



Agua, producción de alimentos y energía

La experiencia del Nexo en Chile

Humberto Peña



Gracias por su interés en esta publicación de la CEPAL



Si desea recibir información oportuna sobre nuestros productos editoriales y actividades, le invitamos a registrarse. Podrá definir sus áreas de interés y acceder a nuestros productos en otros formatos.



www.cepal.org/es/suscripciones

Agua, producción de alimentos y energía

La experiencia del Nexo en Chile

Humberto Peña



Este documento fue preparado por Humberto Peña, Consultor de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), bajo la supervisión de Andrei Jouravlev, Oficial de Asuntos Económicos de la Unidad de Recursos Naturales y Energía de la División de Recursos Naturales e Infraestructura de la CEPAL, en el marco de las actividades del proyecto “Nexo agua-energía-agricultura/alimentación en América Latina y el Caribe: políticas públicas para la gestión de las interconexiones entre agua, energía y alimentación” (GER/15/006), ejecutado por la CEPAL en conjunto con la *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit* (GIZ), financiado por el Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo de Alemania (BMZ) con insumos de su programa global de la GIZ conocido como Diálogos Regionales del Nexo, e implementado por encargo del BMZ y de la Unión Europea.

El autor agradece los aportes y comentarios de André Batalhão, Pablo Bermúdez, Alejandro Girón, Ramón Granada, Adrián Lillo, Ana María Núñez, Susanne Scheierling y Miguel Solanes.

Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad del autor y pueden no coincidir con las de la Organización.

Publicación de las Naciones Unidas
LC/TS.2018/102
Distribución: L
Copyright © Naciones Unidas, 2018
Todos los derechos reservados
Impreso en Naciones Unidas, Santiago
S.18-01062

La autorización para reproducir total o parcialmente esta obra debe solicitarse a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), División de Publicaciones y Servicios Web, publicaciones.cepal@un.org. Los Estados Miembros de las Naciones Unidas y sus instituciones gubernamentales pueden reproducir esta obra sin autorización previa. Solo se les solicita que mencionen la fuente e informen a la CEPAL de tal reproducción.

Índice

Resumen	5
Introducción	7
I. Los inicios: período 1830-1939.....	9
A. El uso del agua en el riego.....	9
B. Marco legal de las aguas	10
C. El uso del agua en la generación eléctrica	11
D. El Nexo en los inicios	12
II. El Estado como motor del desarrollo: período 1940-1975	15
A. Contexto social, económico y político	15
B. Nueva política energética liderada por el Estado	16
C. Planes de riego para la seguridad alimentaria.....	17
D. Programas para el mundo rural	18
E. El marco institucional para el Nexo.....	19
F. Interacciones del Nexo.....	21
1. Centrales en las cuencas superiores	21
2. Centrales en sistemas de canales	21
3. Centrales de embalse.....	21
III. La época de predominio del mercado: período 1976-1994.....	23
A. Contexto social, económico y político	23
B. Marco institucional del agua para el mercado	24
C. Riego en el marco de una política neoliberal.....	24
D. Política eléctrica de mercado	25
E. Nexo en un escenario de competencia.....	27
IV. En búsqueda de un nuevo equilibrio: período 1995-2017	29
A. Contexto social, económico y político	29
B. Reforma de leyes de agua y medio ambiente	30
C. Revisión de la institucionalidad energética	30
D. Matriz energética menos dependiente del agua	31
E. Riego en un escenario de escasez	33
F. Universalización los servicios públicos	34

G. Nexo: uso del agua como demanda de energía	35
1. Demanda de la minería para el suministro de agua	35
2. Demanda asociada al manejo de agua para el riego.....	36
3. Demanda de energía para servicios sanitarios	37
H. Nexo: espacios de complementación	37
1. Manejo conjunto del agua	37
2. Eficiencia hídrica y energética en el Nexo	38
V. Conclusiones y reflexiones finales	39
Bibliografía	43

Gráficos

Gráfico 1	Evolución de la capacidad de almacenamiento para riego	18
Gráfico 2	Creación anual de sistemas de agua potable rural	19
Gráfico 3	Participación de la hidroelectricidad en la generación eléctrica	26
Gráfico 4	Proyección del consumo energético anual de minería por proceso.....	36

Resumen

Desde hace tiempo, se ha destacado la especial relevancia que presentan las interacciones entre agua, energía y producción de alimentos, considerados como tres recursos clave para el desarrollo sostenible a nivel global y nacional. El presente estudio analiza el caso del Nexo en Chile abarcando la aparición del tema de electricidad en la agenda pública, la evolución de las políticas públicas y los marcos jurídico-institucionales relacionados con la gestión del agua, y el desarrollo del riego y de la energía eléctrica. Asimismo, se presentan los resultados más relevantes en cada época y su relación con los cambios sociales, económicos y políticos del país. El análisis distingue tres períodos: la etapa inicial; el segundo período, en el cual el Estado fue el motor del desarrollo; el tercer en que el mercado tuvo un rol preponderante y hubo escasa regulación; y, finalmente, una etapa de nuevo equilibrio entre el interés público y los incentivos de mercado. Este enfoque de carácter histórico pretende evidenciar cómo las relaciones expresadas en el Nexo reflejan un contexto específico definido por el desarrollo del país en cada momento, lo cual puede ser útil para contrastar este caso con experiencias de otros países y aprovechar las lecciones aprendidas. El informe destaca la importancia del Nexo para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y los logros del país en esa materia.

Introducción

Las sociedades modernas se han caracterizado por el intenso uso de los recursos naturales, además de la fragmentación de actividades económicas en múltiples sectores especializados que buscan gestionar eficientemente su ámbito de actividad. Este nuevo enfoque, originado en la enorme complejidad del sistema productivo actual ha significado la creación de un gran número de instituciones, que frecuentemente presentan dificultades para entregar respuestas coherentes y coordinadas a temas críticos con diversos ámbitos de actividad. En la actualidad, a nivel mundial, existe una creciente conciencia de las limitaciones que presenta este enfoque fragmentado; por ello, para avanzar en la implementación de aproximaciones más integradoras, se hacen esfuerzos que den cuenta de las múltiples interacciones e interdependencias generadas.

En los últimos años se ha destacado la especial relevancia de las interrelaciones entre agua, energía y producción de alimentos, considerados como recursos clave para el desarrollo sostenible a nivel global y nacional, motivando la Conferencia sobre el Nexo entre Agua, Energía y Seguridad Alimentaria “Soluciones para la Economía Verde” (Bonn, Alemania, 16 al 18 de noviembre de 2011). En ella, se evidenció la magnitud del desafío que implican, en la atención de las demandas de agua, energía y alimentos para el planeta, procesos tales como: el crecimiento demográfico, la urbanización, el desarrollo económico y el cambio climático (Hoff, 2011; Martin-Nagle y otros, 2012). A partir de este evento, se han desarrollado múltiples estudios y reuniones a nivel internacional y regional para abordar distintos aspectos del enfoque del Nexo. Este presenta la ventaja de hacer explícitas las interrelaciones, interdependencias, compensaciones y sinergias existentes en el manejo, uso y aprovechamiento de los tres elementos (agua, energía y producción de alimentos), estableciendo un vínculo entre la base de recursos naturales y los requerimientos de desarrollo de la sociedad.

El estudio del Nexo entre agua, energía y seguridad alimentaria es de especial importancia para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). En efecto, para muchos países los ODS significarían incremento sustantivo de las demandas de alimentación, agua y energía que deben ser atendidas para el consumo interno y mercados globales. Un manejo adecuado de las interacciones resulta indispensable para esos propósitos.

Es importante enfatizar que los desafíos existentes hacen necesario estudiar el Nexo entre agua, energía y seguridad alimentaria en distintos niveles que, aunque relacionados entre sí, cada uno presenta

características propias. Por ejemplo, mientras que a nivel internacional y regional la preocupación se centra en las demandas globales de alimentación, agua y energía, junto con las capacidades del planeta de satisfacerlas de manera sustentable, en el ámbito nacional y local interesa sobre todo el análisis de las políticas e instituciones que permiten atender dichas demandas y manejar adecuadamente las interrelaciones (Bellfield, 2015; FAO, 2014).

En los últimos años los países de América Latina y el Caribe han comenzado a estudiar el tema del Nexo tanto a nivel de la región (Embí y Martín, 2017) como en países determinados (Ballesteros y López, 2017). El presente informe tiene como objetivo describir y analizar la evolución del Nexo (interconexiones, interdependencias, interrelaciones) entre el agua, la energía eléctrica y la producción de alimentos en la agricultura de riego en el caso particular de Chile. Interesa en especial, analizar las políticas públicas (marco normativo e institucional) que se han aplicado en el país para el manejo de las interrelaciones, los desafíos y limitaciones que se observan en la situación actual, y los objetivos y perspectivas de mejora para el futuro.

De acuerdo con lo anterior, el presente informe analiza, en el caso de Chile, la evolución de las políticas y los marcos jurídico-institucionales relacionados con el agua, el riego, la energía eléctrica, y su vinculación con los cambios sociales, económicos y políticos experimentados desde que apareció la temática energética en la agenda pública. Este enfoque de carácter histórico busca evidenciar que las relaciones expresadas en el Nexo reflejan un contexto específico definido por el desarrollo del país en cada momento, lo cual puede ser útil para contrastar este caso con experiencias de otros países y aprovechar las lecciones aprendidas.

