrográficas de país y a todas las aguas disponibles se considera que han sido comprometidas por derechos permanentes anteriores, y por lo tanto no se están otorgando nuevos derechos permanentes; por otro lado, los caudales ecológicos que se fijan por solicitudes de nuevas obras, en estricto rigor sólo comprometen al titular de los derechos de aprovechamiento que hace la solicitud, y no compromete a los usuarios de aguas abajo.

III.5.4 Debate

El Sr. Carlos Espinoza (Moderador): Antes de dar la palabra quisiera hacer algunos comentarios sobre la última parte de la exposición, sobre el tema de la eficiencia en el plano sectorial. Tengo un par de comentarios al respecto, especialmente por un proyecto en que estamos trabajando. Si miramos, por ejemplo, el tema de una cuenca urbana, como es el caso de la cuenca de Santiago, gran parte de la recarga en la cuenca, sobre todo en el sector norte, está relacionada con pérdidas del sistema de agua potable.

Esto es parte de una de las conclusiones de nuestro estudio. De tal manera que, si bien el aumento de la eficiencia implica una mejor operación de la empresa, va a significar eventualmente una reducción de la recarga y tal vez un impacto sobre el sistema.

En una cuenca agrícola, por ejemplo, una mejora en la eficiencia de uso puede significar una disminución en la disponibilidad de agua en sectores aguas abajo, de manera que también podría significar cambios en la situación que actualmente existe. En el caso minero, muchas de las eficiencias de que se está hablando incluyen un uso reiterado del agua, pero hay actividades mineras, sobre todo en la zona central, en que la parte final del uso del agua es para riego, pero no para riego productivo sino para evapotranspiración, de tal manera que se está ocupando agua que eventualmente podría ser ocupada para fines agrícolas, simplemente para regar árboles, para evitar que haya descarga. Entonces, si bien en el plano sectorial es importante el tema de la eficiencia, también hay que verlo en el contexto de su impacto sobre el sistema hídrico en su conjunto.

El Sr. Rodrigo Gómez (Dirección de Obras Hidráulicas) señala que durante su exposición, Ernesto Brown nos habló de las eficiencias que podemos llamar técnicas, las eficiencias de uso técnico por sector, pero también nos habló de los aspectos económicos involucrados. Dejó planteado además una relación, un compromiso, entre el concepto de uso eficiente con lo que es la preservación ambiental. En una de sus últimas transparencias afirma que no hay un concepto que relacione estas cosas. Me parece que tratándose de una discusión orientada a un plan nacional de gestión integrada de recursos hídricos, este concepto es fundamental. Debemos invertir tiempo en reflexionar sobre qué entendemos por uso eficiente. Se nos explicó que 'uso eficiente' al menos tiene tres componentes. Una componente técnica, una económica y un aspecto de carácter ambiental, conservacionista o preservacionista, y pareciera que al momento actual estamos confundidos. Pareciera que hay cosas en que hay que avanzar, que hay cosas que debemos definir adecuadas a la realidad nacional, porque significa simplemente que eso es lo que va a guiar y va a ser el concepto base dentro de un plan nacional de gestión integrada. De modo que lo que quiero reforzar es la idea de detenernos en algún momento para una reflexión profunda sobre el concepto de uso eficiente en sus distintas dimensiones, como un paso previo, fundamental en la construcción de un plan nacional de gestión integrada.

El Sr. López hace la siguiente pregunta: ¿Las cifras que se mostraron son todas respecto a aguas superficiales o incluyen aguas subterráneas o son estas últimas despreciables en su volumen?

El Sr. Ernesto Brown responde que las cifras incluyen aguas subterráneas, pero en las cifras a las que tuvo acceso no hay distinción, no hay cifras específicas

sobre aguas subterráneas. Por lo menos el sector industrial y el sector minero claramente incluyen aguas subterráneas, al igual que el sector doméstico. En el sector riego pudiera ser que las cifras disponibles no las incluyan, pero realmente en el contexto de las cifras totales son más bien despreciables.

