



**COLEGIO DE INGENIEROS DE CHILE
DÍA DE LA INGENIERÍA 2013**

Agua y Desarrollo.

Desafíos Estratégicos en el Caso de Chile.

Humberto Peña Torrealba

Santiago, 14 de mayo de 2013.

TEMARIO

1. Agua y Desarrollo en la historia de Chile.
 - Siglo XIX
 - Las últimas décadas.
2. La Seguridad Hídrica como objetivo estratégico.
 - Para la producción.
 - Para el medio ambiente.
3. Los desafíos y las respuestas.

AGUA Y DESARROLLO

- La relación entre recursos hídricos y desarrollo económico es compleja.
- Depende del contexto económico y es variable en el tiempo.
- Hay situaciones con abundancia de recursos hídricos (oportunidad) y con escasez de recursos hídricos (limitación).

EL CASO DE CHILE. EL SIGLO XIX

- En el siglo XIX : Recursos hídricos como oportunidad.

ESTIMACIÓN DE ZONAS REGADAS Y PIB AGRÍCOLA EN CHILE CENTRAL. SIGLO XIX.			
año	a) Sup. Riego Miles há	b) PIB Agrícola \$ (1995)	Relación : b)/a)
1830	280	50×10^9	0,18
1860	470	$87,2 \times 10^9$	0,19
1880	600	$118,4 \times 10^9$	0,20
1910	800	$176,2 \times 10^9$	0,22

Fuente: Elaboración propia
Antecedentes: Correa (1938), Braun-LLona et al (1998)

- A principios del siglo XX los principales ríos de Chile central y norte se consideraban agotados (aguas superficiales).

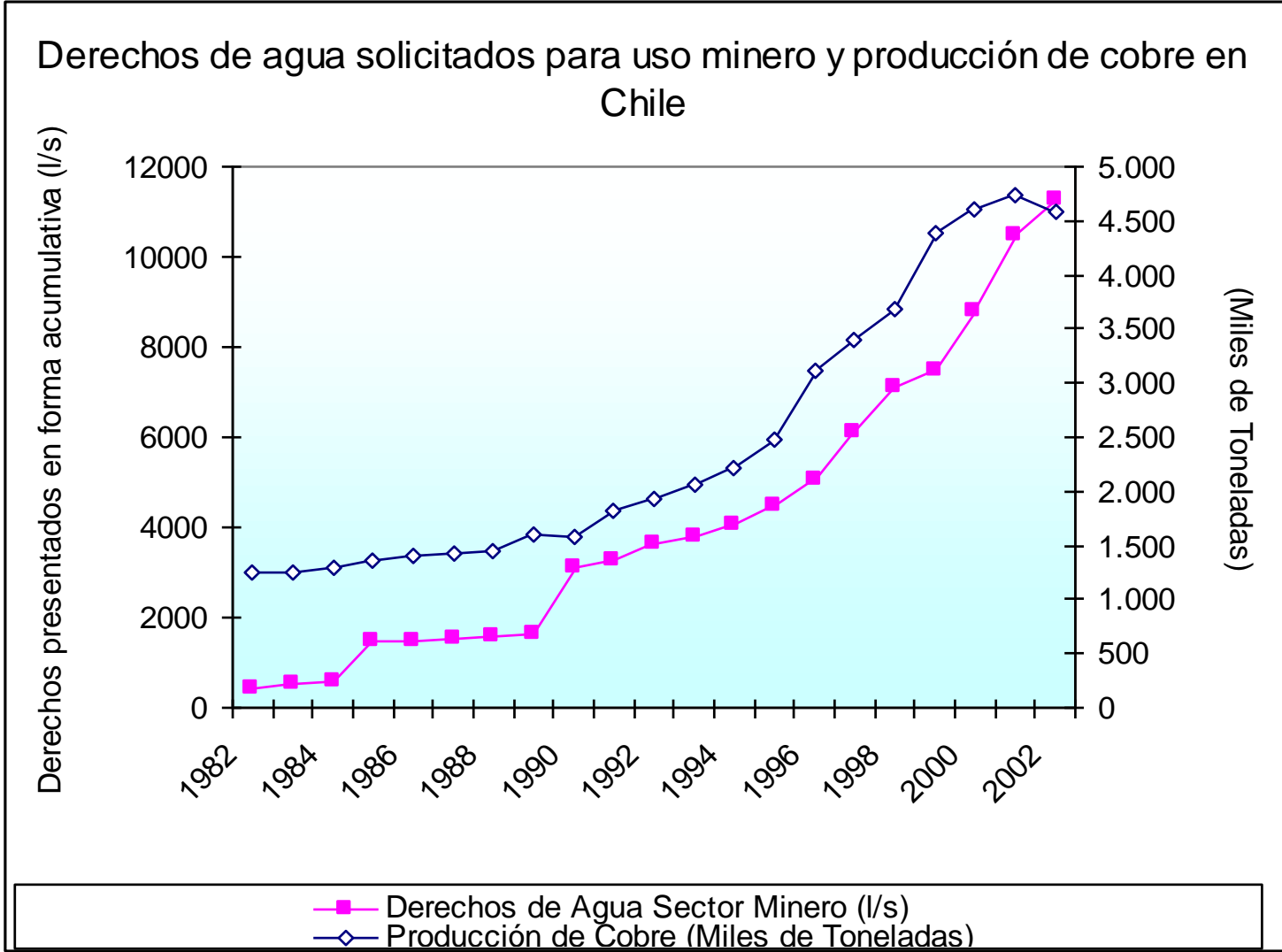
LAS ÚLTIMAS DÉCADAS

CONTEXTO GENERAL

- Estrategia de desarrollo económico: Equilibrios macroeconómicos/ apertura internacional/ economía de mercado.
- Políticas Hídricas:
 - 1980-1990: Mercados/ recuperación de costos/ reducción del rol estatal.
 - 1990- - : Aspectos sociales/ ambientales/ regulación/ mayor inversión pública.