En el análisis se distinguen distintos períodos en los cuales se hace una breve descripción del contexto económico y político, del marco jurídico y de las políticas públicas que caracterizan la gestión del agua, el desarrollo del riego y de la energía eléctrica, así como las interrelaciones entre esas actividades. Es necesario establecer que los límites entre los períodos son difusos, y los señalados en el texto son referencias útiles para caracterizar las tendencias principales. En la realidad, la evolución de los distintos temas no fue sincrónica y las tendencias generales se manifestaron en algunos casos con considerable retardo.

I. Los inicios: período 1830-1939

En las primeras décadas del siglo XX en Chile, se dieron importantes pasos para la consolidación de las primeras interrelaciones entre el papel del agua y la energía, principalmente eléctrica, la gestión de los recursos hídricos, y la actividad de riego. En ese momento ya se disponía de una infraestructura de canales de riego significativa y marcos jurídicos e institucionales con definiciones centrales de gran importancia, muchas de las cuales han perdurado hasta la actualidad.

A. El uso del agua en el riego

El mayor impulso de aprovechamiento del agua para el riego se puede apreciar en el Canal San Carlos, inaugurado en la década de 1820, y la consiguiente transformación de los campos vecinos a Santiago —de escaso valor agrícola hasta entonces— en un territorio verde y productivo, que causó gran interés en los sectores más activos del empresariado. Fue así como en la década de 1830 se comenzaron a desarrollar numerosas iniciativas para la construcción de canales, lideradas en un principio por empresarios que habían hecho grandes fortunas en la minería en el norte del país o en las casas comerciales radicadas en Valparaíso que controlaban el comercio exterior. Posteriormente, la creación de un banco de fomento como la Caja de Crédito Hipotecario (1855) apoyó la inversión entre los dueños de las haciendas que dominaban la actividad agrícola.

En este período se desarrolló la infraestructura de riego en la zona central y centro-norte con obras tales como los canales: Waddington (1843), Purutún (1855) y Urmeneta (1860) en el río Aconcagua; Pirque (1834), Las Mercedes (1845), Eyzaguirre, Ochagavía, Espéjo y Mallarauco (1873) en la cuenca del río Maipo; Cumpeo y Zañartu (1880) en las cuencas de los ríos Mataquito y Biobío; entre muchísimos otros. Asimismo, en la década de 1830, se inició la construcción de pequeños tranches de tierra siendo el primero el de La Rotunda, en el valle de Casablanca.

Hacia el año 1880, el interés de los particulares por el riego declinaría paulatinamente hasta casi desaparecer en las primeras décadas del siglo XX, consecuencia del cambio en las condiciones económicas de la exportación agrícola, la mayor complejidad y costo de los nuevos desarrollos hidráulicos (los más fáciles y económicos ya se habían realizado), y la disminución de los recursos

hídricos todavía no aprovechados. En el futuro la construcción de canales por parte de los privados decaería y sería el Estado quien, con mayor capacidad que los particulares, abordaría proyectos complejos, de alto costo y con una rentabilidad en el largo plazo, y desarrollaría las grandes obras hidráulicas ante la insistente demanda de los agricultores.

La intervención del Estado en la construcción de obras hidráulicas se realizó a través del Ministerio de Industrias y Obras Públicas. Fundado en el año 1887, el ministerio se orientó a desarrollar proyectos que excedían las posibilidades técnicas y financieras de los particulares producto de su magnitud y complejidad. Así, a través de leyes específicas y de la Ley General de Regadío (1914), el Congreso Nacional autorizó la actuación pública en la construcción de canales y tranques. Entre los principales sistemas de canales desarrollados bajo la iniciativa del Estado tenemos: Mauco (1918), Tipaume (1924), Maule (1918), Melado (1930), Perquilauquén (1923), Laja (1928), Colina (1931), Colicheo (1930), Cocalán (1935) y Biobío Norte (1937). Los tranques construidos se localizaron en las cuencas de Santiago al norte; entre los principales están: Huechún (1932), Culimo (1933), Recoleta (1934), Cogotí (1939), Caritaya (1937), La Laguna (1937) y Lautaro (1939). Con estas obras, en el año 1940 existían 17 embalses mayores de 1 hectómetro cúbico, con una capacidad de almacenamiento total de 433 hectómetros cúbicos a nivel nacional.

Como resultado de este proceso de expansión de más de un siglo, al final de este período existían 455 canales principales que iban desde la cuenca del río Aconcagua a la del Maule. La superficie total bajo canal en el país era del orden de 1.200.000 hectáreas (Correa, 1938), aunque no toda esta superficie se regaba en forma permanente y parece algo exagerada ya que resulta contradictoria con las estimaciones realizadas para fechas posteriores. La superficie regada en forma permanente, con una elevada seguridad (probabilidad hidrológica de excedencia del 85%), aumentó de 150 mil hectáreas en el año 1830 a 500 mil en 1900 y a 850 mil en 1940 (Correa, 1938; Ortega, 2005; IING, 1970; Figueroa, Sáez y Schneider, 1987). Esto significa que al año 1940 se habrían regado en forma permanente aproximadamente el 80% de las superficies actualmente regadas con la misma seguridad. En las primeras décadas del siglo XX, las actividades de riego eran extensas y de enorme importancia económica para el país. El producto interno bruto (PIB) agrícola entre los años 1860 y 1940 se habría más que cuadriplicado, lo mismo que los trabajadores del campo, entre los años 1830 y 1940 (Bauer, 1994), crecimiento que tiene una estrecha relación con el aumento de la superficie regada.

B. Marco legal de las aguas

Para el manejo ordenado de esta infraestructura de riego se hizo indispensable la elaboración de un marco legal para la gestión de las aguas. Con ese objetivo, el texto del Código Civil (1855) incluyó algunos principios fundamentales: estableció la clasificación de las aguas, dando el carácter de bienes nacionales de uso público a los ríos y a las aguas que corren por cauces naturales, y de privadas a algunas fuentes menores (artículo 595). Además, sobre las aguas públicas, el Código estableció la existencia de derechos de uso riberanos y “mercedes de agua que se conceden por autoridad competente ... [las que] se entenderán sin perjuicio de derechos anteriormente adquiridas en ellas” (artículo 860). Estas mercedes se podrían conceder para distintos usos, incluidos los usos industriales.

En la segunda mitad del siglo XIX, durante los períodos de sequía en distintos ríos surgieron situaciones en las cuales los recursos hídricos resultaban insuficientes para abastecer la totalidad de la capacidad de extracción de los canales. Ello indujo al presidente de la República a dictar la “Ordenanza sobre la distribución de las aguas en ríos que dividen provincias y departamentos” del año 1872, donde se establecieron reglas generales para la distribución de las aguas en períodos de escasez. Posteriormente, se promulgaron ordenanzas para regular el uso del agua en los principales ríos (Aconcagua (1872), Tinguiririca (1872), Teno (1872), Copiapó (1875) y Huasco (1875)). Esto reflejaba el virtual agotamiento de esos ríos para la concesión de nuevas mercedes y el fin de un período con una masiva construcción de canales.

Las disposiciones del Código Civil y de las ordenanzas fueron complementadas con la promulgación del Código de Procedimiento Civil el año 1902, las leyes de municipalidades de 1887 y 1891, y, finalmente, en el año 1908, con la Ley N° 2.139, sobre las Asociaciones de Canalistas, los que regularon la administración de la extensa infraestructura hidráulica desarrollada. Este marco reglamentario incorporó diversos elementos que constituyen la base de la administración de las aguas en el país hasta el día de hoy. Entre ellos, se puede mencionar:

- La distinción entre mercedes que pueden ser utilizadas en forma permanente y aquellas de uso eventual, que se ejercen cuando existe abundancia de agua.
- La distribución del agua entre los usuarios en períodos de escasez en forma proporcional o por turnos.
- La participación de los usuarios de aguas en torno a funciones de distribución del recurso, organizando Juntas de Vigilancia constituidas por los representantes de los canales que extraen las aguas de un determinado cauce natural.
- La designación en los ríos de un Juez de Aguas encargado de distribuir los caudales.
- El papel de los Tribunales de Justicia en todas aquellas controversias que no pudiera resolver en primera instancia el Juez de Aguas competente. Por su parte, la función de resolución de controversias en primera instancia perdura radicada en las actuales Juntas de Vigilancia.

En este contexto de gestión del agua, se inició su uso para la producción de la energía eléctrica.

C. El uso del agua en la generación eléctrica

El uso de la energía eléctrica en el país se remonta al año 1893, cuando se encendió por primera vez una pequeña red de alumbrado público en el centro de Santiago. Esta iniciativa fue muy adelantada para la época, si se considera que en ciudades como Londres y Nueva York los sistemas de alumbrado eléctrico habían sido recientemente inaugurados (en 1882 y 1883, respectivamente).