El Sr. López señala que si pensamos en un uso integral del agua, ¿las mejoras de eficiencia en el sector aguas superficiales no pueden ir asociadas a su vez a disminuciones de recarga y pérdidas en la disponibilidad de aguas subterráneas? Ahí aparecería una nueva dimensión del concepto de eficiencia, en términos de que se está perdiendo agua en un sector, pero a lo mejor se está aprovechando en el sector de aguas subterráneas.

El Sr. Brown indica que eso es indudable. En muchas cuencas de nuestro país está claramente demostrado que el riego es una de las fuentes importantes de recarga de agua subterránea.

El Sr. Raúl Ferreira (INIA) señala: vimos que las recargas están jugando un papel importante dentro del análisis de la eficiencia. Pensando en lo que se planteó aquí en cuanto a que era muy baja la superficie con riego tecnificado y que hay recuperaciones de los riegos superficiales en puntos más abajo, y por otro lado, que todos los equipos de riego tecnificado tienen uso de energía, la que en gran parte está generándose también a partir de la hidroeléctrica, ¿cuál es la relación de eficiencia en esos equipos? Porque a lo mejor no se trata sólo de la eficiencia del sistema de aplicación.

El Sr. Ernesto Brown indica que no es capaz de responder esa pregunta. Probablemente tienes razón, pero yo por lo menos no tengo información para hacer un análisis de ese aspecto. En todo caso me parece un tema interesante.

Soledad Gallegos (Dirección General de Aguas) interviene señalando que quiere aclarar algunas de las cifras que se dieron. La 3ª Región es una de las regiones que tiene riego tecnificado y las cifras incluyen el valle de Copiapó. Respecto al tema del uso de la energía y la eficiencia, puedo señalar que la 3ª Región usa energía de una planta que es de ciclo combinado, lo cual la hace un poco más eficiente en relación con la que usa una hidroeléctrica. Esto significa que se están usando otros sistemas, además, para poder abastecer a la 3ª, el Huasco, el valle del Copiapó, que se abastecen desde Guacolda, que es una termoeléctrica.

El Sr. García (OIEA) señala que pide disculpas porque es una persona de afuera y por lo tanto no tiene a su alcance todos los antecedentes para poder entender perfectamente. Pero sí está claro que cuando hacemos comparaciones con otros países del mundo y en particular con países desarrollados, uno de los factores que más ha contribuido a aumentar la eficiencia del uso del

agua es lo que le cuesta a la persona que lo está usando. Estamos diciendo que hay un costo de energía, para bombear, para sacar agua del subsuelo, etc., pero lo que no entiendo muy bien, es cuánto le cuesta a la persona que tiene derecho a usar el agua. ¿Esa persona tiene que pagar algo por usarla? ¿La usa indefinidamente en función del derecho que tiene? Eso evidentemente es un factor que pesa mucho y que en cierta manera incide en la eficiencia. En Alemania, por ejemplo, muchos de los proyectos modernos de casas contemplan sistemas separados, donde juntan el agua de lluvia en cisternas y la usan en la parte sanitaria. No por razones ambientales, sino para cuidar el bolsillo, porque el agua sale tan cara que resulta más barato hacer una inversión inicial. Resumiendo, mi duda es cómo el costo del agua influye en las presentaciones que se han hecho.

El Sr. Brown responde que sin duda el factor costo es el principal en los temas de minería, industria y agua potable. Pero, en general, en Chile no se paga por el derecho de agua y no se paga por el agua misma. En el caso del riego, por ejemplo, la gente que usa los pozos paga la energía, y la gente que usa agua superficial paga los gastos comunes de mantención de canales, reparación de canales, pero no paga por el agua. Por eso, una de las interrogantes que dejé planteada es que si queremos mejorar el riego a lo mejor hay que ir a una tarifa por uso, por volumen usado, más que por derechos de agua.