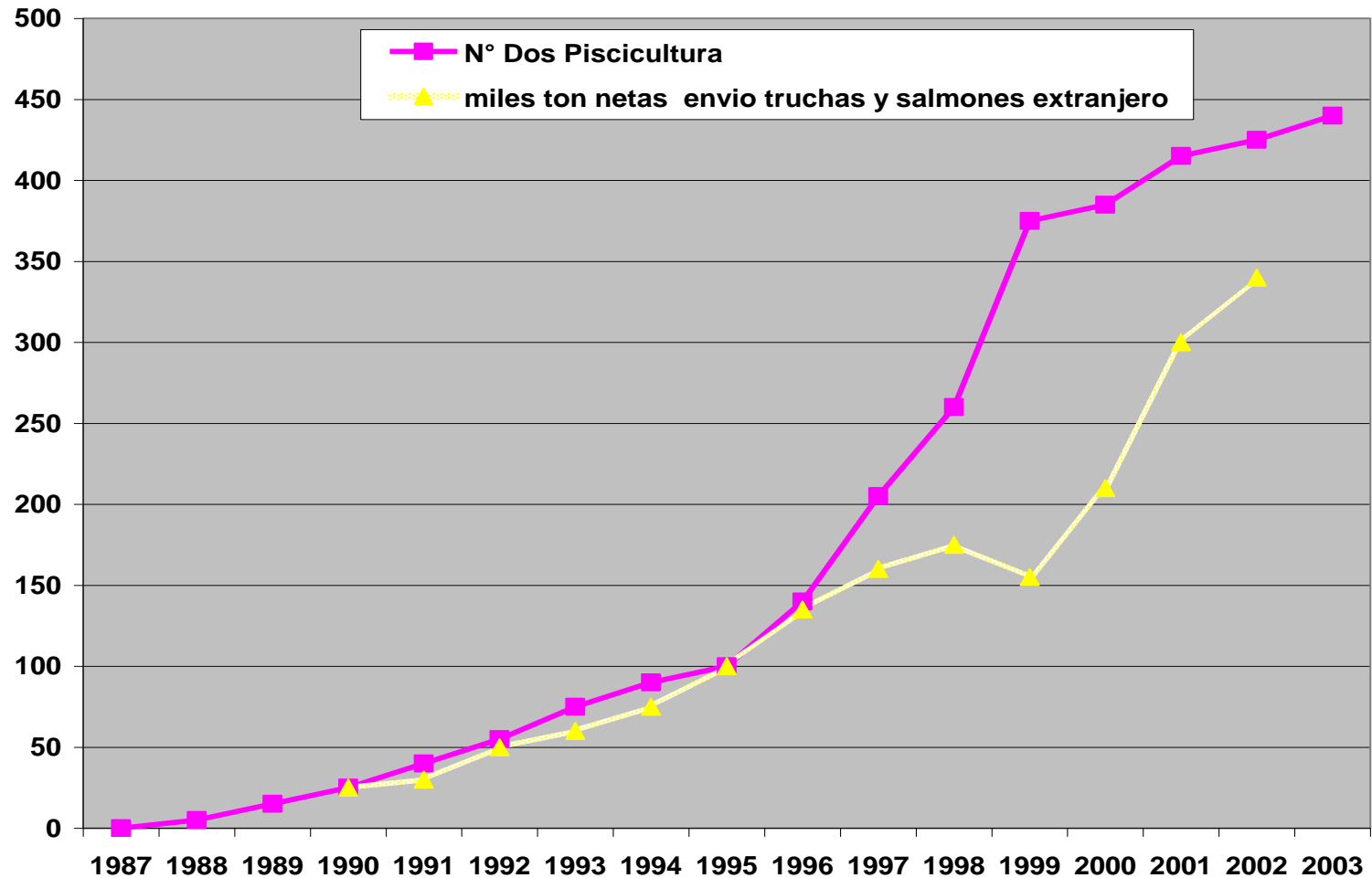
Estas políticas han significado el desarrollo de un sector exportador de gran dinamismo, altamente demandante de agua, asociado a los recursos naturales (cobre, fruta, celulosa, vino, salmón y otros) y una creciente preocupación ambiental.

NUEVAS DEMANDAS ...



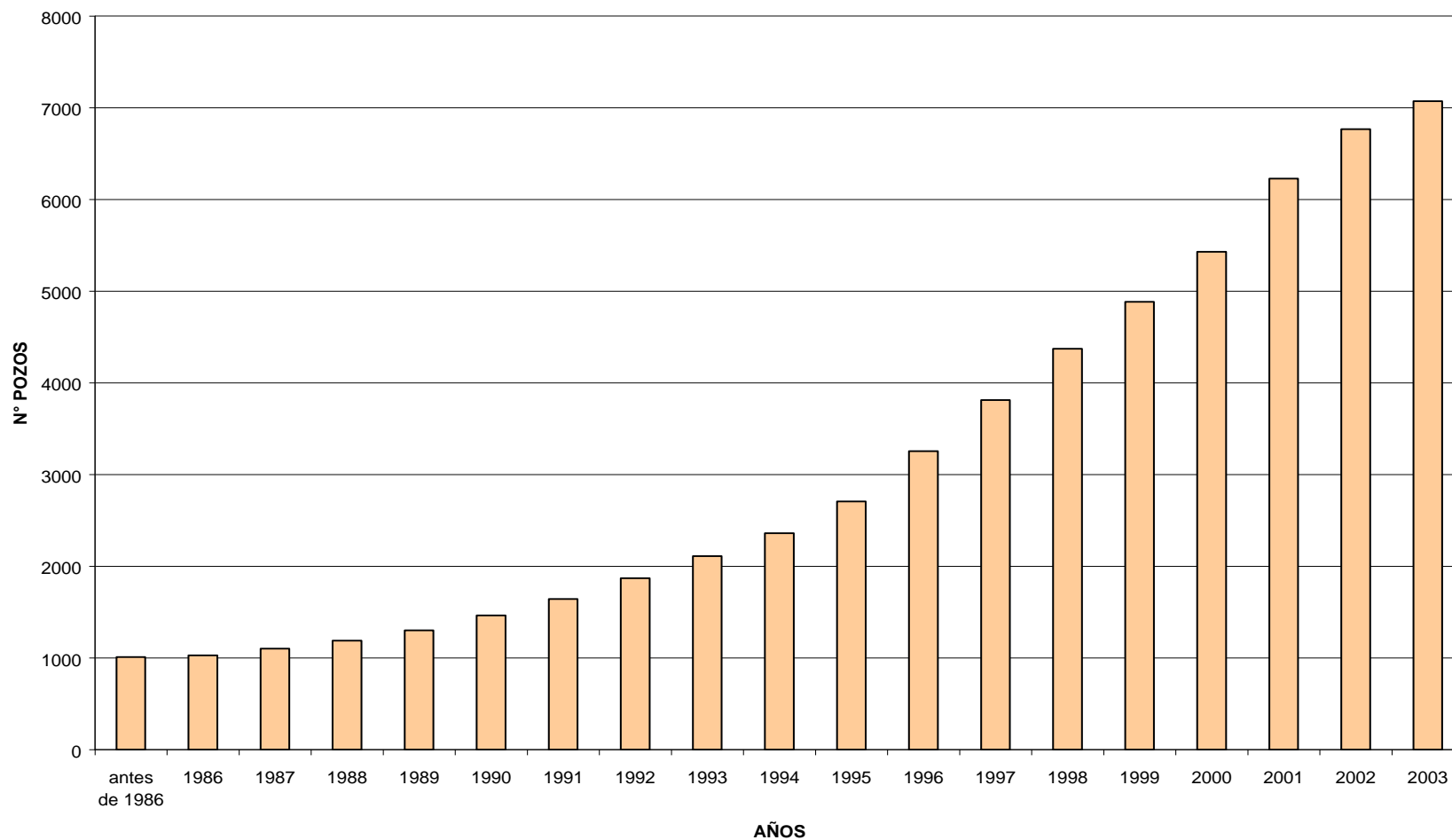
NUEVAS DEMANDAS ...