Esta nueva alternativa de alumbrado se desarrolló en forma acelerada, a través de iniciativas de distintos empresarios que habían solicitado concesiones para dar alumbrado público en ciudades tales como Los Ángeles (1884), Valparaíso (1893), Temuco (1890), y proyectos que se realizaron posteriormente en Antofagasta, Linares, Concepción, Osorno, Punta Arenas, Rancagua, Temuco, San Fernando. Del mismo modo, se realizaron proyectos en localidades menores próximas a las líneas de transmisión, como Quilpué, Peña Blanca y Villa Alemana, alimentadas desde la planta establecida en el río Aconcagua (Villalobos y otros, 1987). Un segundo impulso al desarrollo de la energía eléctrica provino del interés en aplicarla al servicio de tranvías. Así, en Santiago comenzaron a operar los tranvías eléctricos en el año 1900, con base en una concesión de la Municipalidad de Santiago por 30 años para la tracción eléctrica y alumbrado público a la firma inglesa Parrish, y se estableció el tranvía entre Santiago y San Bernardo (14 kilómetros) (1908) y en otras ciudades, tales como Valparaíso, Rancagua y Temuco (ENDESA, 1993). Una tercera demanda de energía eléctrica surgió en torno a la minería del carbón, de la industria salitrera y de la minería del cobre.

Esta acelerada expansión se realizó desde muy temprano con un importante aporte de centrales hidráulicas. Para atender la demanda de la minería, en el año 1897 entró en funcionamiento la Central de Chivilingo de 430 KW, la primera central hidroeléctrica de Chile y la segunda en Sudamérica (estuvo en operación hasta 1975), con el objetivo de alimentar de energía las faenas de las minas de carbón de la Compañía Explotadora de Lota y Coronel. En 1904, en el río Loa, zona norte del país, se construyó la central del Tranque Sloman, con 1.120 KW, para abastecer faenas salitreras; y en 1910 para abastecer la demanda de la mina de cobre El Teniente se puso en servicio la central de pasada Coya, con 29 MW, con aguas del río Cachapoal.

A principios del siglo XX se construyeron las centrales hidroeléctricas de El Sauce (1905) de 1.400 KW utilizando aguas del Lago Peñuelas, próximo a Valparaíso, y la de Florida (1909) en la vecindad de Santiago, con 15 MW, localizada en el canal San Carlos, con aguas del río Maipo, para el abastecimiento urbano. En el segundo decenio del siglo XX, se puso en operación la central de pasada Pangal (1921) de 37 MW, usando aguas de la cuenca del río Cachapoal para la mina El Teniente. Para proveer de electricidad a Santiago, se construyeron las centrales de pasada en afluentes y canales de la cuenca del río Maipo: Maitenes (1923) con 22 MW, La Puntilla (1926) con 4.500 KW y Queltehues (1928) con 49 MW. Contrariamente a este elevado dinamismo, en la década de 1930, diversos factores (véase las páginas 16-17) confluyeron para producir un estancamiento en el crecimiento del sector de energía.

Este período inicial orientó la generación hidroeléctrica a la utilización de los recursos hídricos explotables a un bajo costo en las proximidades de las faenas mineras y para proveer de electricidad a los consumidores de las ciudades de Santiago (quienes utilizan recursos de la cuenca del río Maipo), Valparaíso y sus vecindades. La capacidad total instalada en el país en plantas hidroeléctricas, a fines de 1940, era de 162.900 KW, de los cuales sobre el 50% estaba destinado al servicio público (IING, 2016). El desarrollo del sector eléctrico estaba concentrado en manos de las empresas privadas, el Estado se limitaba a otorgar subvenciones, conceder privilegios de exclusividad, liberar derechos de internación de materiales, autorizar el uso de calles, caminos públicos y bienes fiscales, y establecer servidumbres de paso de tendido eléctrico por terrenos particulares.

D. El Nexo en los inicios

En este período inicial, las principales características que presentaba el Nexo entre los recursos hídricos, el desarrollo del riego y del sector eléctrico se resumen en los siguientes puntos:

- El aprovechamiento de los recursos hídricos para el riego fue clave para impulsar el desarrollo del país desde el siglo XIX y contribuyó de manera decisiva a su seguridad alimentaria, aprovechamiento materializado a través de una extensa red de canales operados en forma gravitacional y construidos por particulares.
- A fines del siglo XIX, la fuente de energía fundamental para abastecer las nacientes demandas eléctricas fue la hidroelectricidad, en especial para los centros urbanos más importantes y la minería. En los años 1930-1940, esta fuente representaba entre el 40% y 50% de la producción de energía eléctrica en el país (Braun y otros, 2000). Sin perjuicio de lo anterior, el aprovechamiento del agua para la hidroelectricidad resultaba marginal, en comparación con el uso agrícola.
- El marco legal que se construyó para el creciente desarrollo de los recursos hídricos dio una amplia garantía a los usos y derechos constituidos, considerando una fuerte participación de los usuarios. En el contexto de fines del XIX y principios del siglo XX, ello significó que el uso del recurso hídrico en los principales ríos quedara comprometido y fuera administrado por los regantes con gran autonomía, obligando a los nuevos aprovechamientos, como los hidroeléctricos, a adaptarse a ese escenario. El uso de las aguas subterráneas no tuvo mayor desarrollo.
- El incipiente desarrollo hidroeléctrico no compitió con el aprovechamiento de los recursos hídricos en la agricultura. Dicho desarrollo se presentó en un contexto en el que existía un gran potencial hidroeléctrico disponible, de modo que se pudieron elegir alternativas que eran sinérgicas con el aprovechamiento para el riego, construyendo centrales de pasada en el sistema de canales (por ejemplo, las centrales Florida y La Puntilla, cerca de Santiago), o sus efectos eran neutros, puesto que no causaban interferencias, como el caso de las centrales de pasada construidas aguas arriba de los canales (por ejemplo, centrales Maitenes y Queltehues, en la cuenca del río Maipo). Los análisis de la temática del riego y la agricultura de esta época no mencionan ningún tipo

de interferencia ni competencia con el sector hidroeléctrico (Correa, 1938). Así, la expansión del uso hidroeléctrico se realizó sin conflictos relevantes con otros aprovechamientos hídricos. Es necesario destacar que en esa época los actores en la relación entre agua, energía y riego fueron básicamente los grandes hacendados de la zona central de Chile y también empresas particulares, usualmente extranjeras, que promovían la introducción de la electricidad en el país. De este modo, la relación entre los sectores riego y energía se daba al interior de los grupos oligárquicos dominantes representados en el Congreso Nacional y en organismos empresariales.

- El desarrollo de la red de canales generó impactos ambientales, que no fueron tema de debate de acuerdo con los criterios y conocimiento de la época, pero que son motivo de preocupación y sus impactos se pueden percibir en la actualidad. Por ejemplo, desde esa época los ríos del valle central y del norte se secan en el período de verano en diversos tramos, sin que existan caudales ecológicos para conservar los ecosistemas. Asimismo, la captación de los recursos hídricos desde los cauces sumada a la sobreexplotación agrícola, en la época dorada para el trigo en Chile (Bauer, 1970), produjeron agotamiento de los suelos, debido a la erosión y los cambios de uso de bosque por terrenos cultivables, y significaron el embancamiento de los ríos¹. Estos problemas no permitieron mantener la navegación en el curso inferior de los ríos Maule y Biobío, entre otros. Desde los años 1870 comenzaron las dificultades para el transporte de trigo con lanchones en el río Maule y en 1890 se terminó completamente con dicha actividad (Bauer, 1994).

¹ El embancamiento de los ríos se produce por el arrastre de tierra y otros materiales que, al depositarse en el fondo de los cursos de agua, dificultan y muchas veces impiden la navegación (Muñoz, 2007). La erosión de los suelos contribuye a acelerar considerablemente los procesos de embancamiento.

II. El Estado como motor del desarrollo: período 1940-1975

A. Contexto social, económico y político

A fines de los años 1930, un conjunto de fenómenos sociales, políticos y económicos que venían manifestándose en el país generaron un cambio relevante en el marco en que se desenvolvía la relación entre agua, riego y energía. En el plano económico, la crisis de 1929 había generado un grave declive en las actividades económicas, poniendo en duda la ortodoxia liberal, dominante en Chile a partir de la influencia del economista francés Courcelle Senouil (contratado por el gobierno en la década de 1880). Dicha estrategia, que promovía un crecimiento hacia afuera y un papel del Estado reducido a una mera orientación general de la economía, no parecía un camino válido para superar la crisis. Esta visión crítica se reforzaba con el ejemplo del New Deal de Franklin Roosevelt y del Proyecto del Valle de Tennessee (TVA) que dejaban de lado dicha corriente de pensamiento.

Desde los años 1920, se hacían presentes en la actividad política, y por primera vez, las clases medias de la sociedad. Su participación instauró un período, entre 1920 y 1938, caracterizado como una “primera transición chilena del siglo XX” hacia una más efectiva participación popular en el poder político, proceso que estuvo acompañado de un período de gran inestabilidad, marcado por el caudillismo. Este período culminó con el triunfo del Frente Popular en el año 1939, apoyado por los partidos de centro e izquierda. Este hito abrió paso a un nuevo papel del Estado, como motor de la industrialización, y a una nueva política económica de crecimiento hacia dentro y de sustitución de importaciones. En lo relativo al aprovechamiento del agua, tuvo dos consecuencias principales:

- El planteamiento de una política de industrialización, en cuyo centro estaba la política de electrificación encabezada por el Estado.
- El fortalecimiento de los planes de riego impulsados por el Estado, que ya no se vieron solo como iniciativas coyunturales en el marco de un plan de obras públicas para controlar la cesantía, sino como base para la ampliación productiva y la seguridad alimentaria del país.