El Sr. Christian Neumann (Director Regional de Aguas, Región de Valparaíso) dice que en la exposición se mencionaba que el Código de Aguas no establecía elementos de preservación y conservación. Quisiera hacer una precisión al respecto. La verdad es que el legislador en el artículo 9º transitorio justamente establece que la Dirección General de Aguas debe asumir todas esas responsabilidades y asumir además una función de coordinación con todos los servicios públicos. Obviamente que de alguna manera eso se puede prever dentro de las actividades que ese servicio realiza y que también son fuertemente impactadas por la vigencia de la ley 19.300. También es importante señalar que el Código sí establece una visión de conservación y preservación del recurso, aun cuando no dentro de su texto obligatorio.

Además el Sr. Neumann dice que quiere destacar un tema relacionado con la presentación sobre agricultura, en lo relativo al uso eficiente del recurso. Hay una obligación legal por parte de las organizaciones de usuarios de avanzar en la capacitación de sus propios miembros y se establece también que ellas están facultadas para celebrar convenios. Esto es muy importante cuando se trata de plantear determinados temas en la comunidad, en la sociedad y establecer ciertas alianzas estratégicas con el sector privado. La verdad es que tampoco nosotros desde el punto de vista del mundo público hemos aprovechado esas instancias. Resumiendo, primero: existe una obligación legal; segundo: existen efectivamente convenios, y tercero: podemos atraer en este tema tan importante a quienes son directamente quie-

nes están usando el agua en un sector tan importante, como se acaba de mostrar en los gráficos de la realidad nacional. Aquí hay una línea de trabajo importante que incluso podría quedar para las actas de la presentación sobre agricultura.

El Sr. José Olivares (Consultor de la Dirección de Obras Hidráulicas) dice que Ernesto Brown mencionó las rigideces en las estructuras de distribución y las pérdidas operacionales como factores importantes de las bajas eficiencias. Yo diría que esa afirmación es un poco suave, demasiado blanda. Debo decir que me sorprende el grado de primitivismo de los canales de conducción del agua en Chile. Si uno los recorre, no ve estructuras transversales de control, no ve estructuras para mantención del nivel de los canales, no ve sistemas de telemetración, no ve compuertas teleactuadas, no ve absolutamente ninguna estructura que permita manejar el agua en el canal; no existen estructuras de descarga, a veces las descargas son simplemente por rompimiento de muro y destrucción aguas abajo. Entonces pienso que, más que solamente afinamientos generales se necesita una pequeña revolución en materia de manejo de canales. Es necesario hacer una inversión muy grande tanto en los canales más modernos (me ha tocado recorrer los dos más modernos del país) como en los más primitivos.

El Sr. Olivares señala que un segundo aspecto tiene que ver con el tema de las demandas medioambientales. En Chile recién estamos introduciendo este factor y alguien decía ayer que de ahora en adelante el manejo de cuencas lo va a llevar más la CONAMA que la

D.G.A. Y me temo que va a ser cierto. Me tocó conocer una experiencia en Australia, donde llegaron a la conclusión de que también los ríos necesitan agua. Fue el caso de un río de más o menos 500 kilómetros de largo, en un año de baja precipitación y alta extracción. Se produjo un florecimiento de algas a lo largo de 500 km, lo que inhabilitó totalmente ese río para todo uso; el agua era tóxica y no usable para agua potable, para riego ni para nada. Entonces tuvieron que imponer un programa tremendamente drástico de reducción de extracciones para poder mantener caudales mínimos en el río, que permitieran que el río funcionara como tal. De ahí nació el eslogan de "Los ríos también necesitan agua". Creo que estamos empezando a comprender eso en Chile y ello nos va a imponer restricciones que realmente son indispensables.

El Sr. Ramón Downey (Consultor) indica que no le quedó claro si las cifras de pérdidas consideran el agua

La compraventa de derechos de agua ha resuelto en el país, en forma económicamente eficiente, algunos problemas de asignación.

que se pierde al escurrir durante toda la noche, que es una situación más o menos normal en Chile. Se calcula que el 3 por ciento de los agricultores, a lo más, riegan durante la noche. Esto diferenciaría el riego de todas las demás pérdidas, porque evidentemente en las casas normalmente las llaves quedan todas cerradas en la noche.