PISCICULTURA DERECHOS Y EXPORTACIONES



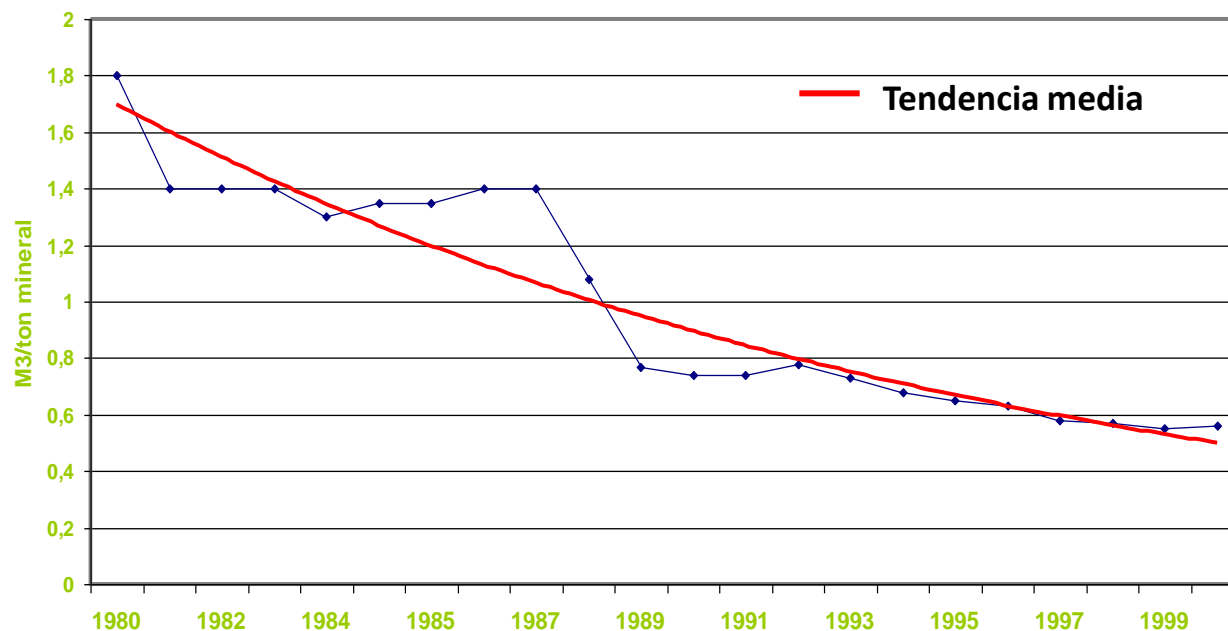
NUEVAS DEMANDAS Y NUEVAS FUENTES ...

N° ACUMULADO DE POZOS VIGENTES INGRESADOS DESDE LA I REGION A LA REGION METROPOLITANA
CON USO PARA RIEGO



Y MAYOR EFICIENCIA ...

Minería: Evolución de la eficiencia en Mina Chuquicamata



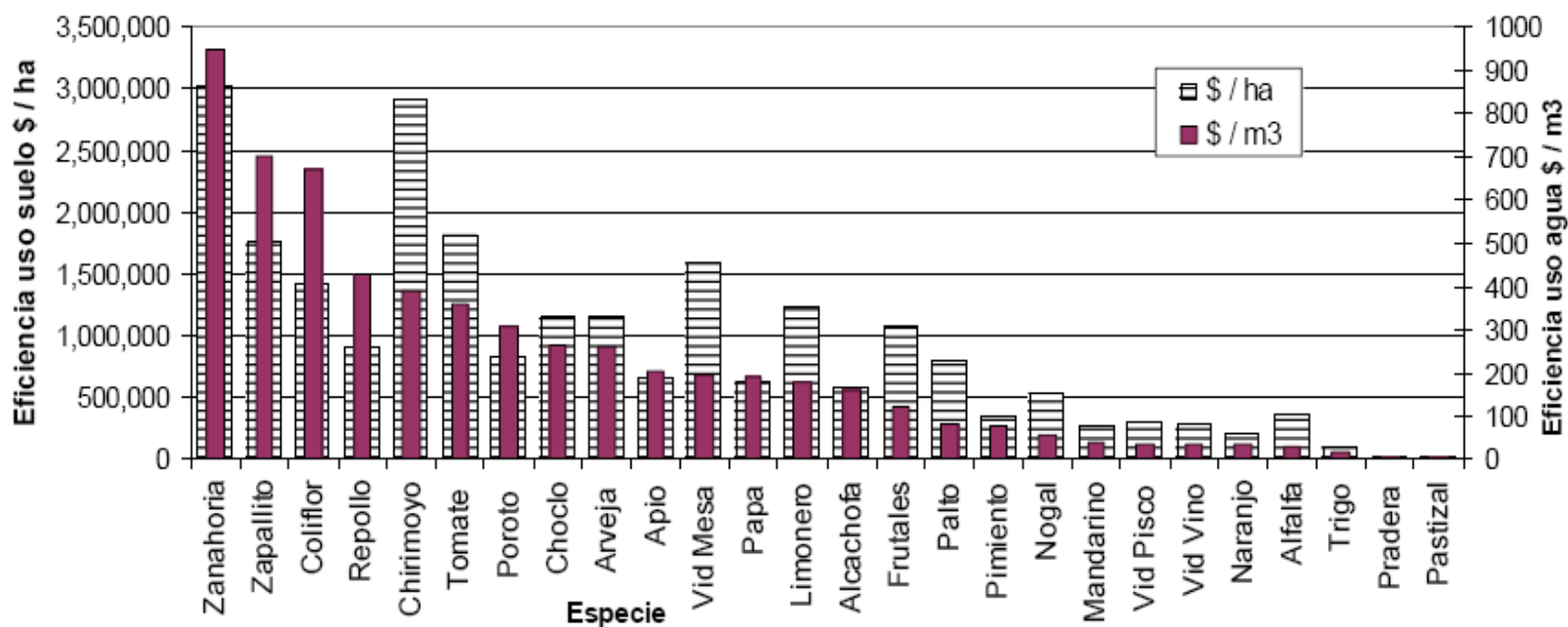
Agricultura: Evolución de la superficie de riego tecnificada

	año 1997			año 2007			% Aumento Superficie Tecnificada
	Total Superficie Regada	Superficie Gravitacional	Superficie Tecnificada	Total Superficie Regada	Superficie Gravitacional	Superficie Tecnificada	
Total	1.058.356	973.459	93.411	1.093.993	789.840	303.970	228,1%

Y MAYOR PRODUCTIVIDAD POR M3

	ELQUI	LIMARÍ	CHOAPA
Productividad agrícola (\$/m3)	257	107	37
Aumento de productividad 1996 -2005	58%	28%	7.4%

Productividad del suelo y del agua. Valle del río Elqui.

