

ESTIMACION DEL IMPACTO ECONOMICO ASOCIADO A SEQUIAS HIDROLOGICAS

**BONIFACIO FERNÁNDEZ (PUC),
GUILLERMO DONOSO (PUC),
MARCO LURASCHI (PUC),
DAMARIS ORPHANÓPOULOS (DGA),
CARLOS SALAZAR (DGA)**
*Pontificia Universidad Católica de Chile,
Vicuña Mackenna 4860, Santiago
Dirección General de Aguas,
Morandé 59, 8º Piso, Santiago*

RESUMEN

La ocurrencia de eventos de sequías significativos en Chile en los años 90 ha motivado la necesidad de abordar la evaluación de sus impactos sobre los sectores productivos basado en criterios cuantitativos a fin de contar con apreciaciones objetivas sobre el tema.

El estudio consta de dos partes: la primera abarca el área entre la III^a y VIII^a regiones, definiéndose 48 unidades de análisis para las cuales se determina la oferta hidrológica mensual para un período estadístico de 48 años, la demanda real mensual en situación actual y futura (a 10 años), y, como resultado de ambas, una serie de déficits mensuales, para un lapso de 48 años. Dichos déficits, o sequías, se caracterizan, para cada unidad, en términos de su intensidad, magnitud y duración. Por otro lado, la demanda se asocia a la probabilidad de excedencia que ella tiene dentro del espectro de la oferta, para conocer la vulnerabilidad de cada unidad en relación a una sequía cualquiera.

Posteriormente, se evalúa el impacto económico asociado al déficit en cada área productiva: agrícola, potable, minero-industrial e hidroeléctrica. Esta última resulta más compleja de determinar, dada la interconexión espacial de la demanda. En la segunda parte del estudio, se profundizó el análisis para las cuencas Limarí y Aconcagua, y para el período de sequía de 1995 a 1997.

Resumen

La ocurrencia de eventos de sequías significativos en Chile en los años 90 ha motivado la necesidad de abordar la evaluación de sus impactos sobre los sectores productivos basado en criterios cuantitativos a fin de contar con apreciaciones objetivas sobre el tema.

El estudio consta de dos partes: la primera abarca el área entre la III^a y VIII^a regiones, definiéndose 48 unidades de análisis para las cuales se determina la oferta hidrológica mensual para un período estadístico de 44 años, la demanda real mensual en situación actual y futura (a 10 años), y, como resultado de ambas, una serie de déficits mensuales, para un lapso de 44 años. Dichos déficits, o sequías, se caracterizan, para cada unidad, en términos de su intensidad, magnitud y duración. Por otro lado, la demanda se asocia a la probabilidad de excedencia que ella tiene dentro del espectro de la oferta, para conocer la vulnerabilidad de cada unidad en relación a una sequía cualquiera.

Posteriormente, se evalúa el impacto económico asociado al déficit en cada área productiva: agrícola, potable, minero-industrial e hidroeléctrica. Esta última resulta más compleja de determinar, dada la interconexión espacial de la demanda.

En la segunda parte del estudio, se profundizó el análisis para las cuencas Limarí y Aconcagua, y para el período de sequía de 1995 a 1997.

1. Introducción

La Dirección General de Aguas suscribió en 1995 un convenio de cooperación con la Pontificia Universidad Católica de Chile para realizar el estudio Análisis de los Impactos Económicos originados por Sequías Hidrológicas para las regiones III^a a VIII^a, el cual se amplió en 1997, para profundizar en las cuencas Limarí y Aconcagua. Dicho estudio constituyó un esfuerzo

importante en el sentido de cuantificar las pérdidas económicas que una sequía hidrológica genera.

Los principales usos productivos del agua son la agricultura y la generación hidroeléctrica, existiendo actualmente alrededor de 2 millones de hectáreas regadas y un potencial de generación instalado de aproximadamente 3250 MW. Además, el agua se utiliza para abastecer a alrededor de 10 millones de personas en el país, y tiene uso importante también en el sector minero e industrial.

La sequía se define como un evento en que la demanda supera a la oferta de agua, generándose un déficit que tiene asociado un daño; si no hay daño, no se habla de sequía, aun cuando haya déficit. El concepto de sequía tiene varias aplicaciones; se habla de sequías meteorológicas, cuando hay escasez de lluvias, y de sequías hidrológicas, cuando hay escasez de caudales. Cada evento de sequía queda caracterizado básicamente por la duración del déficit, la intensidad del déficit y la magnitud del déficit. El análisis espacial continuo de estos eventos permite, además, determinar el área de influencia espacial de cada sequía.

2. Unidades de análisis

Se definieron 48 unidades de análisis homogéneas donde efectuar un balance hídrico de oferta y demanda en forma adecuada; estas unidades cubren cuencas endorreicas en la Región de Atacama, 7 cuencas costeras y 14 cuencas principales entre Copiapó y Bío Bío. En ellas se identificó la comuna, centros de población, población rural y urbana, estaciones hidrométricas, principales obras hidráulicas (embalses, centrales hidroeléctricas), superficie agrícola y número de usuarios de agua de riego, principales explotaciones mineras y otras demandas. Las unidades de análisis se presentan en el Cuadro N° 1.

3. Oferta de recursos hídricos

Se determinó una serie de oferta de caudales para cada unidad, basada en las estadísticas fluviométricas existentes, corregidas y rellenadas cuando era el caso, y en simulaciones de escorrentía obtenidas mediante el modelo SEAMOD, cuando no se contaba con información. La oferta se ajustó para obtener una oferta real, en la que se incluyen los efectos de los embalsamientos o regulaciones, de las extracciones y de los retornos. Además, fue necesario considerar que la oferta depende también de la demanda, por lo que se estableció una serie de oferta para el escenario actual de demandas, llamada oferta actual, y una serie de oferta para el escenario de demandas futuras llamada oferta futura, resultando ambas muy similares para la mayoría de las unidades. En el Cuadro N° 1 se presenta el promedio de la oferta actual y futura, obtenida de los caudales medios mensuales en el período 1950-1994.

4. Demanda real actual (1995) y futura (2005)

Se estimaron las demandas medias mensuales para el recurso hídrico superficial de los principales sectores económicos (agrícola, hidroeléctrico, domiciliario y minero-industrial para un año tipo, en situación actual y futura. No se consideró la demanda por recursos subterráneos, porque dichos usuarios no sufren las sequías hidrológicas que afectan al recurso superficial.