El Sr. Ernesto Brown responde que las cifras que estaban puestas como cifras de pérdida en la cuenca, incluyen los reúsos de agua. Por lo tanto, indirectamente, las aguas que no se usan durante la noche, que se recuperan en los cauces y que pueden ser captadas aguas abajo están consideradas en las cifras, si bien parcialmente, por los reúsos dentro de la cuenca.

El Sr. Downey dice que entonces, por el número de horas que no se usan durante la noche, las cifras de pérdidas debieran ser mucho más altas.

Los usos del agua "in situ" no están considerados en la Ley de Aguas vigente en Chile.

El Sr. Diego Varas (Ingeniero de la Junta de Vigilancia del Río Longaví) señala que al hablar de eficiencia surge claramente el tema de los caudales de retorno. Se puede buscar la eficiencia a través de la tecnificación; sin embargo, la eficiencia en la cuenca no está evaluada completamente. Alguien mencionaba el tema de la energía; por ahí hay que buscar valores más precisos. También me quiero referir a algo que dijo Christian Neumann, pues me parece que ahí hay una clave tremenda para las organizaciones. Efectivamente no se ha asumido completamente la materia de la capacitación, que tiene un efecto importante. También creo importante que en este Taller se llegue a consenso en las materias relevantes. Respecto de lo que planteaba un integrante de la DOH, insisto que estamos hablando de agricultura y su rentabilidad; por lo tanto, la tecnología que se pueda adoptar debe estar relacionada netamente con la rentabilidad de los cultivos.

El Sr. Varas señala que en cuanto al tema de lo que hacen las organizaciones, es interesante enfatizar que ellas avanzan en la medida de sus propias inversiones. En este sentido influyen evidentemente los incentivos para que avancen; y es un hecho que algunas tienen una mayor dinámica de acción. Sin embargo, el problema de la inversión en infraestructura es un tema que frena un poco este avance. Me refiero a infraestructura de seguridad, de conducción, etc. Hay mucho que avanzar en esto todavía y hay que ligarlo a la rentabilidad de los cultivos, por cierto.

El Sr. Varas indica que quiere concluir señalando que existe una amplia aceptación de muchos conceptos y de la conveniencia de aprovechar lo que planteaba Christian; ahí hay temas relevantes que las organizaciones pueden asumir.

El Sr. Brown indica que sin duda existen zonas donde la agricultura es más tradicional y tiene rentabilidades que probablemente no posibilitan mejorar los métodos de riego ni la infraestructura para el riego. Pero si uno mira otras zonas, por ejemplo, el propio valle del Aconcagua, donde hay muchas plantaciones, todas con riego tecnificado en los predios, hay bastante inversión y obviamente las rentabilidades de ese tipo de producción son importantes. Sin embargo, en las obras matrices, que son las obras comunes, no se hacen las inversiones que uno esperaría ver. No hay sistemas modernos de compuertas ni de distribución que podrían esperarse dentro de las obras comunes para ese tipo de empresa agrícola que está surtiéndose de ese canal. Me parece que se privilegia la inversión propia en el predio propio; a lo mejor el agricultor aprecia menos la inversión que hace en obras que son comunes, probablemente porque los beneficios no son sólo para él sino para varios más. Esa es mi percepción y tiene que ver con una actitud cultural que creo que prevalece y que debiera mejorarse.

El Sr. Humberto Peña señala que iba a decir algo muy parecido a lo que dijo Ernesto Brown. Coincido absolutamente en eso de que hay un elemento cultural que está pesando en este tema y que lleva a que haya una muy buena disposición a invertir dentro del predio, pero muy baja disposición a invertir en mejoramiento de eficiencia fuera del predio, por razones culturales o de organización. Recuerdo haber estado en reuniones con organizaciones en períodos de sequía bastante críticos y en los cuales las condiciones de operación eran muy precarias; hicimos un ejercicio para ver cuál era el activo que estaba administrando ese grupo y concluimos que se trataba de cifras del orden de los 50 millones de dólares. En esas circunstancias, uno se plantea que si hubiera una real conciencia de lo que se está administrando desde el punto de vista del valor económico, probablemente las condiciones de operación, de trabajo, serían mucho mejores.