Esta visión estratégica se mantendría hasta fines de los años 1970 cuando, en el marco de un régimen militar, se iniciaría una radical transformación institucional y económica de carácter neoliberal.

B. Nueva política energética liderada por el Estado

Desde el año 1935, comenzó a gestarse en el seno del Instituto de Ingenieros de Chile (IING)² la convicción de que era necesario hacer cambios sustanciales a la forma como se asumía el tema energético en el país (IING, 1936). Se sostenía que la electricidad era un servicio de extrema necesidad pública y que su estancamiento estaba asfixiando el progreso industrial, por lo que debía ser explotada directamente por el Estado o por particulares sometidos a una estricta reglamentación y fiscalización. Se concluía que la acción del Estado era inevitable considerando que la energía eléctrica era imprescindible para desarrollo económico y que, debido a su magnitud, la tarea solo podía ser abordada mediante la creación de una entidad autónoma centralizada.

En el año 1939, el nuevo gobierno creó la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) para impulsar la industrialización del país, apropiándose de planteamientos anteriores, incluyendo la idea de desarrollar plantas hidroeléctricas. El gobierno solicitó una actualización del documento de “Política Eléctrica Chilena (IING, 1936), preparándose el nuevo estudio “Problema de la Energía en Chile y Plan de Electrificación Nacional” (IING, 1939). De acuerdo con lo anterior, en el año 1943 se puso en ejecución un Plan de Electrificación Nacional y en 1945 entró en funciones la Empresa Nacional de Electricidad S.A. (ENDESA) para llevarlo adelante³ (Villalobos y otros, 1987).

El Plan de Electrificación dividió a Chile en siete zonas geográficas que inicialmente se desarrollarían en forma independiente, de acuerdo con las fuentes de energía más convenientes, y organizado en tres etapas: la primera se orientó a las zonas con mayores déficits, utilizando principalmente recursos hidroeléctricos; la segunda desarrolló interconexiones entre algunas zonas con el propósito de aprovechar posibles excedentes, junto con complementar o aumentar la capacidad de algunas de las centrales ya construidas; y la tercera, correspondía al desarrollo del Sistema Interconectado el cual tenía un despacho de carga centralizado y la incorporación de nuevas centrales hidroeléctricas, para abastecer nuevas demandas y dar seguridad al sistema.

En la Primera Etapa del Plan (1940-1952) se instalaron en total unos 270 MW de generación de pasada. ENDESA desarrolló para la zona centro-sur la central Pilmaiquén (1944) que alcanzó una potencia final de 40,8 MW. En la zona centro sur en 1948 se pusieron en servicio las centrales Sauzal (76,8 MW) y Abanico (136 MW); para atender la región de Coquimbo en 1952 se estableció la central de Los Molles (18 MW). Estas centrales eran de pasada y su potencia instalada original fue menor a la indicada, puesto que se fue incrementando de acuerdo con las necesidades. Para abastecer la demanda del sector de Santiago y Valparaíso, generadores independientes instalaron en la cuenca del río Maipo la central Volcán (13 MW) (1944); se amplió la central La Puntilla a 14 MW (ampliada finalmente en 2006 a 21 MW), la central Carena (10 MW) (1943), la central Los Bajos (5,2 MW) (1944) y en la cuenca del río Aconcagua la central Los Quilos (25 MW ampliada finalmente a 39,9MW).

En la Segunda Etapa del Plan (1953-1964), se ampliaron distintas centrales ya construidas y se agregó en la cuenca alta del río Maule la central Cipreses de 106 MW (1955), que aprovecha el efecto regulador natural de la laguna Invernada y requirió de la regulación de la laguna del Maule, junto con la central de pasada Isla (70 MW) (1963). En la cuenca de Rapel, se instaló la central de pasada Sauzalito (1959), en la zona centro-sur la central de pasada Pullinque (1962) (70 MW), y en el sur se puso en operación la central Aysén (1960) (3 MW). Por otra parte, aprovechando aguas del río Maipo se puso en operación por privados la central CAEMSA (1962) para autoabastecimiento industrial. En resumen, en el período se incorporaron 312 MW de capacidad, llegándose en el país a un total de 742 MW de capacidad hidroeléctrica (IING, 2016).

² El Instituto de Ingenieros de Chile (IING) fue fundado en el año 1888, como una asociación de profesionales voluntaria con el objetivo de “promover la excelencia de la ingeniería y contribuir al desarrollo del país”, ha tenido una presencia permanente en el debate de las políticas públicas que contribuyen al desarrollo nacional.

³ Quien encabezó los documentos del IING (IING, 1936 y 1939), Reynaldo Hackneker, sería primero Gerente Técnico y posteriormente Gerente General de ENDESA (Villalobos y otros, 1987).

La Tercera Etapa del Plan se diferenciaba de los anteriores en que consideraba entre sus objetivos dar una mayor seguridad al sistema de generación, reduciendo su vulnerabilidad frente a la variabilidad hidrológica, para lo cual se priorizó la incorporación de grandes centrales de embalse. Hasta el año 1980, en cumplimiento de esta etapa (que se prolongó hasta el año 2004), se puso en marcha la central de embalse Rapel (368 MW) (1968) en la zona central, próximo a la Región Metropolitana. En la zona centro sur se desarrollaron las centrales de embalse El Toro (450 MW) (1973) y Antuco (320 MW) (1981) que utilizan las aguas reguladas del lago Laja. En el norte del país, entró en operaciones la central hidroeléctrica de pasada Chapiquiña (1967) aprovechando aguas del río Lauca en el altiplano de Arica. Debido a estos desarrollos, a principios de la década de 1980, la energía hidráulica era la base de la generación eléctrica en el país, con potencia instalada que alcanzaba alrededor de 1.700 MW, de los cuales la hidroelectricidad generaba aproximadamente el 70%.

C. Planes de riego para la seguridad alimentaria

Para una adecuada comprensión del papel del riego en este período es necesario tener presente que la agricultura tuvo una paulatina declinación en su participación en el PIB. En el año 1940, el producto agropecuario representaba casi un 15% del PIB nacional, disminuyendo a menos del 10% en los años 1960. Mientras que las demandas por alimentos crecían entre 2% y 3% anual, la producción lo hacía al menos del 2%. De este modo, la balanza comercial del sector agropecuario, que había sido positiva hasta el año 1939, en 1965 había bajado de tal modo que la producción cubría solo el 82% de la demanda interna, pasando el país de ser un exportador de productos agropecuarios a uno importador, con un déficit creciente.

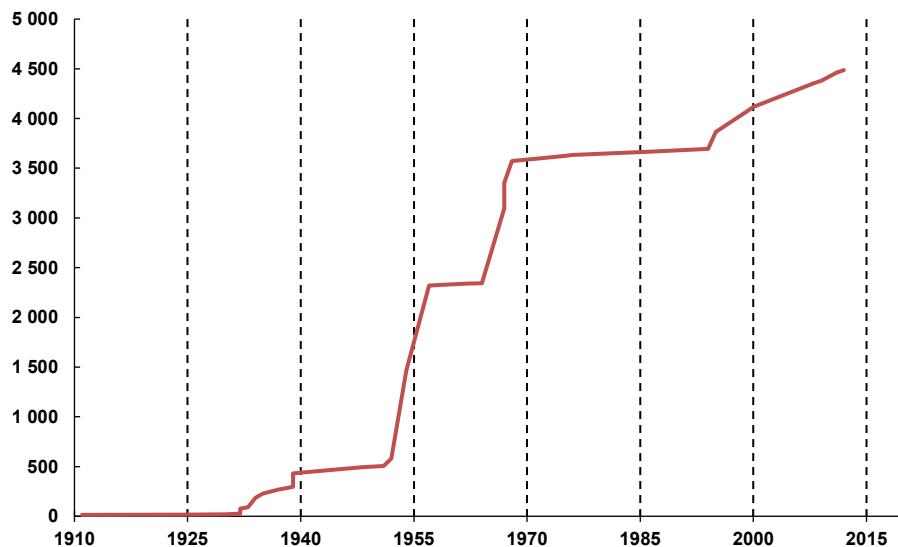
En los diagnósticos de la época, las causas de este deterioro se relacionaban con la existencia de precios agrícolas a nivel productor demasiado bajos y con una agricultura extensiva de escasa productividad y tecnificación. En un plano más general, la estructura económica y social tradicional del campo, sustentada en una concentración de la tierra en grandes latifundios, era una traba para el desarrollo y modernización del país, y, en particular del campo, diagnóstico que condujo al proceso de Reforma Agraria desarrollado entre los años 1967 y 1973. Este proceso significó un cambio drástico en la tenencia de la tierra, y en conjunto con las políticas que le continuaron en los años 1970, configuraron un nuevo escenario económico y social para el desarrollo de la agricultura en el país, cuyos efectos se apreciaron con fuerza a partir de los años 1980.