4.1 Demanda Agrícola

Se estimó a partir de los requerimientos fisiológicos de los distintos cultivos presentes por unidad, a partir de información climática, superficie total cultivada con riego superficial, composición de cultivos y sus características fitométricas. La demanda obtenida a nivel de raíz se amplificó de acuerdo a la eficiencia predial y a las pérdidas de conducción representativas, para obtener la demanda en bocatoma. La situación actual corresponde a la superficie cultivada observada en promedio entre 90/91 y 92/93, y la eficiencia, a la actualmente observable.

En la situación futura, la superficie se obtuvo mediante una proyección de crecimiento efectuada por un panel de expertos en base a las tendencias actuales, los posibles efectos de acuerdos comerciales como Mercosur, y la incorporación de nuevas obras de riego, además, se supuso un aumento razonable de las eficiencias del riego predial. Las superficies de riego consideradas, y la demanda agrícola a nivel de bocatoma determinada para cada escenario en cada unidad de análisis, se presentan a nivel anual, en el Cuadro N° 1.

4.2 Demanda de agua potable

Se determinó en base a la información existente en la Superintendencia de Servicios Sanitarios; el consumo o demanda actual se obtuvo como promedio de los consumos mensuales de los últimos 3 años, considerando sólo los consumos suplidos por medio de fuentes superficiales. En base a los registros de población actualmente abastecida de la SISS, a las proyecciones de población a 10 años existentes en el INE, a un crecimiento de un 10% en el consumo por habitante, y considerando una cobertura de 100%, se estableció la demanda futura por agua potable de origen superficial. La demanda actual y futura por agua potable en cada unidad de análisis se presenta a nivel anual, en el Cuadro N° 1.

4.3 Demanda minero-industrial

Se determinó a través de los derechos otorgados a empresas mineras por la DGA; la demanda futura se obtuvo proyectando las demandas actuales en base al incremento del PGB para los próximos 25 años, y agregando las nuevas instalaciones mineras previstas en estudios del SERNAGEOMIN, de la Comisión Chilena del Cobre y de la Corporación de Desarrollo Tecnológico de Bienes de Capital. Las demandas industriales actuales se obtuvieron fundamentalmente en base a la información contenida en el Catastro Nacional de Descargas y Residuos Industriales Líquidos de la SISS, 1993. Las demandas industriales futuras se proyectaron según el PGB. Los valores de la demanda minero-industrial actual y futura se encuentran en el

Cuadro N° 1, que también presenta la demanda total consuntiva, a nivel anual, actual y futura, para cada unidad.

4.4 Demanda no consuntiva para generación hidroeléctrica

Se obtuvo datos de producción actual mensual (promedio 1991 a 1994 disponible en CDEC y publicaciones Endesa) a partir del cual se obtuvo el volumen de agua requerido en cada central para generar la energía determinada, y se ubicó estos volúmenes en la unidad de análisis correspondiente. Los volúmenes mensuales requeridos para operar las centrales en la situación futura, se obtuvieron del estudio “Análisis uso actual y futuro de los recursos hídricos de Chile”, DGA 1994. Los valores anuales resultantes tanto para la situación actual como futura, se presentan en el Cuadro N° 1, como caudal promedio.

4.5 Caracterización de la demanda consuntiva real en relación con la oferta

Para la demanda total, actual y futura, a nivel mensual, para cada unidad de análisis se determinó la probabilidad de ocurrencia que le corresponde al valor de la demanda consuntiva, dentro de la serie de oferta. Así, demandas asociadas a un alto valor de probabilidad de ocurrencia, son pequeñas, y tienen una alta probabilidad de ser suplidas. Por el contrario, demandas asociadas a una baja probabilidad de ocurrencia, corresponden a caudales altos, y tienen baja probabilidad de ser suplidas. El resultado del análisis anterior, que representa la vulnerabilidad de cada unidad frente a la sequía, se presenta también, a nivel anual, para las demandas actuales y futuras, en el Cuadro N° 1.

5. Caracterización de los déficits

La diferencia entre la serie de oferta mensual la demanda tipo (actual y futura) genera una serie de déficits (45 años) para cada unidad de análisis. La caracterización de este déficit

se presenta en el Cuadro N° 2, donde se explican también los parámetros caracterizadores construidos.

Los resultados de este análisis, para la situación actual, son los siguientes: las 6 unidades de más al norte, más las unidades 9, 12 y 16, (regiones III y IV) tienen recursos superficiales esporádicos, insuficientes como para aplicar esta metodología. El abastecimiento es fundamentalmente de origen subterráneo. Las unidades 11, 13, 14, 15, 17, 19, 20, 21 (regiones IV y V) y 39 (Perquillauquén), presentan un alto porcentaje promedio de déficit en relación con la demanda, mayor que el 22%. Las unidades 7, 8 (región III), 40 y 47 (región VIII), presentan un porcentaje de déficit en relación a la demanda, de entre 12 y 18%, que se considera importante. Las unidades 18 (región IV), 23, 25 (R.M.), 38 (región VII), 42 y 46 (Región VIII) presentan un déficit moderado en relación a la demanda, de entre 5 y 10%. Las unidades 10 (Elqui alto), 22 (San Felipe-Los Andes), 27, 30, 33, 35, 36 (R.M.), 41 y 43 (región VIII), casi no presentan déficit, con un porcentaje menor que 2,7%. Además, estas unidades tienen una relación demanda promedio/oferta promedio menor que 42%. Sin problemas de sequía hidrológica se presentan las unidades 26 (Maipo), 28, 29, 31 y 32 (región VI), 34, 37, 44 y 45 (región VIII).

Como se observa en el Cuadro N° 2, en la situación futura la mayoría de las unidades presenta una situación mejor que la actual en cuanto a déficits hídricos. Esto se debe principalmente a una disminución de la demanda agrícola, como consecuencia de una mayor eficiencia en el uso del agua. Sin embargo, en aquellas unidades donde las principales demandas son domiciliarias o minero-industriales, se ven aumentados estos déficits.