Además quiero tocar otro tema, más bien como una invitación a la reflexión. Existen hoy día instrumentos de mejoramiento de la eficiencia en el país, entre los cuales el riego es el principal, a través del subsidio. A esto se une el esfuerzo privado, lo que da resultados muy exitosos, tal como lo han demostrado todas las evaluaciones. Sin embargo, creo que merece alguna reflexión que instrumentos como la Ley de Fomento al Riego son instrumentos que no hacen diferencias respecto al impacto de tipo global. En otras palabras, da lo mismo mejorar la eficiencia en la parte alta que en la parte baja, en una parte en que hay efectos positivos aguas abajo o en una en que no los hay. Pero eso significa en la práctica que no se está recogiendo el impacto global de mejoramiento en toda la cuenca, lo que puede generar algunas distorsiones. Recuerdo al respecto el caso de una obra de mejoramiento de eficiencia que se iba a realizar en el norte, en el sector de Azapa. Hicimos una evaluación y concluimos que su ejecución

significaba un impacto muy negativo sobre las aguas subterráneas del valle, las que estaban siendo intensamente utilizadas. Hubo diversas reacciones, en la misma región y después de varias gestiones y análisis se llegó a la conclusión de que no era conveniente apoyarla. Pero si uno hubiera analizado el tema en forma absolutamente aislada y con las reglas del juego tal como están planteadas, sin ningún otro tipo de consideración, se pudo haber traducido en un subsidio muy sustantivo para realizar una obra que tenía un beneficio local pero un impacto muy negativo para el conjunto. Creo que es importante generar algún tipo de análisis para determinar si es posible incorporar esa visión integral dentro de nuestros instrumentos.

También quería referirme al tema de los caudales ecológicos que se ha mencionado en esta reunión. Debo señalar que ese instrumento se está utilizando ya hace unos 10 años o más en la Dirección de Aguas y en el hecho tiene aplicación para las cosas nuevas. En consecuencia, ha tenido bastante importancia desde el punto de vista de lo que es el desarrollo de los derechos que se conceden en las regiones 8ª, 9ª y 10ª, pero no en lo que constituye, en mi opinión, un pasivo ambiental en buena parte del valle central, básicamente a partir de las primeras secciones de riego y hasta antes de la llegada al océano. Este instrumento lo hemos visto como un instrumento de la administración, no como un instrumento privado. ¿A qué me refiero con esto? Ha habido en determinados momentos grupos particulares que han solicitado derechos de aprovechamiento con el fin de mantenerlos en los cauces, y lo han planteado en esos términos. Nosotros hemos interpretado que la legislación habla de derechos de agua de extracción; de hecho hay muchos elementos dentro del Código que apuntan a eso, a que lo que se entrega de agua es lo que se extrae de agua, o sea, que el derecho de agua está concebido para extraerla, cuestión que me parece bastante razonable, porque el hecho de que el agua permanezca en el cauce es una función pública, no puede ser una función privada. En otras palabras, sería muy peligroso que unilateralmente un grupo cualquiera pudiera decidir que las aguas van a mantenerse en el cauce. Hay varios ejemplos de esto y siempre han sido resueltos con este criterio.

Dentro de ese tema están no solamente los caudales para la preservación de la vida silvestre, sino también otros conceptos. Es así como se ha trabajado en confeccionar catastros de usos in situ del recurso hídrico en algunas regiones del país. De hecho, en la 10ª Región se ha trabajado en esta materia y se quiere ampliar esto a otras regiones, considerando no solamente los temas asociados a vida silvestre, sino también temas recreacionales y otros. Siempre ha estado presente el tema de los saltos, por ejemplo, el Salto del Laja, y este tipo de materias ha influido en las decisiones respecto de los caudales que es posible otorgar. Quería rescatar el tema de las aguas que se mantienen en los ríos, pues me parece que debe ser una función de carácter público. La

forma como se decide ello hoy día es a través de la administración de los instrumentos disponibles; mañana podrá ser de otra forma.