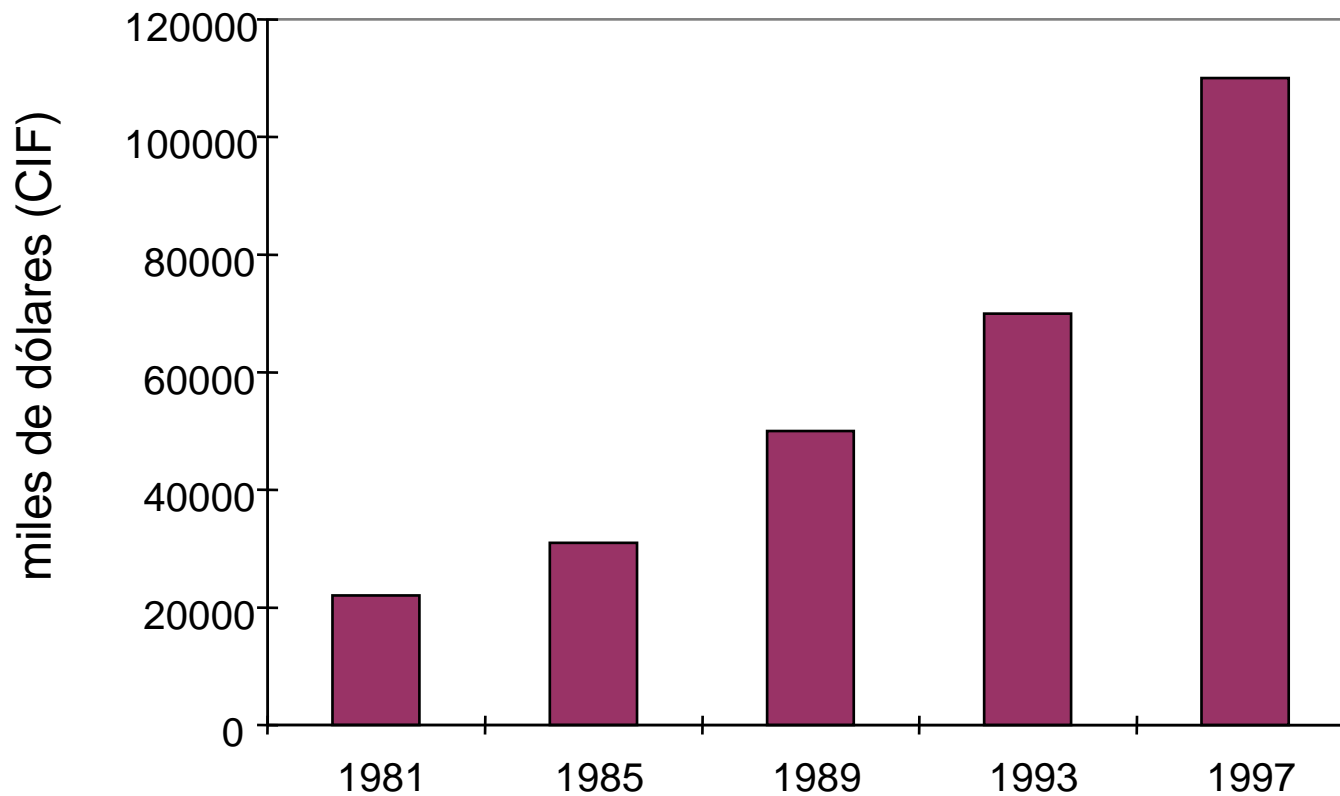


PERO LAS NUEVAS FUENTES SON LIMITADAS ...



Y AUMENTA LA PRESIÓN SOBRE LA CALIDAD DE LAS AGUAS ...

Evolución de las importaciones chilenas de pesticidas



OBJETIVO ESTRATÉGICO: LA SEGURIDAD HÍDRICA.

La existencia de un nivel aceptable de cantidad y calidad de agua para la salud, subsistencia, ecosistemas y producción, junto con un nivel aceptable de riesgos para las personas, el medio ambiente y la economía asociados al agua

La Seguridad Hídrica es un concepto amplio, pero nos referiremos solo a dos aspectos, la seguridad de:

- Atender las necesidades actuales y futuras de la producción (agricultura, industria, minería, energía).
- Conservar la salud de ríos, lagos y ecosistemas asociados al agua.

(Obs: El uso doméstico representa un caudal menor y un análisis particular que no será motivo de la presentación)

SEGURIDAD HÍDRICA PARA LA PRODUCCIÓN

Depende de:

- Las demandas actuales y futuras (las que, a su vez, dependen de variables macroeconómicas, incentivos, etc.)
- Disponibilidad de recursos hídricos.
- Infraestructura
- Sistema de Gestión.

NUEVAS DEMANDAS

- Incrementos importantes Santiago al norte (¿sequía 1995/96?).