6. Valorización económica del déficit

El valor económico del déficit, o pérdida, se ha estimado a través de la disminución de la producción, para el sector agrícola, y a través de las alzas en los costos de producción, para el caso de los sectores hidroeléctrico, domiciliario y minero-industrial.

6.1 Pérdida en la agricultura

Las pérdidas no son independientes del conocimiento previo del usuario sobre las condiciones hidrológicas para la temporada; el tener información adecuada al inicio de la temporada agrícola, pueden tomar decisiones que mitiguen las pérdidas. Las pérdidas económicas corresponden a la pérdida productiva por efecto del déficit de abastecimiento sobre la demanda base, actual o futura, no modificada por el agricultor; se supone que el agricultor no cuenta con información antes de la temporada, y que la rentabilidad de los cultivos no permite hacer inversiones para obtener agua de fuentes alternativas. La pérdida de producción de cada cultivo, en función del déficit hídrico, se obtiene de una función de respuesta (cuadernillos FAO N° 33) que de la magnitud del déficit en relación a la demanda; el momento de ocurrencia; la duración del déficit; la etapa fenológica y las características particulares de cada cultivo. Finalmente se valora dicha pérdida productiva, a precios regionales a nivel quincenal, obtenidos de OPEPA. De esta forma, las pérdidas incluyen las diferencias espacio-temporales, y no incluyen los costos de comercialización como transporte y otros, ajenos a la sequía propiamente tal. Los resultados de esta valoración, para los escenarios de demanda actual y futura, y para cada unidad, se entregan en el Cuadro N° 3, en forma de un promedio anual.

6.2 Pérdida en el agua potable, la minería y la industria

En estos casos, en que el desabastecimiento físico es prácticamente inadmisibles, la estimación de la pérdida se realiza mediante la metodología de costo de fuentes alternativas (que por regla general son las aguas subterráneas). Este costo se estimó a través de la definición de pozos tipo por unidad de análisis. El costo se compone de una parte fija, que se refiere a la inversión, y de una parte variable, que se relaciona con la operación del pozo, y con la cantidad de agua extraída, que corresponde justamente al déficit. De esta forma, se obtienen los costos del déficit para las demandas domiciliarias, mineras e industriales, que se presentan en el Cuadro N° 3, en forma de prome-

dio anual. En el mismo cuadro se muestra, además, las pérdidas totales promedio por concepto de usos consuntivos, en cada unidad de análisis, como promedio anual.

6.3 Pérdida en el sector hidroeléctrico

El sector hidroeléctrico difiere radicalmente de los demás sectores analizados, por encontrarse estructurado en un sistema de producción centralizado (SIC), por este motivo, no tiene sentido medir efectos económicos en cada unidad de análisis. Los efectos económicos de las sequías hidrológicas tienen efectos negativos tanto sobre los productores como sobre los consumidores. Interesa determinar la pérdida social del déficit de agua y de energía, y no la forma en que estos costos son asumidos por productores y consumidores. Los efectos de pérdida social son, en primer lugar, los efectos inmediatos sobre los costos de la generación de la energía: al disminuir el caudal en las centrales de pasada y bajar los niveles de los embalses, la demanda debe ser satisfecha por un número mayor de centrales térmicas, que operan a un mayor costo. Por otro lado, hay un costo de falla, cuando la energía no alcanza a cubrir la demanda. Este costo de falla está incluido en el costo anterior, pues el modelo GOL considera que la demanda en última instancia se satisface con una turbina hipotética que opera al costo de falla.

En este estudio se analizó el aumento del costo de generación que abastece la demanda del SIC, para distintas magnitudes de la sequía hidrológica y estados iniciales del lago Laja. El análisis mostró que la relación entre el aumento del costo de generación y la naturaleza de la sequía es compleja, por diversas razones: en primer lugar, la sequía no afecta por igual todas las áreas donde se ubican las mayores reservas de agua para generación. En segundo lugar, la sequía puede ser más o menos severa en sí misma, y en tercer lugar, la sequía se producirá dado un determinado nivel de embalsamiento. Todos estos aspectos se conjugan para determinar si el efecto de una sequía determinada será realmente importante o no.

Se efectuó una simulación de costo de generación en diversas situaciones, cuyos resultados se presentan en el Cuadro N° 3. Los costos presentados corresponden a los que se generan en un año particular y en determinadas condiciones, y no corresponden a un promedio anual. El análisis muestra que, a nivel nacional, los costos que se generan en el sector hidroeléctrico en un año crítico, pueden llegar a ser de un orden de magnitud superior que la suma de todas las pérdidas promedio anuales de los usos consuntivos.

7. Proposiciones de mitigación

Se observa en la experiencia extranjera una evolución en el sentido de que las sequías, originalmente interpretadas como catástrofes, ahora se entienden como inherentes a cualquier actividad que requiere del agua para su producción, por lo que deben ser abordadas y superadas por medio de enfoques preventivos. Originalmente, los gobiernos aportaban subsidios y todo tipo de ayudas económicas a los productores damnificados, hecho que los mantiene dependientes y no autosuficientes, con lo que se logra el efecto contrario al buscado. Actualmente, la tendencia es lograr que el productor sea viable aun en épocas de sequía, haciendo de esto una condición para su acceso al crédito estatal. Además, la experiencia ha mostrado que sistemas de bombeo administrados por pequeños agricultores bien organizados, son más eficientes en cuanto al uso del agua y al rendimiento por hectárea que los grandes proyectos de riego por gravedad, cuando ellos no son eficientemente administrados (FAO 1996), constituyendo un camino alternativo claro para paliar efectos de sequía.

Se observa que las acciones contra la sequía tienden a ser, por lo general, preventivas: a) mejorar los sistemas de pronósticos, para guiar las decisiones de los usuarios; b) efectuar una educación pública permanente sobre la sequía y c) activar mecanismos que faciliten la reasignación rápida y eficaz del recurso entre usuarios, vía compra/venta.