Finalmente quiero señalar que el tema de la evaluación del impacto ambiental en absoluto reemplaza esta función que yo señalaba y que se está aplicando actualmente. De hecho, la evaluación del impacto ambiental desde este punto de vista es muy limitada, porque entran al sistema solamente algunos proyectos. Al respecto, puedo informar que las solicitudes presentadas al año a la D.G.A. son del orden de cinco mil. De estos, actualmente entre cincuenta y cien proyectos requieren estudios de impacto ambiental. Hay infinitas situaciones en las cuales los aprovechamientos no pasan por el sistema de evaluación de impacto ambiental, de modo que tiene que estar siempre vinculado estrictamente al proceso de concesión de derechos de agua. En los casos en los que los proyectos entran al sistema de evaluación, se abre la posibilidad de establecer restricciones a la propiedad en general. Ese es, por ejemplo, el caso de Ralco. El derecho de Ralco, que fue constituido en la década del 80, no tiene restricciones de carácter ambiental. Pero la obra, la represa sí las tiene, y en consecuencia la operación de esa obra va a estar condicionada por ello. No se trata de que haya incompatibilidad entre ambos sistemas, pero me parece que uno no reemplaza al otro.

El Sr. Ernesto Brown señala que quiere dar algunas opiniones sobre lo que acaba de plantear Humberto Peña. Me parece bien que la Dirección General de Aguas considere aquellos aspectos que él señalaba para usos in situ. Sin embargo, tengo la impresión de que eso lo está haciendo la administración en función de una forma de ver lo que debe ser el uso del agua que no necesariamente está clara en el Código de Aguas. Puede ser, por supuesto, que no se otorguen derechos para usos in situ. Pueden ser reservas de agua en ríos para objetivos específicos, pero debería haber un reconocimiento formal legal de ese tipo, una facultad que puede radicar en la D.G.A. o en alguna otra instancia, pero debería ser mucho más formal de lo que es hoy día. De hecho, por ejemplo, en ciertas zonas uno podría demostrar que el turismo como actividad económica es mucho más importante y en esta forma reservar el agua en determinado río para efectos paisajísticos y turísticos, en vez de conceder un derecho de agua para uso extractivo para un riego de algún tipo. No me parece para nada claro que ese tema se considere zanjado simplemente por la actitud de la administración; me parece bien, pero no suficiente.

El Sr. Eugenio Celedón (Asesor de la Dirección de Obras Hidráulicas) dice: El primer punto que quiero plantear tiene que ver con un tema mencionado en intervenciones anteriores en cuanto a la posibilidad de algunos agricultores para desarrollar obras externas al predio, en términos de eficiencia. En ese aspecto creo que fortalecer las organizaciones de cuenca debe ser

una tendencia o una política deseable, y ello asociado a la disponibilidad de los derechos de agua y al mejor uso del recurso, subterráneo y superficial, porque actualmente las transacciones o los traslados de los derechos se hacen entre privados en función de los intereses particulares de quienes se vinculan en esa transacción. Eventualmente, un agricultor podría vender parte de sus derechos, si necesitara menos agua, a alguien que la necesitara o tuviera una demanda más importante. Pero esto en la actualidad no ocurre, porque el agricultor, por sí mismo, no puede lograr esa eficiencia. Sin embargo, en una administración integrada, en que participan los distintos interesados en el uso del recurso en la cuenca, podría perfectamente no esperarse siempre que el Estado, a través de la ley 18.450 u otros mecanismos, sea quien deba hacer las reparaciones de los canales matrices, sino que una empresa minera o el sector de agua potable fueran capaces de invertir los recursos que se necesitan desde el punto de vista agrícola, por ejemplo, en mejoramiento de la distribución en los canales matrices, obteniendo contra esa inversión derechos de agua o el marginal que los agricultores dejan de necesitar.