SUPERFICIES REGADAS SEGÚN CENSOS

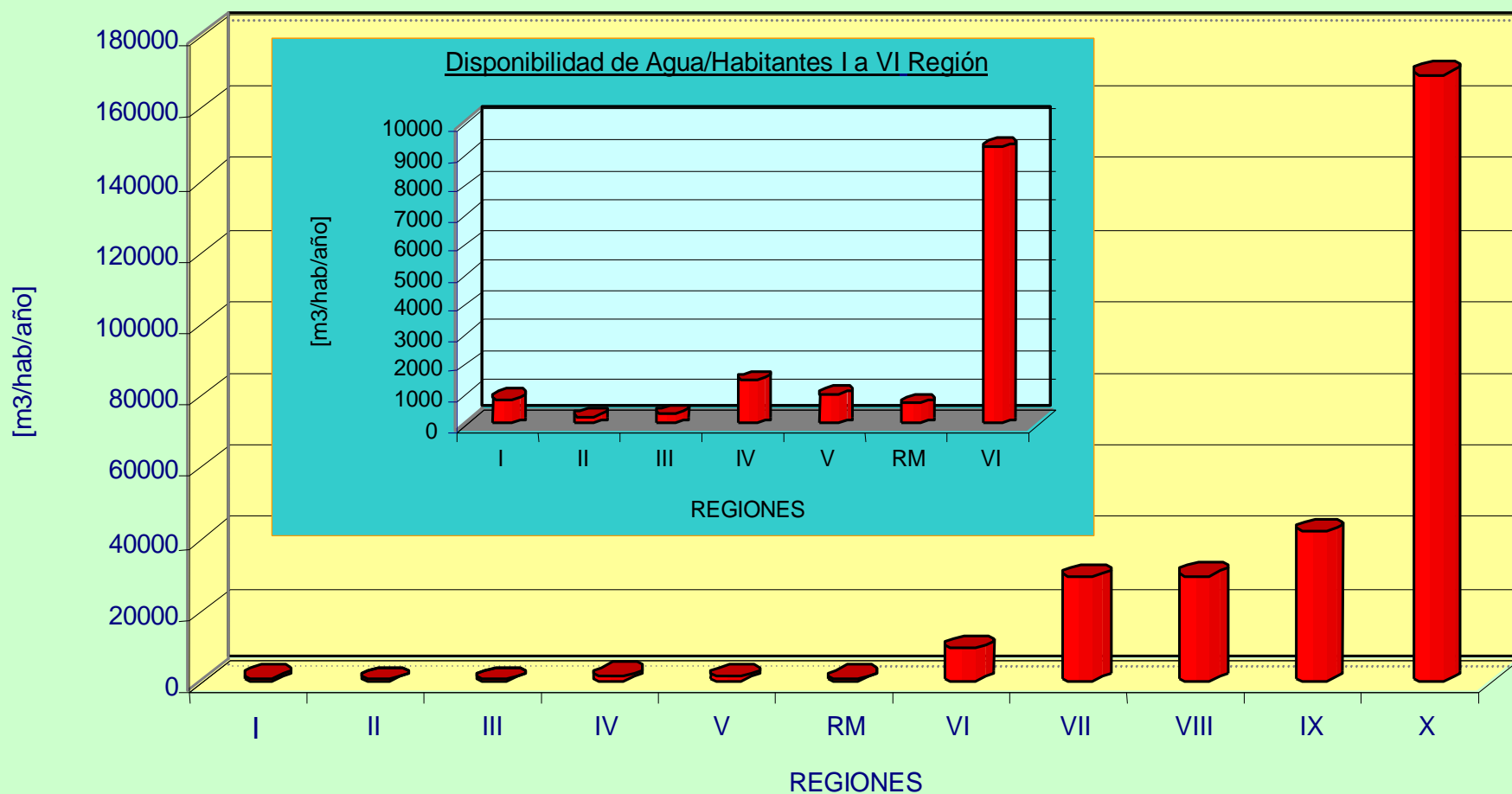
REGIÓN	CENSOS		%
	1996/97	2006/07	
I	8.039	12.301	53
II	2.962	2.294	-23
III	14.264	19.354	36
IV	49.526	75.714	53
V	68.962	86.157	25
RM	145.357	136.757	-6
VI	208.651	210.693	1
VII	318.326	299.102	-6
VIII	180.808	166.574	-8
IX	50.893	49.772	-2
X	7.060	12.535	78
XI	3.485	2.717	-22
XII	1.792	19.844	-
Total	1.060.125	1.093.814	3

- Centro –Sur y II Región: Reducción por urbanización y cambio agrícola/forestal.
- Regiones Sur y Austral: incrementos por incorporación del riego.

NUEVAS DEMANDAS

- **Minería (6% del total) :**
 - Depende de factores económicos (mercado, precios, etc)
 - Hasta 2005: Única alternativa fuentes naturales.
 - 2005 – xx: Desalinización como alternativa.(a un costo de producción de US\$ 2.5/lb el costo de abastecimiento < 5%)
- **Uso doméstico (6%):** crecimiento moderado (2% año), con excepciones (ej: La Serena/ Coquimbo).
- **Hidroelectricidad:** se debe adaptar a los usos preexistentes

LA OFERTA ES ESCASA DE SANTIAGO AL NORTE...



Fuente: DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

CAUDALES EN DESEMBOCADURA DE DIVERSOS VALLES.

CUENCA	Qa (m ³ /s)	Qs (m ³ /s)	Qms (m ³ /s)
Copiapó	2.9	0.1	0.04
Huasco	3.5	1.7	0.30
Elqui	8.1	1.0	0.15
Aconcagua	38.0	30.0	0.00
Maipo	116.0	100.0	1.00
Rapel	130.0	174.0	1.00
Maule	257.0	569.0	58.0
Bío - Bío	639.0	1000.0	120.0