Las medidas que se proponen a nivel nacional para mitigar el efecto de las sequías, son fundamentalmente preventivas: a) mantener información actual, histórica y sinóptica, al alcance de los usuarios; b) difundir información elaborada; c) establecer reglas claras respecto de la intervención estatal en períodos críticos, d) preestablecer criterios claros para declarar períodos críticos e iniciar planes de contingencia; e) facilitar las negociaciones entre usuarios; e) fortalecer las asociaciones de usuarios, a todo nivel, y crear conciencia de la responsabilidad local e individual; f) exigir la elaboración de planes de acción en sequía a grandes empresas de servicio; g) financiar investigaciones y h) regularizar y catastrar todos los derechos de agua

8. La sequía de los años 95/ 96 y 96/97 en las cuencas del Aconcagua y del Limarí

En la segunda parte del estudio, la metodología desarrollada se aplicó a una sequía determinada, la de los años 95/ 97, en las cuencas del río Aconcagua, que no cuenta con regulación, y del río Limarí, fuertemente regulada. En ambas cuencas, esta sequía de dos años consecutivos, es la peor, la segunda peor o la tercera peor de la estadística de 44 años.

Para el caso del Aconcagua, la oferta a nivel de unidades se obtuvo en base a la aplicación de un modelo integral de operación del sistema hídrico (DOH-Ingendesa/1997). La demanda se obtuvo del Censo INE 1997 y del modelo Aconcagua; el déficit mensual se obtiene de la diferencia entre oferta y demanda y el impacto económico se calcula en base a la metodología desarrollada en la primera parte del estudio. Se observa que en ambos escenarios el impacto obtenido resulta suficientemente similar como para concluir que se puede obtener estimaciones válidas a nivel de unidades con la metodología aquí desarrollada.

Para el caso del Limarí, en las dos unidades superiores, el déficit se obtiene por balance simple entre oferta hidrológica y demanda, mientras que en la unidad inferior, se simula una regulación a través de la operación simplificada de un embalse, en

dos escenarios: entrega según demanda, o entrega según un % de la demanda, de modo de llegar con agua hasta el final de la temporada 1997. El impacto o pérdida económica se obtiene mediante la metodología antes desarrollada, de los resultados llama la atención que el impacto resulte algo mayor para el segundo escenario. Esto se explica por el hecho de que la metodología no considera el daño acumulativo que se genera en los cultivos perennes, en efecto, el hecho de guardar agua es beneficioso. Los resultados de oferta, demanda y déficit, y la valoración del déficit, llamada también pérdida o impacto económico, para las unidades de ambas cuencas, y en los diversos escenarios de análisis, se presentan en los Cuadros N° 4 y N° 5.

9. Análisis de la relación entre la sequía y otras variables económicas

Se analizó si había evidencia empírica de una relación causal entre la sequía, y algunas variables intuitivamente muy ligadas a ella, a nivel nacional. Para ello se contó con estadísticas a nivel nacional, para el lapso 1985-1997. Los resultados de este análisis indican que: a) aparentemente habría una relación entre la sequía y las exportaciones frutícolas, como también el PIB silvoagropecuario: ambas variables presentan una caída en 1997, y una tasa decreciente desde 1995 en adelante; b) No hay evidencias claras del efecto de la sequía sobre la producción ni sobre el rendimiento agrícola. Esto podría significar que efectivamente la sequía no habría logrado reducir la producción ni el rendimiento en forma importante, o que, con los datos disponibles, no es posible aislar adecuadamente el efecto sequía de otros efectos que inciden sobre la producción y en el rendimiento, este último pareciera ser el caso; c) Tampoco se ha logrado aislar un efecto de la sequía sobre los precios de los productos agrícolas. Se observa que los precios de los productos analizados no varían en forma significativa en función del déficit hídrico, mostrando que se suman otros efectos de los cuales la sequía no puede ser aislada. Lo anterior valida la metodología empleada en el presente estudio para analizar los efectos de la sequía, pues aporta una forma de aislar los efectos del déficit hídrico de

muchos otros efectos que quedan incluidos en el comportamiento estadístico de diversas variables agrícolas.

10. Conclusiones del análisis local

- Una adecuada organización de los usuarios disminuye la necesidad de intervención estatal. La cuenca del Limarí tiene un alto nivel de organización y no ha requerido intervención durante las últimas sequías, en cambio, la cuenca del Aconcagua con menor nivel organizativo ha sido intervenida tres veces en la presente década.
- Es recomendable fortalecer las organizaciones de usuarios para que ellas puedan planificar y ejecutar las medidas de contingencia durante una sequía.
- Los embalses de regulación anual o interanual permiten aumentar la seguridad de abastecimiento, pero no resuelven definitivamente el problema de la oferta durante una sequía, siendo necesario elaborar soluciones por el lado de la flexibilización de la demanda y de la distribución.
- Es recomendable fortalecer los mecanismos de reasignación temporal del recurso, como arriendo de derechos o venta de volúmenes de agua.
- Es recomendable fomentar la construcción de tranques de regulación nocturna.
- Es importante investigar y difundir el concepto del Riego Deficitario Controlado. Aunque esta medida requiere de una base de conocimiento técnico muy precisa, siempre resulta de utilidad y de bajo costo durante una sequía.
- Se sugiere la posibilidad de implementar seguros agrícolas contra la sequía.

- La superficie cultivada, vale decir, la demanda por agua de riego, debe tomarse como un parámetro intrínsecamente variable, de año en año, y no como un parámetro fijo. En efecto, la demanda se adapta en gran medida a la disponibilidad, constituyendo este hecho la más eficiente medida de mitigación.

Cuadro Nº 1
Oferta, Demanda y Probabilidad de Excedencia de la Demanda, por Unidad de Análisis