En este contexto, el riego se identificaba como un importante factor para incrementar la productividad y avanzar hacia una adecuada seguridad alimentaria, considerando que el mejoramiento de la productividad de un área regada respecto de una de secano, en la zona central de Chile, podía ser de 5 a 7 veces superior (IING, 1970). Debido al diagnóstico anterior, en este período la Dirección de Riego del Ministerio de Obras Públicas (MOP) construyó importantes obras hidráulicas y sistemas de riego cuyas faenas se prolongaron, en ocasiones, por décadas. Entre las principales se pueden mencionar los sistemas de riego de Biobío Sur, Maule Norte y Maule Sur, y otros menores como San Rafael y Quepe.

En un escenario en el cual la explotación de los recursos hídricos para el riego alcanzaba sus límites, se dio un fuerte impulso a la construcción de grandes embalses. Por ejemplo, en la zona del Norte Chico se construyeron los embalses Paloma, el mayor embalse artificial del país, y Lautaro; en la cuenca del río Maipo se construyó el embalse El Yeso; y en la zona central y centro-sur los de El Planchón, Laguna del Maule, Bullileo, Digua, Coihueco y Lago Laja.

Con las obras y áreas incorporadas en este período se superó un millón de hectáreas de superficie regada con una elevada seguridad hidrológica, y la capacidad total de almacenamiento en embalses llegó a los 3 600 millones de metros cúbicos (véase el gráfico 1).

Gráfico 1
Evolución de la capacidad de almacenamiento para riego
(En hectómetros cúbicos)



Fuente: Peña (2014).

D. Programas para el mundo rural

Un aspecto de preocupación del Nexo refiere a la expansión de los servicios de energía eléctrica, agua potable y saneamiento a todos los habitantes del país. En esta materia, el sector más atrasado generalmente es el mundo rural, ya que las condiciones de aislamiento y baja densidad poblacional hacen más costoso y compleja la provisión de dichos servicios.

En el caso de la electricidad, el suministro a la población rural estuvo presente desde la formulación del plan de electrificación nacional en la década de 1940, de acuerdo con su visión de la electricidad como el motor del futuro desarrollo del país. Bajo ese propósito, la dirección de ENDESA implementó un programa orientado a dar una solución al mundo rural, mediante el apoyo a la creación de cooperativas de electricidad (Labarca, 2016), que buscaba dar acceso a la energía eléctrica a la población y a nuevas industrias, especialmente a los pequeños productores. Durante su implementación se realizaron numerosos proyectos de apoyo a la organización cooperativa a través de subsidios y capacitaciones, generando sólidas organizaciones que han permanecido a lo largo del tiempo. Con esta modalidad, en la década de 1960, ya existían 18 cooperativas con cerca de 8 mil socios. A fines de los años 1970, con el término del rol central de ENDESA en la política energética y la creación de la Comisión Nacional de Energía (CNE), su relación con el Estado se hizo más lejana, aunque siguieron operando en forma independiente.

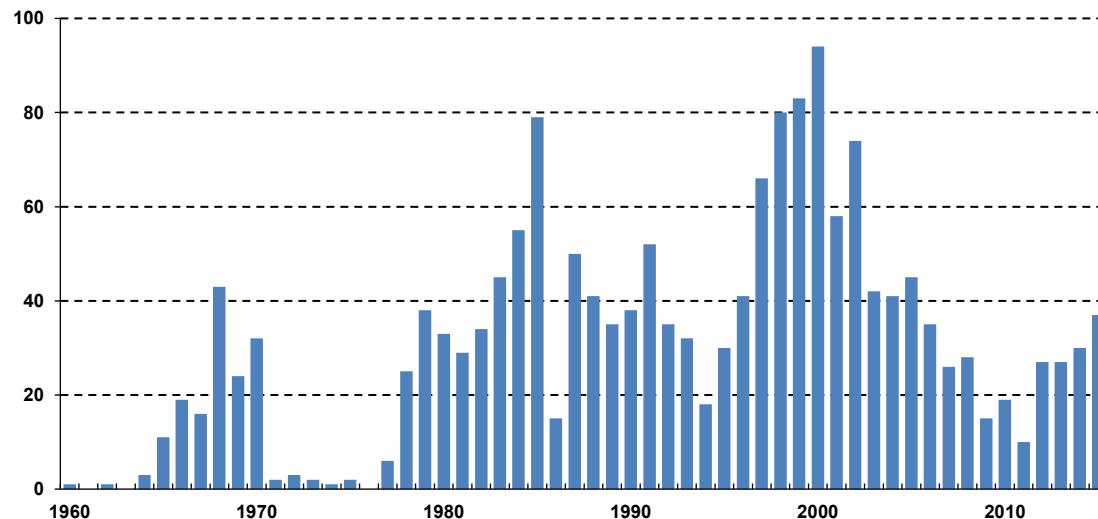
Tomando como referencia las cooperativas de electrificación rural, en el año 1964 se puso en marcha el Programa de Agua Potable Rural (APR) (inicialmente con el nombre de Plan de Saneamiento Rural) como iniciativa inserta en el Ministerio de Salud. El programa inició como parte de un compromiso de los países latinoamericanos para avanzar en el marco de “Alianza para el Progreso”, respondiendo a una realidad en la que más del 90% de la población rural del país no tenía acceso al agua potable provocando graves consecuencias sanitarias (Donoso, Calderón y Silva, 2015). Contó con el apoyo financiero del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) hasta el año 1990. El programa ha tenido una destacada continuidad a lo largo de 54 años, habiéndose desarrollado en las más variadas situaciones políticas, gobiernos y cambios en su dependencia administrativa (Servicio Nacional de

Salud, Servicio Nacional de Obras Sanitarias, Dirección de Planeamiento, Dirección de Obras Hidráulicas (DOH).

En relación con la organización del programa, se destaca la existencia, como núcleo básico, de los Comités de Agua Potable Rural, organismos autónomos, conformados por los beneficiarios quienes se encargan de la operación, mantención y autofinanciamiento de los sistemas mediante tarifas que pagan los usuarios. El apoyo del Estado se entrega mediante una unidad especializada que administra el programa, prepara los proyectos y asesora técnicamente a los comités. El financiamiento de la inversión proviene de fondos públicos a través de diversos mecanismos.

El programa inicialmente estuvo orientado al suministro de agua potable a la población rural concentrada. Una vez cumplido ese objetivo casi en su totalidad, se amplió a la población rural semi concentrada (2010), y recientemente se ha incorporado a sus alcances el saneamiento rural (2016). La continuidad y avance del programa se refleja en las siguientes cifras: en la década de 1970, se habían creado unos 110 sistemas de agua potable rural; en los años 1990, casi 500; y al año 2015, el número de sistemas construidos superó los 1 700 (véase el gráfico 2).

Gráfico 2
Creación anual de sistemas de agua potable rural
(En números de sistemas al año)



Fuente: Programa Agua Potable Rural (APR), Dirección de Obras Hidráulicas (DOH).

E. El marco institucional para el Nexo

Después de una larga tramitación iniciada en los años 1930 en el Congreso Nacional, finalmente se dictó el primer Código de Aguas en el año 1951. El país dispuso de un cuerpo legal orgánico para regular el conjunto de las actividades asociadas a la gestión de las aguas continentales, incluidas las relaciones entre el uso del agua para el riego y para la generación hidroeléctrica.

En lo central, el Código de Aguas de 1951 reafirmó la clasificación de las aguas del Código Civil, la definición del agua en ríos y lagos como bienes nacionales de uso público, así como la posibilidad de constituir derechos de aprovechamiento sobre ellas, que fueron definidos como “un derecho real que recae sobre aguas de dominio público y que consiste en el uso, goce y disposición de ellas con los requisitos y en conformidad a las reglas que prescribe el presente Código” (artículo 12). La facultad de constituirlos se radicó en el presidente de la República.

El Código de Aguas recogió, perfeccionó y complementó distintas disposiciones y prácticas que se habían desarrollado a lo largo de casi cien años; estableció que los derechos de aprovechamiento podían ser de ejercicio permanente o eventual (artículo 17), por un caudal definido según las necesidades (artículo 43), siempre que existieran aguas disponibles y no se afectaran derechos de terceros. Su otorgamiento definitivo se realizaría una vez que estuvieran construidas las obras de aprovechamiento. El Código definió los procedimientos de acceso, publicidad y oposición a las nuevas solicitudes de derechos de aprovechamiento. Además, el mismo reglamentó extensamente el funcionamiento de las organizaciones de usuarios, las que debían distribuir autónomamente las aguas en los cauces, y la posibilidad de establecer diversas servidumbres.

El nuevo Código creó la Dirección General de Aguas (DGA), donde se radicaron las funciones especializadas del Estado en relación con la gestión de las aguas, incluyendo atribuciones de fiscalización del funcionamiento de las organizaciones de usuarios (artículo 8). Estas disposiciones aseguraron un uso ordenado y efectivo de los derechos de aprovechamiento. Inicialmente, las funciones de la DGA se encomendaron al Departamento de Riego, entidad que pasaría a ser la Dirección de Riego. La DGA se puso en funcionamiento como una entidad independiente casi 20 años después, en 1969, como resultado de la Ley de Reforma Agraria de 1967.