Fuente: Basado en Balance Hídrico de Chile 1951-1980

Qa: Caudal medio afluente al valle **Qs:** caudal medio desembocadura

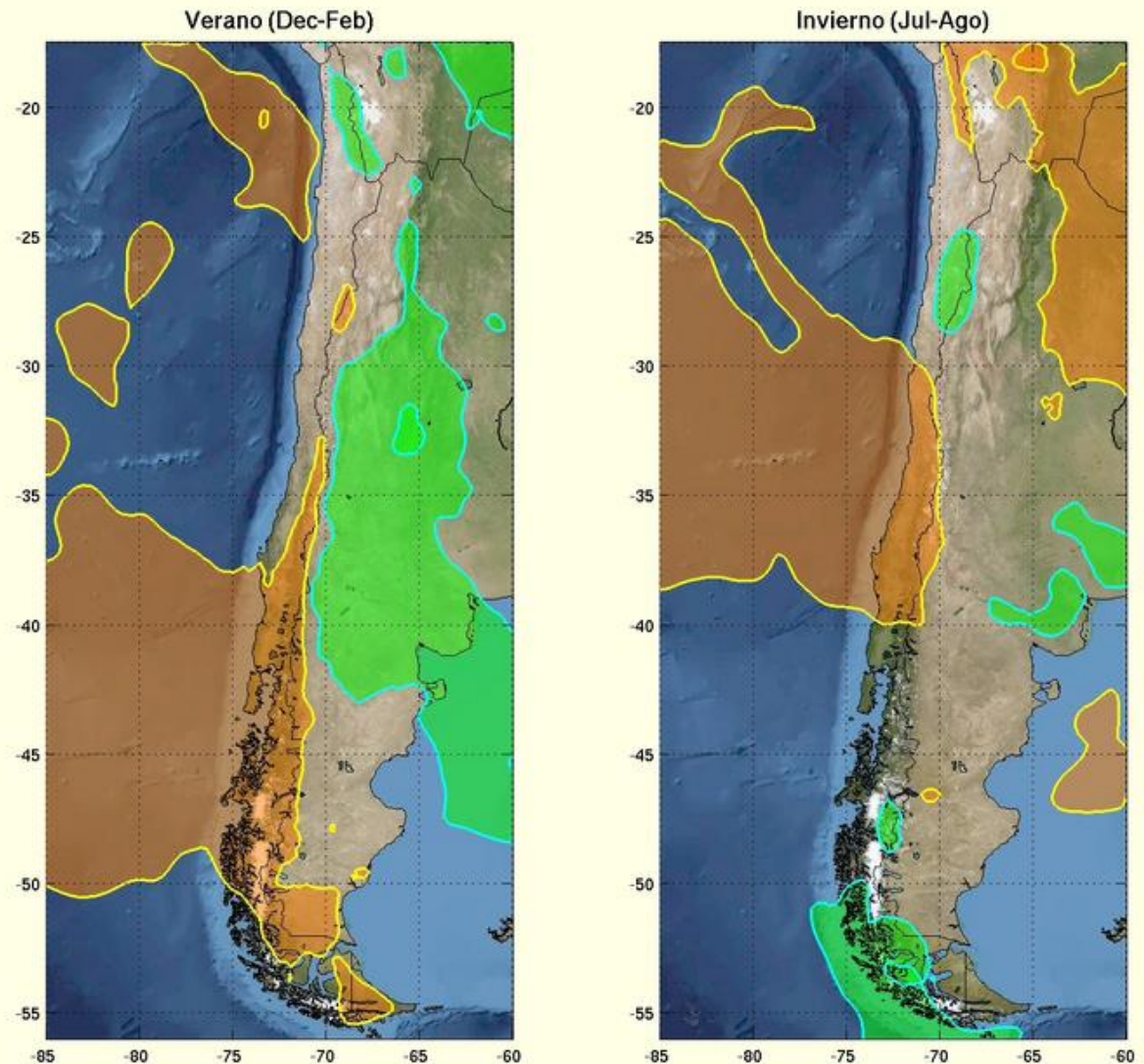
Qms: Caudal mínimo diario desembocadura

Al norte del Maule, en períodos de sequía se consume la totalidad de los recursos hídricos existentes.

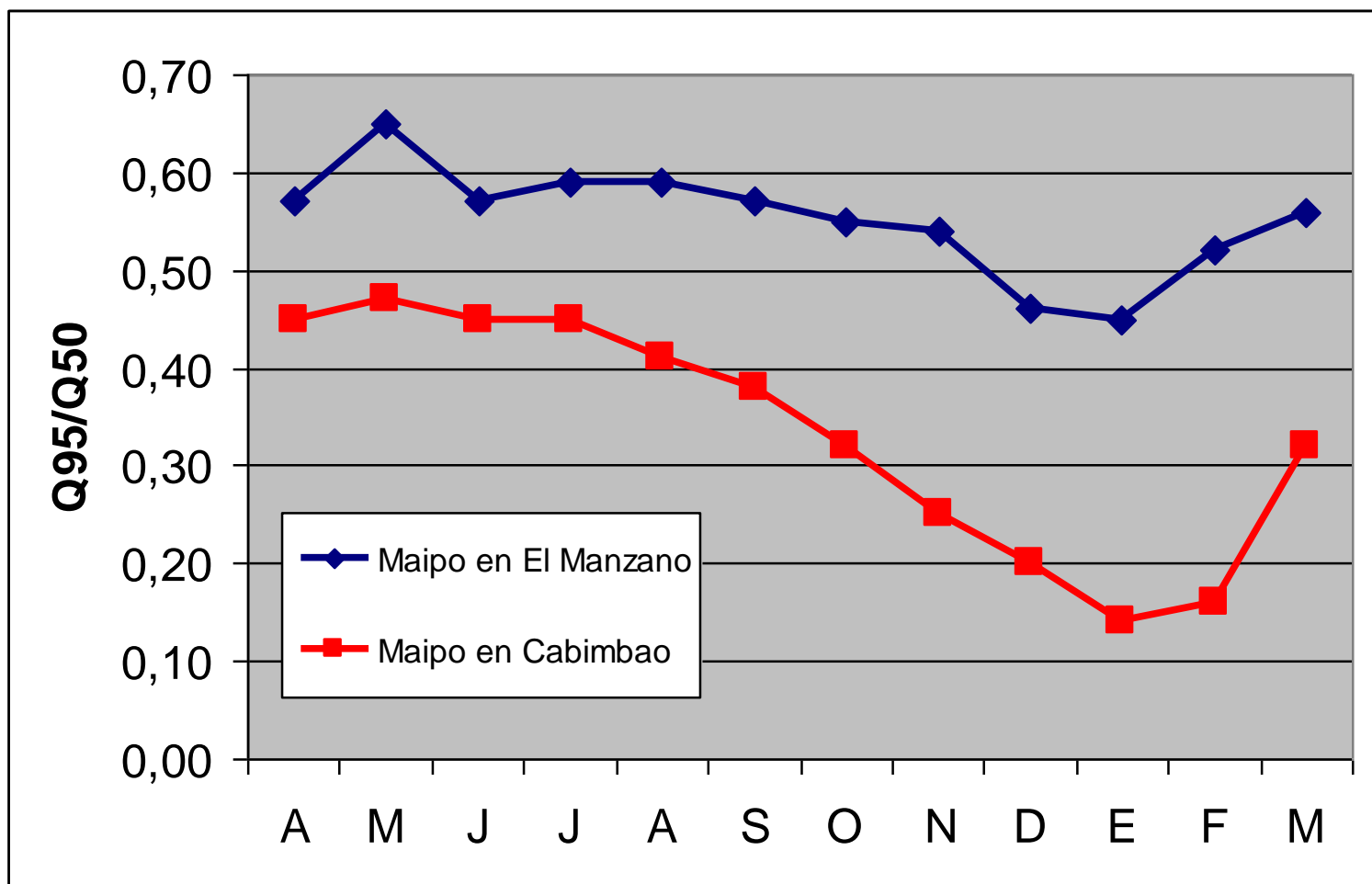
IMPACTO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS PRECIPITACIONES

Áreas con variaciones de precipitación anual +/- 15% (verde/ café), respecto situación actual en período 2070/2100. Escenario A2.

(CONAMA/
dggf-UCH, 2006)



RÍO MAIPO: COMPARACIÓN DEL IMPACTO DE AÑOS SECOS EN EL CURSO SUPERIOR E INFERIOR.



AMENAZAS DERIVADAS DE CAMBIO CLIMÁTICO ...

- Disminución significativa de la disponibilidad de agua desde IV Región (¿?) a la X Región y mayor variabilidad.
- Aumento relativo de caudales de invierno y disminución de caudales de verano/otoño en cuencas nivo-pluviales.
- Impactos mayores en la disponibilidad de agua de las secciones de aguas abajo en las cuencas de Chile Central.

¿LA SOLUCIÓN ESTÁ EN EL DESARROLLO DE INFRAESTRUCTURA?

- Las principales cuencas al norte de Stgo. tienen regulados sus recursos.
- Donde no es así, los beneficios son dudosos (Puntilla del Viento, Petorca-Ligua, San José, etc.).