Unid	Nombre	Oferta		Demanda Agrícola			Dda potable		D.Min-Ind		D.Consunt		D.No Cons.		Prob. Dda		
Nº	Unidad	Act m3/s	Fut m3/s	S.Act ha	D.Act m3/s	S.Fut ha	D.Fut m3/s	Act m3/s	Fut m3/s	Act m3/s	Fut m3/s	Act m3/s	Fut m3/s	Act m3/s	Fut m3/s	Act. %/1	Fut. %/1
1	End.Atacama	Interm	interm	0	0.00	0	0.00	0	0.004	5.38	7.72	5.38	7.72				
2	Cost.Chañaral	0.16	0.16	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00		1.4		
3	Paipote	0.06	0.06	0	0.00	0	0.00	0	0	0.48	0.66	0.48	0.66				
4	Copiapó Cord.	2.27	2.27	1127	0.04	1181	0.04	0	0	0.05	0.04	0.09	0.08		1.8		
5	Copiapó Valle	2.27	2.27	6041	0.23	6330	0.22	0	0	0.01	0.01	0.24	0.23				
6	Cost.Boquerón	0.06	0.06	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00				
7	Huasco Cord.	5.25	5.25	1868	1.48	1931	1.40	0	0	0.14	0.16	1.62	1.56			0.906	0.915
8	Huasco Costa	4.97	4.97	5758	3.63	5951	3.50	0.01	0.008	0.14	0.19	3.78	3.70			0.671	0.679
9	Los Choros	0.39	0.39	0	0.00	0	0.00	0	0	0.13	0.14	0.13	0.14			0.694	0.679
10	Elqui Alto	9.81	9.81	2343	1.44	2521	1.39	0	0	0.81	0.58	2.25	1.97		11.3	0.997	0.999
11	Elqui Bajo	7.61	7.88	15649	8.11	16838	8.52	0.6	0.918	0.13	0.28	8.83	9.72			0.382	0.356
12	Tongoy	0.24	0.24	0	0.00	0	0.00	0	0	0.03	0.04	0.03	0.04			0.845	0.798
13	Hurtado	2.59	2.59	2818	1.64	3032	1.58	0	0.004	0.00	0.00	1.64	1.58		0.1	0.693	0.723
14	Grande	13.04	13.04	15212	7.32	15630	6.70	0.02	0.045	0.00	0.00	7.34	6.75	0.7	18.2	0.719	0.736
15	Ovalle	10.81	10.95	21169	13.07	21768	12.28	0.15	0.303	0.05	0.08	13.26	12.66			0.433	0.464
16	Cost.N.Choapa	0.07	0.07	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00			1.000	1.000
17	Choapa	11.02	11.03	8819	7.08	9224	6.66	0.03	0.072	0.02	0.02	7.12	6.75		0.8	0.674	0.693
18	Illapel	5.60	5.60	4069	2.40	4255	2.29	0.040	0.095	0.01	0.02	2.45	2.40			0.994	0.995
19	Los Vilos	0.79	0.79	1093	0.79	1142	0.75	0.020	0.052	0.00	0.00	0.81	0.80			0.457	0.457
20	Petorca	2.53	2.53	4953	1.47	4953	1.43	0.01	0.035	0.00	0.00	1.48	1.47			0.836	0.842
21	La Ligua	3.29	3.29	7076	2.13	7076	2.07	0.11	0.261	0.01	0.03	2.25	2.36			0.787	0.762
22	S.Felipe, L.Andes	42.00	42.00	35225	15.41	35225	13.77	0.46	0.691	1.00	1.37	16.87	15.83	22.4	225	0.999	0.999

Cuadro N° 1 (Continuación)

23	Quillota	41.62	41.37	26392	10.84	26392	9.97	2.35	3.077	2.50	4.10	15.69	17.14				0.960	0.932
24	Valparaíso	8.42	8.47	0	0.00	0	0.00	0.6	0.766	0.72	2.35	1.32	3.12				0.917	0.707
25	Santiago	47.64	47.64	37156	18.11	37156	18.69	16.3	18.86	7.64	12.34	42.02	49.89	10.1			1.000	0.996
26	Maipo	94.26	94.26	44943	20.06	44943	20.25	0.01	0.025	0.16	0.25	20.23	20.52	99.6	240		1.000	1.000
27	Talagante	91.10	91.10	72795	31.00	72795	27.31	0.56	0.902	0.02	0.01	31.58	28.22	10.6	19.8		0.999	1.000
28	Cachapoal	88.05	88.15	0	0.00	0	0.00	0.01	0.009	5.02	6.27	5.02	6.28	124.8	210		1.000	1.000
29	Rancagua	131.26	131.26	117316	53.66	117316	55.21	0.39	0.6	0.84	1.51	54.88	57.32		13.7		1.000	1.000
30	Tinguiririca	83.25	83.25	69419	34.26	69419	30.48	0	0.006	1.48	1.85	35.74	32.34		130		0.999	0.999
31	Santa Cruz	57.82	57.82	8203	3.80	8203	3.30	0	0	0.00	0.00	3.80	3.30				0.999	1.000
32	Rapel	162.58	159.40	3160	2.42	3160	2.12	0	0	0.00	0.00	2.42	2.12	200.5	205		1.000	1.000
33	Cost. Pichilemu	31.53	31.53	0	0.00	0	0.00	0.03	0.083	0.00	0.00	0.03	0.08				0.999	0.999
34	Teno-Lontué	116.71	116.71	14769	37.17	15162	38.65	0.01	0.023	0.69	1.39	37.87	40.06		122		0.997	0.996
35	Mataquito	92.39	92.39	53057	9.43	54473	8.10	0.01	0.043	0.00	0.00	9.44	8.14				0.999	0.999
36	Maule Norte	136.04	136.04	172570	93.02	179996	87.20	0	0	0.27	0.33	93.29	87.53		20.2		1.000	1.000
37	Maule Alto	265.70	266.83	0	0.00	0	0.00	0	0	0.27	0.33	0.27	0.33	770.0	971		1.000	1.000
38	Maule Sur	167.51	167.51	109429	86.12	112730	71.23	0.13	0.202	0.27	0.33	86.51	71.77		90.6		0.999	0.999
39	Perquillauquén	85.00	85.18	66735	63.93	69521	53.50	0.02	0.032	0.27	0.33	64.21	53.87				0.942	0.967
40	Constitución	16.47	16.44	5212	4.47	4889	4.50	0.1	0.227	0.27	0.33	4.83	5.06				0.923	0.917
41	Ñuble	175.09	175.09	56214	22.03	62217	22.00	0.25	0.416	2.39	2.81	24.67	25.23		157		1.000	1.000
42	Itata	111.73	111.73	21424	12.12	23712	11.69	0.01	0.013	0.07	0.12	12.20	11.82		131		1.000	1.000
43	Costa Ñuble	68.80	68.56	0	0.00	0	0.00	0.19	0.275	6.76	10.40	6.95	10.67				0.999	0.998
44	Laja	177.92	178.30	43745	17.71	43618	18.18	0	0.029	0.49	0.76	18.21	18.97	178.7	785		1.000	1.000
45	Alto Bío Bío	465.65	467.70	0	0.00	0	0.00	0	0	0.30	0.46	0.30	0.46		1131		1.000	1.000
46	Bío Bío Medio	140.12	139.44	54688	25.37	65254	21.94	0.06	0.125	3.66	5.63	29.10	27.70				1.000	1.000
47	Bío Bío Sur	84.16	83.79	2130	2.56	2470	2.02	1.7	2.806	13.55	20.86	17.81	25.69		2.5		1.000	0.999
48	Arauco	147.26	147.20	0	0.00	0	0.00	0.27	0.456	32.99	49.00	33.27	49.45				1.000	0.999
	Sumas			1112577	614.32	1150483	568.94	24.38	31.46	88.97	133.11	727.67	733.51	1407.3	4498			