El Código de Aguas de 1951 estuvo en uso hasta el año 1969, cuando se aprobó un nuevo texto en el marco del proceso de la Reforma Agraria. Este nuevo código revisó la naturaleza jurídica del derecho de agua definiéndolo como un derecho “real administrativo” (artículo 11) e introdujo la posibilidad de reasignación de las aguas por parte del Estado para lo cual declaró de utilidad pública todas las aguas y su expropiación (artículo 10). Con ese propósito definió un procedimiento sobre la base de la declaración de una determinada área como “área de racionalización”. En dicha área se distribuirían las aguas de acuerdo con una “tasa de uso racional y beneficioso”. Además, se estableció la caducidad de los derechos de aprovechamiento no utilizados en un período de dos años⁴ (artículo 30) y se reforzaron en forma importante las atribuciones de la DGA relativas a la fiscalización de las organizaciones de usuarios.

En relación con el riego, la Ley de Reforma Agraria creó la Empresa Nacional de Riego, que cumpliría una función equivalente a la de ENDESA en el sector de energía. Cabe señalar que estas innovaciones tuvieron escasa aplicación ya que la ruptura democrática ocurrida cuatro años después significó un cambio fundamental en las políticas en aplicación⁵. La Empresa Nacional de Riego nunca entró en funciones.

En el Código de Aguas, el Nexo entre la gestión del agua, agricultura de riego y producción de energía se hizo presente en forma expresa cuando: se asignó preferencia al uso doméstico y agrícola en la eventualidad de solicitudes sobre las mismas aguas (artículo 30), se dejó constancia que la legislación de aguas se aplicaría a las mercedes de agua para producir energía (artículo 44) y se señaló que el ejercicio de esas mercedes no podría perjudicar a los regantes y otros usos (artículos 47 y 49). Además, el Código estableció la posibilidad de constituir servidumbres de fuerza motriz (artículo 221), las que permitirían producir energía en canales existentes siempre que no se perjudicaran los derechos servidos por el canal. Dicha servidumbre autorizaba el cobro de indemnización por un monto que era definido por el juez si no existía acuerdo entre las partes.

Cabe hacer destacar que en este período no se incorporaron regulaciones ambientales de ningún tipo, de modo que el desarrollo de las obras y su operación no incluyeron consideraciones de esa naturaleza. Además, prácticamente no se hizo referencias a las aguas subterráneas.

⁴ El Código de Aguas de 1951 establecía la posibilidad de que el presidente de la República declarara la caducidad al cumplir 5 años sin uso (artículo 280).

⁵ La única Área de Racionalización que se hizo efectiva correspondió a la Primera Sección del Río Mapocho. Paradojalmente dicho proceso se desarrolló durante el Gobierno Militar.

F. Interacciones del Nexo

En este marco, se desarrollaron las numerosas iniciativas que permitieron el creciente abastecimiento de energía eléctrica y la ampliación de las zonas regadas. Estos procesos presentaron interacciones de diferentes características: situaciones de neutralidad, de interferencia o conflicto, y de cooperación para aprovechar las sinergias. Desde esta perspectiva se distinguen los siguientes casos de desarrollos hidroeléctricos: 1) aquellos localizados en las cuencas superiores y cuencas sin aprovechamiento de las aguas para la agricultura; 2) los relacionados con sistemas de canales; y 3) las centrales de embalse.

1. Centrales en las cuencas superiores

Un número sustancial de nuevas centrales correspondieron a centrales de pasada localizadas en la cabecera de las fuentes, aguas arriba de la captación de los canales. Debido a que la magnitud de las demandas energéticas no era tan importante, en los inicios del período existían muchos lugares con características atractivas para dichos desarrollos. Esta estrategia era consistente con el marco normativo, ya que no generaba interferencia con los usos agrícolas existentes, al no alterar el caudal en los puntos de captación. Este fue el caso, por ejemplo, de las centrales ubicadas en las cuencas altas de los ríos Aconcagua (Los Quilos), Maipo (Queltehués y Volcán, entre otros) y Rapel (Sauzal, Abanico). En la central Pilmaiquén, la situación no resultaba conflictiva ya que no existía riego.

Sin perjuicio de lo anterior, eventualmente se presentaba un punto de conflicto cuando la operación de las centrales hidroeléctricas producía golpes de agua ya que perjudicaba el funcionamiento de las bocatomas de los regantes de aguas abajo. Dichos golpes de agua en la zona central de Chile corresponden a la operación de las centrales con el objetivo de remover la acumulación de los sedimentos gruesos característicos de los ríos de montaña. Esto podía dañar las bocatomas aguas abajo, por lo que el Código de Aguas de 1951 prohibió esta práctica.

2. Centrales en sistemas de canales

En diversos sistemas de canales se construyeron centrales de pasada para obtener beneficio de desniveles que presentaba naturalmente el trazado. Se trataba de esfuerzos en los que ambos sectores obtenían beneficios por el uso de una infraestructura común. Esta oportunidad se aprovechó en numerosos canales próximos a Santiago (por ejemplo, las centrales La Puntilla y Carena).

3. Centrales de embalse

Al final del período bajo análisis, se hizo necesario incorporar al sistema eléctrico una mayor capacidad de regulación, para mitigar la variabilidad hidrológica. Para ese propósito se hizo imprescindible construir grandes volúmenes de almacenamiento mediante embalses y regular el escurrimiento natural de los ríos. Asimismo, los requerimientos de seguridad de riego y el paulatino agotamiento de las aguas disponibles para nuevos desarrollos, hacía necesaria la construcción de embalses para expandir las zonas bajo riego.

Los requerimientos del sector de generación hidroeléctrica producían tanto beneficios como perjuicios a los regantes localizados aguas abajo. En efecto, si bien la posibilidad de almacenar aguas sobrantes era atractiva para los usuarios, ello resultaba beneficioso solo en la medida de que las entregas se ajustaran a lo largo del tiempo a la curva de demanda del sector. Además, se debe considerar que en Chile la distribución estacional de las demandas de la agricultura y de la generación eléctrica no son coincidentes. En la zona central, mientras el suministro de agua para riego es crítico durante los meses finales del verano, las demandas de energía son mayores en los períodos de invierno. De este modo, se genera entre el sector riego e hidroeléctrico una competencia y conflicto por la oportunidad de descargar los recursos almacenados.

Por estas razones, en un contexto donde las principales decisiones sobre el desarrollo de nuevos proyectos recaían sobre dos instituciones públicas, y tratándose de obras de gran magnitud con múltiples

beneficios potenciales, se alcanzaron acuerdos intersectoriales para no generar interferencias negativas y desarrollar los beneficios mutuos. Estos acuerdos se materializaron a través de los llamados Convenios Riego-ENDESA establecidos para la construcción del embalse Laguna del Maule (1945), embalse Lago Laja (1958) y del canal Teno-Chimbarongo (1972), obra que transfiere agua a la cuenca del embalse Rapel desde la cuenca del Mataquito.

Los Convenios Riego-ENDESA establecían un acuerdo para la construcción de la obra, sus condiciones de funcionamiento y las reglas de operación según las cuales se distribuirían las aguas. De esta forma, en torno a estos grandes proyectos se estableció una relación entre agua, riego y energía que potenciaba las sinergias y aprovechaba las oportunidades del uso múltiple. La importancia de esta colaboración se puede apreciar si se considera que en la actualidad las principales zonas del país en generación eléctrica y en superficie regada son la cuenca del río Maule, con sus más de 200 mil hectáreas de superficie regada y 1.300 MW de potencia hidroeléctrica instalada, y la del Laja, con 200 mil hectáreas y 1.066 MW.

En relación con estos convenios, se debe señalar que fueron firmados por el director de la Dirección (Departamento) de Riego del MOP y el representante de ENDESA, aprobados mediante Decreto Supremo a nivel de la Presidencia de la República. Aunque ellos reflejaban la convergencia técnica de las instituciones del Estado encargadas del riego y las aguas, por una parte, y de energía, por otra, no incluían un acuerdo formal con los usuarios históricos de las aguas. En su estructura general, los convenios en primer lugar reconocían en términos precisos los caudales correspondientes a los derechos de aprovechamiento de los usuarios existentes, posteriormente definían las reglas con los que se distribuirán entre ambos sectores los recursos hídricos adicionales (en términos de oportunidad) obtenidos al construir las nuevas obras. Según los acuerdos, las aguas se destinarían a mejorar la generación hidroeléctrica y la seguridad de abastecimiento de la superficie de riego existente a la fecha del acuerdo ya que expandiría la zona de riego mediante la construcción nuevos canales o su ampliación.

En años posteriores estos acuerdos, incluyendo las reglas de distribución, se tradujeron en derechos de aprovechamiento de aguas constituidos a ENDESA y al Fisco de Chile (en lo correspondiente a la Dirección de Riego) por resolución de la DGA. Después de haberse construido los embalses, los regantes han protestado en los tribunales por los proyectos de la Dirección de Riego (actual DOH) para ampliar las superficies regadas o por la entrega de agua para la generación hidroeléctrica en períodos de sequía. Por otra parte, el Estado ha asignado a estas obras una importancia estratégica, de modo que las obras, su manejo y los derechos de aprovechamiento de aguas asociados se han mantenido en su propiedad. Distinta es la situación del embalse Rapel, obra construida exclusivamente por ENDESA y localizada en la cuenca baja de dicho río. En este caso, no existen aguas abajo zonas regadas de importancia y la constitución de derechos de aprovechamiento para ser almacenados en el embalse comprometió el total de los recursos sobrantes de la cuenca. De este modo, los derechos de la central hidroeléctrica han impedido cualquier nuevo uso de carácter consumutivo en el valle e inclusive el desarrollo de cualquier nueva regulación para mejorar el regadio, ya que implicaría una merma de los caudales afluentes a la central afectando los derechos de ENDESA.