PRINCIPALES EMBALSES LOCALIZADOS DE SANTIAGO AL NORTE				
REGIÓN	CUENCA	NOMBRE	CAPACIDAD	AÑO
I/XV	Camarones	Caritaya	42	1935
II	Loa	Conchi	22	1975
III	Copiapó	Lautaro	27	1939
	Huasco	Santa Juana	170	1995
IV	Elqui	La Laguna	40	1937
		Puclaro	200	2000
	Limarí	Recoleta	97	1934
		Paloma	755	1967
		Cogotí	138	1939
	Choapa	Corrales	50	2000
		El Bato	25	2009
Quilimarí	Culimo	10	1933	
V	Aconcagua	Aromos	35	1987
		Chacrillas	27	-
RM	Maipo	El Yeso	256	1967

EL DESARROLLO DE NUEVAS FUENTES DE RECURSOS DE AGUA ES UNA SOLUCIÓN PARCIAL

- Desalinización, reuso de aguas servidas (no utilizadas), transporte de agua a grandes distancias, tienen costos en BT de US\$1/m³ o mayores. Para agricultura es excesivo (> US\$10.000/há/año), solo factible en situaciones específicas para minería y uso doméstico.
- Recarga de acuíferos: soluciones locales en condiciones favorables (disponibilidad de recursos hídricos, acuíferos, logística, aspectos legales, etc.)

TAMPOCO ES SOLUCIÓN MEJORAR LA EFICIENCIA (CON EXCEPCIONES), NI EL DESARROLLO DEL MERCADO DE DAA.

- En la actualidad existen incentivos que se han probado eficaces para mejorar la eficiencia y ya existen elevados niveles de eficiencia.
- Sin embargo, sin perjuicio de su utilidad para atender nuevas demandas, desde la perspectiva de la sustentabilidad (con excepciones) son parte del problema, al favorecer un mayor consumo neto, y no necesariamente de la solución.

LAS EXCEPCIONES...

RESULTADOS DE RIEGO CONTROLADO EN OLIVOS.

(Resultados preliminares del primer año de la aplicación del SEPOR en unidades de validación de olivos para aceite) (Pencahue, temporada 2007/08).

Parámetro	Agricultor	SEPOR	%
Agua aplicada (mm)	494	325	-34,2
Rendimiento de Aceite (t ha-1)	2,41	2,43	0,8
Rendimiento de fruta fresca (t ha-1)	9,93	9,1	-8,4
Eficiencia del uso del agua (kg m-3)	0,49	0,75	53,1
Costo por concepto de energía (dólares/ha)	139	94	-32,4

CONSECUENCIAS PARA SEGURIDAD HÍDRICA ...

- RM al norte: El recurso hídrico es una restricción al desarrollo, ya que a nivel de la cuenca no es posible incrementar el consumo efectivo (y en algunos casos es necesario reducirlo).

Nuevas demandas + menor disponibilidad



¿Desarrollo sustentable?

- VI R a IX R: Una gestión adecuada del recurso hídrico permitiría un desarrollo sin restricciones.
- X R al sur: Abundancia de recursos hídricos.

SEGURIDAD HÍDRICA PARA EL MEDIO AMBIENTE

- En general, no se conoce cabalmente la situación actual del medio ambiente (monitoreo), ni sus tendencias.
- No obstante los avances en el control fuentes puntuales y SEIA, existen pasivos ambientales históricos significativos (caudales ecológicos, depósitos abandonados) y se observan algunos problemas específicos (eutroficación en lagos costeros, humedales, etc.).
- Hay un retraso importante en la definición de objetivos ambientales y en el desarrollo normativo. Ejemplos:

Normas secundarias de calidad para cauces, lagos, acuíferos./ Control de contaminación difusa (nutrientes, pesticidas, etc.)/ Objetivos, estándares y metodologías sobre relación entre el agua y la conservación de los ecosistemas/
Normas para recuperación de pasivos ambientales (mineros).



¿Conservación/ recuperación ambiental?

¿ EN ESTE ESCENARIO, SE GARANTIZA LA SUSTENTABILIDAD Y LA EQUIDAD?

Bases del Sistema Institucional

- Reconocimiento/otorgamiento de derechos de aprovechamiento (DAA), con reglas de distribución claramente definidas. Los nuevos derechos no deben afectar los antiguos.
- Distribución del agua por organizaciones de los usuarios titulares de DAA, de acuerdo a los títulos.
- Las nuevas demandas, si hay disponibilidad hídrica, se atienden con nuevos DAA, en caso contrario por el mercado (remates/transferencias).
- Regulaciones ambientales específicas que se aplican caso a caso a ciertas actividades y proyectos (comando-control).

PROBLEMAS DEL SISTEMA INSTITUCIONAL.

- En la práctica, se presentan fallas en el cumplimiento de las funciones asignadas a los distintos actores (Estado, OUAs, empresas, personas).
- Fallas de diseño: A diferencia de otros sistemas complejos, con abundantes interacciones y bienes públicos y privados comprometidos (ej: ciudades), no contempla mecanismos para el control de numerosas externalidades y para ordenar y coordinar las actuaciones con una visión coherente de largo plazo.



EL SISTEMA INSTITUCIONAL NO GARANTIZA SUSTENTABILIDAD Y EQUIDAD.

LAS FALLAS EN LA APLICACIÓN DEL MODELO INSTITUCIONAL ...

- Sector público: capacidades institucionales insuficientes para sus atribuciones (generación de conocimiento, información, funciones regulatorias, fiscalización, normativas, etc.)
- Descoordinaciones/ superposiciones/ vacíos institucionales en la estructura institucional del Estado.
- Organizaciones de usuarios: problemas de informalidad, cobertura (¡sólo una OUA de aguas subterráneas en el país!), participación, retraso técnico y organizacional, financiamiento, transparencia, etc.
- Existen problemas de fiscalización y usos irregulares.
- A nivel de usuarios/interesados: desconocimiento técnico y legal, asimetrías de información, free-riders, etc.



EN LA PRÁCTICA, EL SISTEMA INSTITUCIONAL NO OPERA SEGÚN LO PREVISTO.

Problemas de diseño: El sistema de DAA se basa en el aprovechamiento sucesivo del agua.

	ELQUI	LIMARI	CHOAPA
Eg año promedio (%)	56	68	30
Eg en sequías (%)	56	77	72
FR total año promedio	2,4	3,8	1,6
FR total en sequías	2,0	3,8	2,7

Fuente: "Estudio de la Eficiencia del Uso del agua. Caso Región de Coquimbo". 2006. CAZALAC/Rhodos/ Gobierno Regional.

Mejoramientos de eficiencia, incremento de demandas, cambios de usos, mercado de DAA, revestimientos de canales, etc.



Impactos aguas abajo no considerados en el modelo (¿equidad?)

Problemas de diseño: División de las cuencas en secciones, para su administración.

- Concebido para distribuir el caudal de fuentes independientes entre titulares de DAA
- Inadecuado para otros temas: contaminación, inundaciones, sequías, interacción entre secciones (aguas subterráneas), manejo de cauces, obras de regulación, etc.

TABLA N° 1. Seccionamiento en cuencas seleccionadas para la distribución de las aguas.