Cuadro Nº 2
Caracterización de los Déficits por Unidad de Análisis

Unidad Nombre		SITUACION ACTUAL										SITUACION FUTURA					
Nº	Unidad	DP	PDP	CV M3/s	O/D %	OP %	DdP	MI m3/s	MD m3/s	DP m3/s	PDP Mes	CV m3/s	O/D %	OP %	DdP	MI m3/s	MD m3/s
m3/s mes																	
7	Huasco Cord.	0.3	12.0	214	0.31	5.27	1.63	2.92	9	0.3	11.5	219	0.30	5.27	1.57	2.80	9
8	Huasco Costa	0.7	13.0	243	0.76	4.95	3.77	7.28	10	0.6	12.2	253	0.74	4.98	3.76	7.11	10
10	Elqui Alto	0.0	1.2	535	0.23	9.87	2.23	2.08	4	0.0	1.2	543	0.20	9.87	1.97	2.05	4
11	Elqui Bajo	3.1	24.0	175	1.14	7.69	8.78	17.58	20	3.6	26.2	164	11.27	7.67	9.72	18.82	23
13	Hurtado	0.8	27.7	161	0.63	2.76	1.64	4.42	9	0.7	27.0	164	0.61	2.61	1.58	4.41	9
14	Grande	3.1	27.8	150	0.56	13.14	7.33	15.96	11	2.4	25.8	165	0.51	13.14	6.75	14.69	10
15	Ovalle	4.4	27.9	181	1.22	10.83	13.27	27.27	23	3.9	25.2	157	0.51	10.88	12.61	14.69	10
17	Choapa	3.0	32.6	138	0.64	11.16	7.12	13.71	22	2.7	31.8	160	0.61	11.12	6.76	13.08	22
18	Illapel	0.2	5.4	145	0.44	5.61	2.45	2.82	6	0.2	5.5	141	0.43	5.61	2.40	2.76	6
19	Los Vilos	0.4	41.4	135	1.01	0.79	0.81	1.62	13	0.4	41.1	260	1.01	0.79	0.81	1.62	13
20	Petorca	0.6	22.8	163	0.57	2.55	1.48	3.35	9	0.6	22.7	135	0.57	2.55	1.46	3.32	10
21	La Ligua	0.9	22.9	156	0.67	3.32	2.24	4.75	10	0.9	24.2	164	0.71	3.32	2.36	5.01	22
22	S.Felipe y L.A	0.4	1.4	454	0.40	42.44	16.87	18.98	6	0.3	0.9	153	0.37	42.44	15.82	15.76	6
23	Quillota	1.3	6.1	252	0.37	42.11	15.69	18.53	10	1.6	7.8	551	0.41	42.11	17.14	19.21	22
24	Valparaíso	0.0	0.1	416	0.16	8.46	1.32	0.68	1	1.1	13.2	227	0.37	8.46	3.12	2.48	32
25	Santiago	4.3	6.7	169	0.88	47.72	41.92	26.28	6	7.7	11.0	82	1.05	47.72	49.92	26.28	8

Cuadro N° 2 - (Continuación)

26	Maipo	0.1	0.2	32	0.21	94.77	20.23	19.68	3	0.1	0.2	140	0.22	94.00	20.52	16.69	3
27	Talagante	1.6	2.6	401	0.35	91.49	31.57	53.91	6	1.0	1.8	1478	0.31	91.49	28.22	44.09	6
29	Rancagua	0.1	0.1	1013	0.42	131.33	54.88	22.82	2	0.2	0.2	480	0.44	131.33	57.32	28.75	3
30	Tinguiririca	1.5	2.2	421	0.43	83.32	35.75	58.26	6	1.0	1.6	782	0.39	83.32	32.34	48.45	6
31	Santa Cruz	0.0	0.0	23	0.07	57.32	3.80	1.64	1	0.0	0.0	455	0.06	57.32	3.30	0.36	1
33	Cost. Pichilemu	0.0	2.2	657	0.00	31.53	0.03	0.05	7	0.0	3.0	23.9	0.00	31.53	0.08	0.14	7
34	Teno-Lontué	0.2	0.4	979	0.32	116.69	37.57	20.86	4	0.2	0.5	571	0.34	116.69	40.06	22.84	4
35	Mataquito	0.3	1.9	479	0.09	108.56	9.36	15.25	7	0.1	0.9	917	0.08	92.33	7.30	9.95	5
36	Maule Norte	4.9	2.7	268	0.68	136.35	93.28	79.87	4	3.0	1.8	708	0.64	136.35	87.57	69.33	4
38	Maule Sur	13.2	7.6	190	0.52	167.96	86.51	122.51	6	6.2	4.2	350	0.43	167.96	71.77	91.64	5
39	Perquillauquén	13.6	26.7	159	0.76	84.88	64.21	65.61	7	10.5	24.2	240	0.63	84.88	53.87	54.45	7
40	Constitución	1.7	18.0	56	0.29	16.57	4.83	13.84	10	1.7	22.8	165	0.31	16.57	5.06	11.35	10
41	Ñuble	0.4	0.8	11	0.14	174.91	24.66	32.53	3	0.6	1.3	500	0.14	174.91	25.23	29.35	3
42	Itata	2.0	7.7	256	0.11	111.83	12.20	29.87	4	2.1	8.8	234	0.11	111.83	11.82	26.67	4
43	Costa Ñuble	0.1	0.8	4	0.10	68.52	6.95	3.56	6	0.3	3.0	355	0.16	68.52	10.67	7.30	7
46	Bío Bío Medio	4.7	7.7	232	0.20	139.36	29.07	62.66	4	3.9	7.2	233	0.2	139.5	27.7	62.66	4
47	Bío Bío Sur	2.6	13.6	169	0.21	83.65	17.81	16.29	7	5.3	19.7	145	0.31	83.65	25.68	23.78	6
48	Arauco	0.1	0.4	804	0.22	146.85	33.26	12.88	4	1.3	2.6	329	0.34	146.9	49.45	29.01	6

DP Déficit promedio, o promedio aritmético del déficit (oferta menos demanda), para cada mes. Meses con superávit tienen déficit = 0.