III. La época de predominio del mercado: período 1976-1994

A. Contexto social, económico y político

A partir del año 1975, se impuso en el Gobierno Militar una política económica sustancialmente diferente a la de décadas anteriores. Esta se orientó a reducir la función del Estado, entregándole un rol subsidiario y centrando en el mercado, con escasa regulación, la tarea de asignar los recursos en la economía. La nueva política limitaba sustancialmente el papel de la inversión pública, el concepto de “Estado Empresario” y la promoción de la “sustitución de importaciones”, por el contrario, favorecía la participación privada en todos los ámbitos de la vida económica, incluyendo la energía. Promovía la estrategia de “crecimiento hacia afuera” con una reducción drástica de aranceles. Esta política se consolidó a partir de la nueva constitución promulgada en el año 1980, mediante numerosos cambios institucionales y políticos en los más diversos sectores, incluidos los de agua, riego y energía. Los cambios se materializaron con fuerza durante esa década, sin una validación social y con las dificultades derivadas de la crisis económica de principios de los años 1980 que provocó la quiebra de numerosos bancos y una activa protesta social.

El retorno a la democracia, ocurrido en el año 1990, significó el inicio de una revisión de los aspectos críticos del modelo de desarrollo, en un contexto en el cual el nuevo gobierno no tenía mayoría parlamentaria suficiente para imponer unilateralmente sus puntos de vista, lo que suponía un proceso de negociación con los promotores de la política de liberalización. La estrategia de apertura económica, la cual se consideraba como indispensable por los distintos actores debido al pequeño tamaño del país y sus ansias de crecimiento, no se vio modificada producto del cambio político; más bien, los nuevos gobiernos profundizaron esta intención mediante la reducción de aranceles y de acuerdos de libre comercio con los principales países y bloques comerciales del mundo. Lo anterior se complementó con una especial preocupación por la mantención de los equilibrios macroeconómicos, el desarrollo de mercados abiertos y competitivos, y la incorporación de políticas específicas orientadas a corregir las inequidades sociales presentes en el desarrollo del país.

En este escenario, los nuevos gobiernos democráticos priorizaron su acción en el restablecimiento del sistema político, mientras que en lo económico-social se incluyeron cambios en las

estrategias que promovían marcos institucionales con mayor presencia del Estado. Estas políticas iniciaron a principios de los años 1990 pero, en lo referente al Nexo, se manifestaron con más fuerza hasta fines de esa década.

B. Marco institucional del agua para el mercado

El Código de Aguas de 1969 resultaba contradictorio con una política basada en la iniciativa privada que dejaba las decisiones principales al mercado. De esta manera, en el año 1981 se modificó la legislación de aguas dictando un nuevo código que tuvo por objetivos la generación de derechos de aprovechamiento “sólidos”, la creación de mercados y la reducción del rol del Estado (Peña, 2004). Los derechos de aprovechamiento se definieron como derechos reales y con respaldo constitucional; además, se eliminó toda posibilidad de caducar, limitar o condicionar los derechos de agua, suprimiéndose la facultad, prevista en el Código de 1969 (artículo 35), de declarar área de racionalización y suspender los derechos existentes. Entre otras materias, entregó a los usuarios la propiedad de las infraestructuras de distribución de las aguas (artículos 202 y 212). Para reasignar los derechos de agua ya otorgados, el nuevo Código creó condiciones de mercado de estos derechos, prácticamente sin ningún tipo de regulación, estableciendo la libre transferencia de los derechos de aprovechamiento y la no vinculación del derecho a un uso específico ni a la tierra. Cabe desatacar que la regulación de las externalidades asociadas a las transferencias de derechos de aguas, tales como el impacto en los caudales de retorno, en los sistemas de riego y en el medio ambiente, no fue considerada (Dourojeanni y Jouravlev, 1999).

Las facultades de la DGA relativas a la fiscalización de organizaciones de usuarios y resolución de conflictos, así como las relacionadas con la planificación hídrica, se restringieron drásticamente. Por una parte, se suprimió la obligación para los solicitantes de justificar la cantidad de agua pedida, para constituir nuevos derechos de aprovechamiento; y por otra parte, se estableció la obligación de la DGA de constituir el derecho cuando existía disponibilidad de agua y no se afectaba el derecho de terceros. Además, en el caso de más de un solicitante sobre las mismas aguas se incorporó un procedimiento de remate que reemplazó el ejercicio de las facultades de la DGA.

C. Riego en el marco de una política neoliberal

De acuerdo con el pensamiento económico prevaleciente en el gobierno militar desde mediado de la década de 1970 hasta el año 1990, el papel del Estado en el desarrollo de la infraestructura de riego fue mínimo. La inversión sectorial que hasta 1958 fue del orden del 10% del presupuesto del MOP, llegando a un máximo en la década de 1959-68 de casi un 12%, entre los años 1975 y 1980 osciló entre el 4% y 7%, hasta que a partir del año 1980 prácticamente desapareció con valores en torno al 1%. Todo lo anterior en un contexto en el cual la inversión del MOP se redujo a la mitad (DIRPLAN, 1990). De este modo, en ese período prácticamente no se agregaron al riego canales ni embalses de importancia (véase el gráfico 1), quedando la mantención de la infraestructura principalmente a cargo de los privados.

A partir del año 1990, los gobiernos democráticos retomaron la inversión en grandes obras de riego, con inversiones anuales del orden de los 40 millones de dólares, más de diez veces la inversión de fines de la década de 1980. Las principales obras hasta el año 2000 fueron los embalses de Santa Juana, Puclaro y Corrales, localizados en los valles de la zona del Norte Chico, y los sistemas de canales de regadío localizados en la zona central del país de Pencahue y el Embalse Convento Viejo (primera etapa) (véase el gráfico 1).

Entre las razones brindadas antes del año 1990 para paralizar la inversión pública en las obras de riego, estaba la visión negativa del equipo económico del gobierno militar sobre las inversiones del Estado, en particular, sobre los beneficios de las grandes obras de infraestructura hidráulica. Ello fue motivo de una ardua polémica acerca de la evaluación costo-beneficio de las obras, de la forma de incorporar sus beneficios indirectos e impactos sociales al análisis, y de las modalidades de la

recuperación de costos. A partir de lo anterior, se generaron procedimientos y sistemas de evaluación relativamente rigurosos que han perdurado —con algunos acondicionamientos— con los nuevos gobiernos democráticos más allá del año 1990.

El proceso de inversión pública estableció una clara independencia entre los organismos sectoriales que promueven y estudian los proyectos y la instancia de evaluación, que se radicó en el Ministerio de Planificación y Cooperación (MIDEPLAN) (corresponde al actual Ministerio de Desarrollo Social, MIDESO). Este esquema se complementa con la existencia del Ministerio de Hacienda, con la Dirección de Presupuestos (DIPRES), encargado de preparar el presupuesto anual de la Nación, que desde los años 1970 constituye el ministerio más poderoso en el aparato institucional chileno ya que controla detalladamente el gasto público.

Una situación distinta se dio en el caso del riego intrapredial. La inversión en el desarrollo y tecnificación del riego en esa área resultaba consistente con el objetivo de fomento a las exportaciones y de consolidación en el campo de una agricultura moderna, sobre la base de la estructura de propiedad resultante de la reforma agraria y de las políticas posteriores. En el año 1986, entró en vigor la Ley de Fomento a la Inversión Privada en Obras de Riego y Drenaje (Ley N° 18.450), orientada al desarrollo de proyectos de mejoramiento a nivel intrapredial, tales como la instalación de sistemas de riego tecnificado, proyectos de mejoramiento de la infraestructura de conducción, embalses menores, perforación de pozos para la extracción de aguas subterráneas, entre otros. Esta ley permitió al sector privado obtener el subsidio en un porcentaje de los costos de estos proyectos, asignado mediante un sistema de concurso (Pereira y Gross, 2004). Los nuevos gobiernos mantuvieron la ley, pero en el año 1994 la modificaron para ampliar sus beneficios a la agricultura campesina y no solo empresarial. El año 1998 se estimaba que, en 10 años de operación, se había mejorado el riego de 160 mil hectáreas e incorporado al riego unas 20 mil hectáreas nuevas. Asociado a lo anterior se habían generado cambios sustantivos en la productividad agrícola (CNR, 1999).

Cabe destacar el incremento explosivo en la demanda de aguas subterráneas que generó el interés por desarrollar la agricultura de exportación en nuevas superficies regadas en valles con sus recursos hídricos superficiales comprometidos (zona norte y centro del país) y la necesidad de disponer de fuentes de suministro con una elevada seguridad hídrica. De esta manera, en la década de los 1990, el número de pozos existentes de Santiago al norte se sextuplicó. En todo caso, la apertura económica a los mercados externos significó multiplicar entre los años 1980 y 2000 por 10 las exportaciones y duplicar el valor agregado por trabajador (Valdés y Foster, 2005). Entre 1980 y 2000, la agricultura aumentó su participación en el PIB nacional del 7% a casi el 9%, lo que es destacable dado el escenario de incremento generalizado de la producción.