Cuenca	N° Tramos de distribución de las aguas		N° de Canales, vertientes, derrames.
	en cauce principal.	en la cuenca	
Elqui	4 ^(*)	5	152
Limarí	1	14	466
Choapa	2	8	294
Aconcagua	4	5	691
Maipo	3	15	488
Rapel	4 ^(**)	11	1172
Mataquito	2 ^(***)	5	523
Maule	2	15	1558

Fuente: DGA/REG Consultores (1991). Estudio de síntesis de catastros de usuarios de agua e infraestructuras de aprovechamiento. SIT °6

Problemas de diseño: Respuesta a cambios en la oferta de recursos hídricos.

Se originan por cambio climático, cambios en la cuenca de aguas arriba (urbanización, forestación/deforestación, etc.), desarrollo de infraestructuras, explotación del agua subterránea, cambios de uso, etc.



Impactos diferenciados por zonas. Impredecibles para un usuario aislado.



Incertidumbres, conflictos, pérdida de inversiones, ¿equidad?.



Sistema Institucional sin instrumentos para prevención, control, o mitigación

Problemas de diseño: Interacción aguas superficiales /subterráneas.

- En Chile, interacción aguas superficiales/subterráneas es extremadamente activa.
- Sin embargo, la gestión de ambos recursos no es integrada y las decisiones (privadas y públicas) pueden ser contradictorias.



- Situaciones de competencia y conflicto superficial/subterráneo.
 - Impactos no regulados.
 - Pérdida de oportunidades, ya que el uso conjunto superficial/subterráneo genera beneficios significativos.

Problemas de diseño: Gestión de calidad del agua/ medio ambiente/ biodiversidad.

Tema que involucra gama muy amplia de actores y sectores que actúan independientemente, relacionados con:

- Beneficios y beneficiarios (sanitarios, productivos, medioambientales, recreacionales).
- Fuentes contaminantes e impactos (industrias, minería, agricultura, población urbana y rural, actividades ribereñas, etc.)
- Organismos del Estado y atribuciones



La falta de integración genera una limitada capacidad de prevención y de dar soluciones oportunas, sustentables y equitativas a los problemas.

Problemas de diseño. Manejo del territorio y recursos hídricos

Los sistemas hidrológicos son sensibles a: uso del suelo, cobertura vegetal, urbanización, actividad agrícola, desarrollo de infraestructura, etc.



Crecidas, inundaciones

Contaminación de aguas superficiales y subterráneas (nutrientes).

Equilibrios sedimentológicos.

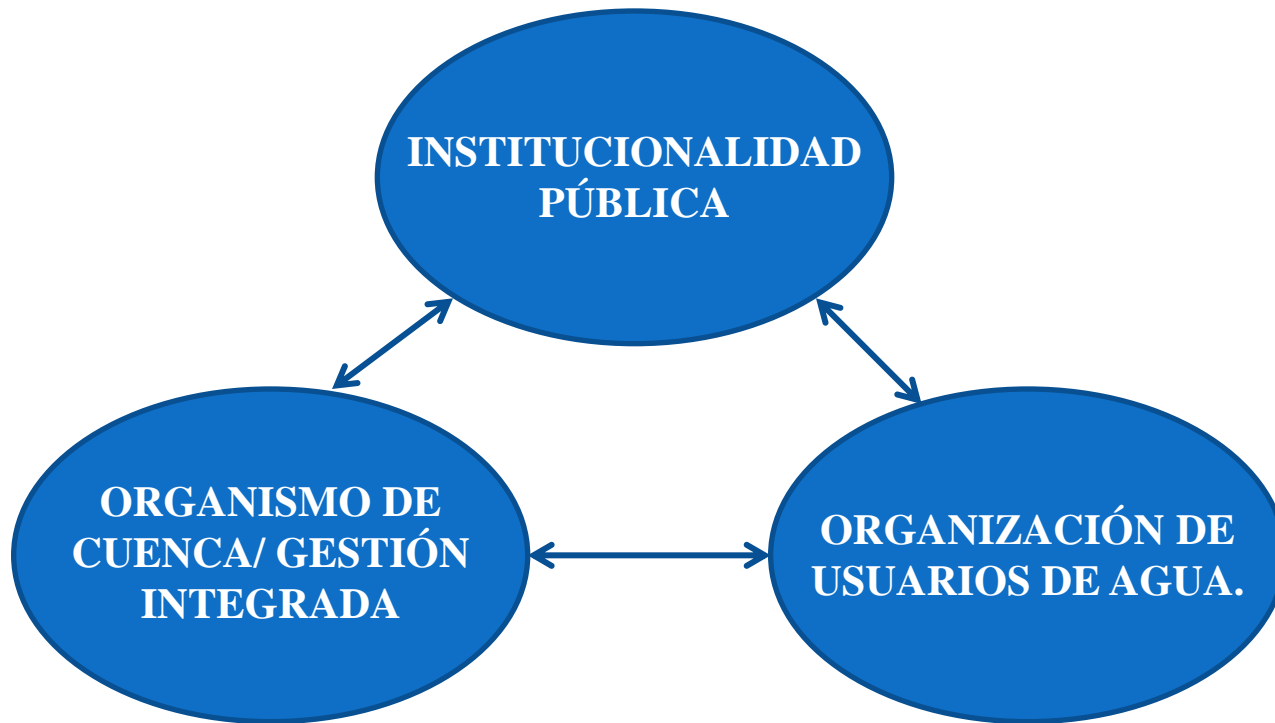
Recargas de acuíferos.



Problemas complejos, con amplia gama de involucrados, sin posibilidades claras de solución en el sistema institucional vigente.

CONCLUSIÓN: PARA TENER UN ADECUADO NIVEL DE SEGURIDAD HÍDRICA EL PRINCIPAL DESAFÍO ES DE GOBERNABILIDAD.

¿Cómo avanzar?



¿Cómo avanzar?

- **Institucionalidad Pública:**

Necesidad de:

- La creación de un ente rector con liderazgo efectivo sobre el tema, capaz de evitar la dispersión institucional, formular y coordinar las políticas públicas y la planificación estratégica del sector, a nivel del Estado;
- Revisar la actual función del Estado, desarrollando su rol de tutela sobre el agua como bien público; y
- Desarrollar las capacidades institucionales.

¿Cómo avanzar?

- **Organismo de Cuenca y GIRH** (propuesta del Instituto de Ingenieros de creación de Consejos de Recursos Hídricos (CRH) a nivel de cuencas):

Creación de instancia institucional con participación pública privada, reconocida como representante legítima de los beneficiarios e interesados (no solo de titulares de DAA) de la cuenca, con la capacidad de generar y promover una visión integrada y sustentable de mediano y largo plazo de la gestión del agua y desarrollar las coordinaciones necesarias.

- **Organización de Usuarios (OUA):**

Necesidad de modernización de las OUAs, rediseño de sus atribuciones, profesionalización. Redefinición de la supervisión pública.



GRACIAS