PDP Déficit promedio, igual al anterior, pero expresado como porcentaje de la demanda. Meses con superávit tienen déficit = 0.

CV Coef. De variación % de los déficits. Razón entre la desviación standard de los déficits mensuales y el déficit promedio.

OP Oferta promedio de acuerdo a los valores mensuales de la serie de oferta.

DdP Promedio de las demandas mensuales obtenidas para los doce meses del año.

O/D Relación entre la oferta promedio y la demanda promedio.

MI Máxima intensidad del déficit o falta de recurso, observada en el lapso de la serie de oferta.

MD Máxima duración del déficit, observada en el lapso de la serie de oferta.

Cuadro N° 3 Impacto económico de las sequías hidrológicas

a) Usos Consuntivos

Pérdida promedio anual en millones de \$ de Julio 1996

Unidad	Nombre	SITUACION ACTUAL				SITUACION FUTURA				
		N°	Unidad	Agrícola	Potable	Min.-Ind.	Total	Agrícola	Potable	Min.-Ind.
7	Huasco Cord.		529	0	29	558	589	0	36	625
8	Huasco Costa		1169	1	25	1195	1227	1	34	1262
10	Elqui Alto		150	0	137	287	158	0	106	264
11	Elqui Bajo		8934	190	36	9160	10421	300	83	10804
13	Hurtado		2573	1	0	2574	2935	2	0	2936
14	Grande		9468	11	1	9480	9450	30	1	9481
15	Ovalle		8503	109	33	8646	7059	1451	408	8917
17	Choapa		4868	13	6	4888	5081	35	9	5125
18	Illapel		886	8	1	895	907	22	5	934
19	Los Vilos		538	13	0	551	563	33	0	596
20	Petorca		2503	5	0	2507	2546	15	0	2561
21	La Ligua		3868	68	4	3940	4017	171	12	4201
22	Sn.Felipe y L.Andes		2199	72	129	2401	1531	109	161	1801
23	Quillota		9679	566	533	10777	0	789	930	11385
24	Valparaíso		0	72	84	157	9665	134	368	501
25	Santiago		17841	1103	445	19390	25911	1773	997	28680
26	Maipo		330	1	15	346	305	2	21	328
27	Talagante		5883	117	3	6002	4553	164	2	4719
28	Cachapoal		0	0	0	0	0	0	0	0
29	Rancagua		806	27	52	886	1517	50	107	1675
30	Tinguiririca		5992	0	166	6159	4655	1	190	4845
31	Santa Cruz		10	0	0	10	3	0	0	3
32	Rapel		5	0	0	5	0	0	0	0

Cuadro N° 3 - (Continuación)

33	Cost.Pichilemu	0	26	0	26	0	71	0	71
34	Teno-Lontué	1076	0	17	1093	701	1	36	738
35	Mataquito	1077	3	0	1080	339	9	0	348
36	Maule Norte	16914	0	10	16925	6000	0	12	6013
37	Maule Alto	0	0	0	0	0	0	0	0
38	Maule Sur	26119	30	53	26201	11957	38	52	12047
39	Perquillauquén	28417	5	45	28446	21444	8	53	21505
40	Constitución	1964	35	73	2073	2753	91	101	2945
41	Ñuble	1330	24	189	1544	2319	45	253	2618
42	Itata	4211	2	16	4299	5922	5	25	5953
43	Costa Ñuble	0	14	446	460	0	31	1010	1040
44	Laja	0	0	0	0	0	0	0	0
45	Alto Bío Bío	0	0	0	0	0	0	0	0
46	Bío Bío Medio	11055	29	1474	12557	13652	57	2160	15869
47	Bío Bío Sur	447	375	2700	3522	1052	711	4794	6558
48	Arauco	0	106	13531	13637	0	333	31642	31975
	TOTAL	179344	3026	20253	202677	159232	6482	43608	209323

b) Usos No Consuntivos

Aumento anual del costo social de producción en millones de \$ de Julio 1996

Hidrología alta	SITUACION ACTUAL			SITUACION FUTURA		
	Cota Inicial media	Lago Laja baja	alta	Cota Inicial media	Lago Laja baja	alta
año muy seco	593522	744407	943821	1110090	1148304	1906582
año seco	11542	135999	396393	-45526	8127	200704
año levemente seco	-73919	44241	324138	36087	115265	269770

Cuadro N° 4
Efecto de la sequía 1995/97 en la cuenca del Aconcagua

Escenario I : Oferta según Modelo Aconcagua, ajustada
Demanda según Censo INE 1997

Escenario II: Oferta, demanda y Déficit según
Modelo Aconcagua (DOH 1997)