Por otro lado, hay un tema de tipo espacial, que tiene que ver con el manejo integrado de los recursos superficiales y subterráneos y que dice relación con algo que sucede en varias de las regiones del país. El punto es cómo se disponen los recursos en forma natural; por ejemplo, que en la meseta central existen las mayores cantidades y las mayores facilidades para la obtención de los recursos de agua subterránea, y ello es coincidente con la zona agrícola y con la primera y la segunda sección de los ríos, que es donde se ocupa agrícolamente la mayor cantidad de las aguas superficiales. Entonces quedan las zonas costeras sin recursos superficiales y ahí el agua subterránea es más difícil de captar por las condiciones hidrogeológicas, por los materiales de granulometría más fina, menor permeabilidad, etc. Mirado esto desde la perspectiva de una administración de cuenca, se podrían generar transacciones dentro del conjunto, en términos, por ejemplo, de permitir una explotación más intensa de aguas subterráneas en sectores donde se encuentra en mayor cantidad y se produce con mayor facilidad, liberando recursos de agua superficial que podrían ser utilizados en riego mecanizado en los sectores costeros donde el agua es más escasa. Sería una forma de generar una mayor eficiencia en su uso. Estas son dos líneas de política que creo que habría que considerar en el futuro.

El Sr. Christian Neumann señala que quiere abordar el tema de la visión multidisciplinaria desde el punto de vista de un contraste y complemento, de un texto y un contexto. Es un tema en el cual hay un elemento jurídico y uno legal, que son importantes. Hemos desarrollado el tema desde la economía, desde la ingeniería, pero el hecho es que hay un señor que tiene un bien jurídico, que es un derecho de aguas y que de acuerdo con

la Constitución puede hacer lo que él estime pertinente, incluso podría "destruirlo". Ese elemento de conciencia social tiene que estar contextualizado dentro de las facultades de que él dispone. Si alguien puede hacer tantas cosas respecto del agua, naturalmente puede también hacer uso ineficiente de la misma. En ese marco es importante incorporar el tema del derecho en esta visión multidisciplinaria. Es más, desde el punto de vista de un abogado, creo que el derecho de aguas tiene que ser un aporte, porque su desarrollo en el país todavía no está completo y uno de los temas en los cuales precisamente no está presente es en este.

El Sr. Cristóbal Fernández interviene y dice que quería hacer notar que aquí si bien se ha mencionado la ley y el sistema, no se han propuesto muchas formas de protección de los usos no extractivos y quisiera nombrar algunas que podrían servir para traspasar hacia los usuarios el costo de no disponer esta agua para uso no extractivo. Existen experiencias en algunos países, por ejemplo, la que establece que "el que contamina paga", u otras. En el fondo, se trata de imaginar formas de traspasar los costos hacia los usuarios, que ahora por supuesto no los asumen, no los internalizan. Esta es primera observación; es algo que no se ha discutido, no se han dado ideas al respecto.

En segundo lugar, creo que la gestión integral de cuencas abre muchos caminos interesantes para la gestión de los recursos hídricos, y uno de ellos es la planificación territorial. Existen instrumentos de planificación territorial que pueden ser ocupados en este sentido; no digo que sea la forma, pero es una forma bastante interesante de gestión del recurso hídrico y sería bueno que tanto las sociedades de usuarios como el Estado pudieran usar este tipo de instrumentos.

III.6 CONTROL DE LAS INUNDACIONES

Expositor: Sr. Juan Antonio Arrese. Director Nacional de Obras Hidráulicas. Ministerio de Obras Públicas

Sr. Luis Ayala R. Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica. Profesor Titular Universidad de Chile.

Moderador: Sr. Luis Estellé. Jefe Departamento de Estudios de Aguas Lluvias. Ministerio de Obras Públicas.

III.6.1 Preámbulo

No hay duda que el agua juega un papel de primera importancia en el desarrollo económico y social de los países, particularmente de aquellos menos desarrollados cuando deben atenderse con urgencia la sustentabilidad ambiental del recurso hídrico y la equidad social. En el caso de Chile, temas tales como, hacer