Mes	Unidad 22			Unidad 23			Cuenca	Mes	Unidad 22			Unidad 23			Cuenca
	Oferta M3/s	Dda m3/s	Déf. m3/s	Oferta m3/s	Dda m3/s	Déf. m3/s	Déf. m3/s		Oferta m3/s	Dda m3/s	Déf. m3/s	Oferta m3/s	Dda m3/s	Déf. m3/s	Déf. m3/s
abr.95	18.40	4.71		15.86	6.93			abr.95	18.40	11.30		6.59	10.26	3.67	3.67
may	17.05	2.33		15.67	4.55			may	17.05	2.14		12.11	1.72		
jun	16.18	1.85		16.02	3.33			jun	16.18	0.14		18.22	0.02		
jul	16.28	1.70		17.16	3.01			jul	16.28	0.01		23.75	0.00		
ago	15.28	2.11		15.43	3.45			ago	15.28	0.38		19.52	0.11		
sep	24.21	7.80		20.49	5.53			sep	24.21	4.79		18.41	5.15		
oct	26.91	17.05		18.20	9.23			oct	26.91	15.62		9.42	18.47	9.05	9.05
nov	57.21	28.06		42.95	14.46			nov	57.21	27.78		23.53	32.51	8.98	8.98
dic	47.56	35.45		29.61	17.51			dic	47.56	36.49		12.86	42.94	30.08	30.08
ene.96	31.92	38.20	6.28	15.69	18.77	3.08	9.36	ene.96	31.92	35.55	3.63	1.14	39.47	38.33	41.96
feb	27.63	32.84	5.21	13.64	16.77	3.13	8.34	feb	27.63	30.87	3.24	1.34	33.35	32.01	35.25
mar	23.63	17.34		14.78	11.38			mar	23.63	20.01		4.35	18.32	13.97	13.97
abr	15.77	4.71		13.23	6.93			abr	15.77	11.30		11.63	10.26		
may	12.58	2.33		11.20	4.55			may	12.58	2.14		17.29	1.72		
jun	11.38	1.85		11.22	3.33			jun	11.38	0.14		12.12	0.02		
jul	10.96	1.70		11.84	3.01			jul	10.96	0.01		13.38	0.00		

Cuadro N° 4 - (Continuación)

ago	10.05	2.11		10.20	3.45			ago	10.05	0.38		11.03	0.11		
sep	9.86	7.80		6.14	5.53			sep	9.86	4.79		4.66	5.15	0.49	0.49
oct	12.28	17.05	4.77	5.95	9.23	3.27	8.04	oct	12.28	15.62	3.34	0.52	18.47	17.95	21.29
nov	15.70	28.06	12.36	7.62	14.46	6.84	19.20	nov	15.70	27.78	12.08	1.36	32.51	31.15	43.23
dic	19.01	35.45	16.44	9.28	17.51	8.23	24.67	dic	19.01	36.49	17.48	0.63	42.94	42.31	59.79
ene.97	21.81	38.20	16.39	10.63	18.77	8.14	24.53	ene.97	21.81	35.55	13.74	0.62	39.47	38.85	52.59
feb	17.75	32.84	15.09	8.70	16.77	8.07	23.16	feb	17.75	30.87	13.12	0.50	33.35	32.86	45.98
mar	16.40	17.34	0.94	8.02	11.38	3.36	4.30	mar	16.40	20.01		2.01	18.32	16.31	16.31

Impacto Económico en millones de \$ de Dic. 97

Escenario I :

Temporada	Imp. U22	Imp. U23	Imp. Cuenca
95/96	13294	7864	21157
96/97	59949	42064	102013
Total 95/97	73243	49928	123170

Escenario II :

Temporada	Imp. U22	Imp. U23	Imp. Cuenca
95/96	7848	18888	26736
96/97	53588	30629	84217
Total 95/97	61436	49517	110953

Cuadro N° 5
Efecto de la sequía 1995/97 en la cuenca del Limarí

Mes	Unidad 13			Unidad 14			Unidad 15			Cuenca
	Oferta m3/s	Dda m3/s	Déf. m3/s	Oferta m3/s	Dda m3/s	Déficit m3/s	Oferta m3/s	Dda m3/s	Déficit m3/s	Déficit m3/s
abr.95	0.82	0.06		0.73	0.65		1.46	1.46		
may	1.26	0.05		1.56	0.38		1.00	1.00		
jun	1.45	0.02		2.24	0.39		0.89	0.89		
jul	1.60	0.02		2.74	0.18		0.68	0.68		
ago	1.25	0.05		1.62	0.44		1.14	1.14		
sep	0.62	0.42		1.59	1.91	0.31	8.24	8.24		0.31
oct	0.39	0.72	0.32	0.65	4.72	4.08	17.26	17.26		4.40
nov	0.15	1.25	1.09	0.01	7.03	7.02	27.26	27.26		8.11
dic	0.15	1.60	1.46	0.11	8.87	8.77	31.33	31.33		10.23
ene.96	0.14	1.61	1.47	0.47	9.00	8.53	31.02	31.02		10.00
feb	0.11	1.20	1.09	0.28	5.05	4.77	22.62	22.62		5.86
mar	0.11	0.34	0.23	0.04	3.02	2.97	0.65	4.90	4.24	7.44
abr	0.17	0.06		0.21	0.65	0.44	0.11	1.46	1.35	1.79
may	0.20	0.05		0.68	0.38		0.45	1.00	0.54	0.54
jun	0.75	0.02		1.01	0.39		0.89	0.89		
jul	0.93	0.02		3.76	0.18		0.68	0.68		
ago	1.13	0.05		4.19	0.44		1.14	1.14		
sep	0.63	0.42		2.37	1.91		8.24	8.24		
oct	0.23	0.72	0.49	2.46	4.72	2.27	0.61	17.26	16.65	19.41
nov	0.14	1.25	1.11	2.13	7.03	4.90	0.00	27.26	27.26	33.27
dic	0.10	1.60	1.51	0.94	8.87	7.93	0.00	31.33	31.33	40.77
ene.97	0.09	1.61	1.52	1.29	9.00	7.73	0.00	31.02	31.02	40.27
feb	0.02	1.20	1.18	0.86	5.05	4.19	0.00	22.62	22.62	27.99
mar	0.06	0.34	0.28	1.12	3.02	1.90	0.00	4.90	4.90	7.08

Cuadro N° 5 - (Continuación)

Impacto Económico en millones de \$ de Dic. 97

Escenario I : Sistema de embalses de unidad 15 sin operación especial.
Se suple el 100% de la demanda mientras haya agua en el embalse.

Temporada	Imp. U13	Imp. U14	Imp. U15	Imp. Cuenca
95/96	2384	26221	1063	29668
96/97	2431	24615	41094	68140
Total 95/97	4815	50836	42157	97808

Escenario II : Sistema de embalses de unidad 15 con operación especial.
Se suple sólo un % fijo de la demanda, de modo de guardar agua hasta el final de la temporada 96/97

Temporada	Imp. U13	Imp. U14	Imp. U15	Imp. Cuenca
95/96	2384	26221	23876	52481
96/97	2431	24615	23876	50922
Total 95/97	4815	50836	47752	103403