D. Política eléctrica de mercado

Las nuevas orientaciones políticas trajeron cambios sustantivos en la institucionalidad del sector y, especialmente, en el papel y funcionamiento de ENDESA. En el año 1976 se eliminaron definitivamente los aportes del Estado a la empresa y se iniciaron cambios drásticos en la política tarifaria y de organización interna de la empresa. En 1981, ENDESA comenzó a operar como una sociedad anónima abierta que presentaba a CORFO como su principal accionista. En lo relativo a generación, en el año 1982, se fundaron dos filiales a partir de las centrales de Pilmaiquén y Pullinque y, en coordinación con CORFO, organizó las Empresas de Colbún-Machicura S.A y Pehuenche S.A. para desarrollar los complejos hidroeléctricos homónimos. Finalmente, en 1985 privatizó las filiales de Pilmaiquén y Pullinque, para en el año 1988 pasar definitivamente a manos privadas (ENDESA, 1993).

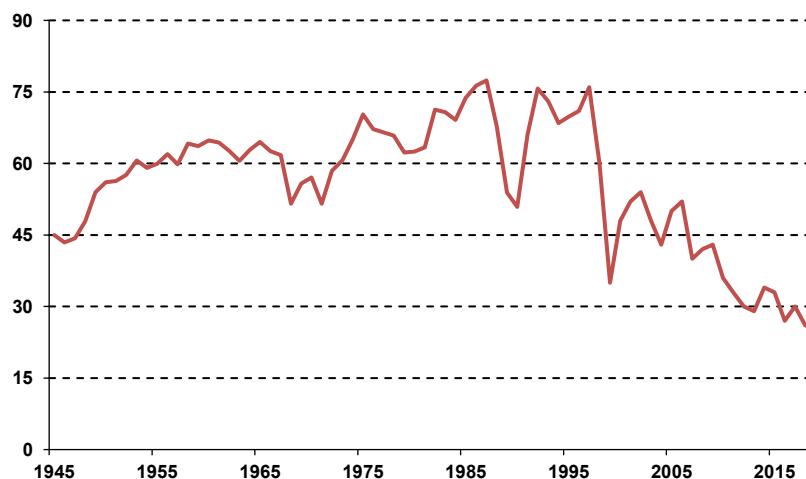
Junto con estos cambios, en el año 1978 se creó la CNE, entidad de gobierno encargada de elaborar y coordinar planes, políticas y normas del sector, quedando ENDESA solo como empresa generadora, transmisora y distribuidora de electricidad. En 1982, se dictó una nueva ley eléctrica que introdujo un nuevo sistema tarifario vinculado al costo marginal de generación y facilitó la incorporación de empresas privadas al sector. Finalmente, en el año 1985, se creó el Centro de Despacho

Económico de Carga (CDEC), integrado por las compañías generadoras, con el objetivo de coordinar la participación de las empresas en el Sistema Interconectado Central (SIC) con una operación al mínimo costo del conjunto del sistema eléctrico.

En ese nuevo marco institucional, ENDESA continuó con la tercera etapa de la política eléctrica iniciada 40 años antes, orientada al desarrollo de grandes centrales hidroeléctricas de embalse. En ese entonces, se construyó el complejo Colbún-Machicura consistente en un gran embalse de 1.100 millones de metros cúbicos con la central Colbún (400 MW) (1985), en el tramo medio del río Maule; un embalse de compensación, el embalse Machicura, de 13 millones de metros cúbicos, y la central Machicura (90 MW) (1985); y un canal de devolución con una tercera obra de generación, San Ignacio (1996). En total, el complejo incorporó una potencia instalada de 606 MW. A través de filiales, se completó el desarrollo del potencial hidroeléctrico de la cuenca del río Maule con la central de embalse de Pehuenche (1991), y las centrales de pasada Curillínque (1993) y Loma Alta (1997). En el extremo sur del SIC, se puso en servicio la central de embalse Canutillar (1990) y en la centro-sur, se inició el desarrollo en la cuenca del río Biobío con la central de embalse de Pangue (1996). Adicionalmente, empresas generadoras construyeron centrales de pasada próximas a los principales centros de consumo en la zona central y centro sur, entre ellas destacan Alfalfal (1991) en la cuenca del río Maipo; en la cuenca del río Aconcagua, las de Blanco (1993), Juncal (1994) y Chacabuquito; y en la cuenca del río Biobío, las de Rucué (1998), Peuchén y Manpil (2000).

En un sistema de mercado con actores privados, los costos de las distintas fuentes tienen un impacto decisivo en las decisiones de inversión. Por ello, a partir del año 1995, diversos factores contribuyeron a una importante reducción del interés en el desarrollo de la generación hidroeléctrica para atender las nuevas demandas. En primer lugar, el acuerdo energético con Argentina permitió por primera vez el abastecimiento de gas a través de gaseoductos transandinos y la generación con centrales de ciclo combinado a precios muy bajos (en torno a 20 dólares por megavatio-hora). Además, la incorporación de los temas ambientales, con la dictación de la Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente (1994), elevaron los costos de la generación hidroeléctrica, y la ocurrencia de dos sequías importantes en la década de 1990 hizo aconsejable reducir los riesgos hidrológicos del sistema y diversificar la matriz energética. Bajo este escenario, aunque al año 2004 existían 50 centrales hidroeléctricas con una potencia instalada de 5.200 MW, el peso de la hidroelectricidad en la matriz energética había bajado desde valores del orden del 70% a principios de los años 1990 a un 46% (véase el gráfico 3) (IING, 2016).

Gráfico 3
Participación de la hidroelectricidad en la generación eléctrica
(En porcentajes)



Fuente: Braun y otros (2000); Comisión Nacional de Energía (CNE).

E. Nexo en un escenario de competencia

Los cambios de las políticas e instituciones realizados en el país a partir del año 1975 y que paulatinamente comenzaron a revisarse con los gobiernos democráticos (1990 en adelante), tuvieron importantes consecuencias en el Nexo entre agua, producción de alimentos y energía. Entre ellos se destacan los siguientes:

- La nueva legislación de aguas, en conjunto con la apertura del mercado eléctrico a nuevos actores privados, desencadenó una carrera especulativa por obtener nuevos derechos de agua no consuntivos, en desmedro de la posibilidad de acceder a los recursos hídricos para fines de riego. En efecto, a diferencia de la antigua legislación, el nuevo Código de Aguas de 1981 no estableció la obligación del peticionario, para justificar la cantidad de agua pedida ni de usar el caudal otorgado, así como tampoco incorporó cobros. Además, era obligatorio para la administración constituir el derecho de aprovechamiento cuando existía disponibilidad de agua y no se afectaban los derechos de terceros. En este escenario abierto a la especulación, los interesados en el sector hidroeléctrico reaccionaron con gran rapidez para tomar posiciones, solicitando derechos de agua. Esta situación provocó que, a mediados de los años 1990, sus solicitudes alcanzaran en volumen aproximado los 50 mil metros cúbicos por segundo, limitando el aprovechamiento de los recursos hídricos para fines agrícolas en cuencas enteras ya que impedían la concesión de derechos consuntivos hacia aguas arriba (Dourojeanni y Jouravlev, 1999). ENDESA demandó al Estado para obtener la constitución de un conjunto de más 10 derechos no consuntivos que había solicitado, cuyo otorgamiento comprometería caudales del orden de 14 mil metros cúbicos por segundo y afectaría seriamente las condiciones de competencia en el sector hidroeléctrico. Este proceso solo fue detenido cuando, en los años 1990, el Gobierno recurrió a la aplicación de las normas generales sobre defensa de la libre competencia en las actividades económicas. La CNE consultó a la Comisión Preventiva Central, la que recomendó a la DGA que se abstuviera de constituir nuevos derechos no consuntivos mientras no existiera un mecanismo legal o reglamentario que asegurara el buen uso de las aguas, a menos que se tratara de proyectos específicos de interés general (Peña, 2004).
- En el nuevo escenario institucional y legal, no fue posible el desarrollo de grandes proyectos hidráulicos de uso múltiple en el marco de acuerdos al interior del gobierno, tal como sí había sucedido en los casos de los embalses Laguna del Maule, Lago Laja y Rapel. En lo sucesivo, el criterio que prevaleció fue la protección estricta y textual del derecho de aprovechamiento de las aguas para el desarrollo de proyectos.
- La nueva legislación de aguas, aplicada en un contexto económico de mercados competitivos, favoreció la transformación de los conflictos por el agua en conflictos comerciales que frecuentemente se resolvían en tribunales de justicia. Así, en distintas cuencas se generaron conflictos relativos a los derechos de aprovechamiento entre las empresas hidroeléctricas y los regantes tal como fue el caso de diversas presentaciones en tribunales patrocinadas por los regantes objetando la constitución y el ejercicio de los derechos de aprovechamiento para el complejo Colbún-Machicura (Maule) y de la central Pangue (Biobío).
- Un aspecto especialmente conflictivo se presentó en la operación de los grandes complejos hidroeléctricos con centrales de embalse. En ellos, el sistema tarifario aplicable a la energía generada promueve el uso de las aguas en períodos de otoño-invierno y horas nocturnas, momentos en los que entrega un mayor precio. Sin embargo, esa oportunidad de desembalse no es consistente con las demandas para riego. De este modo, la operación de los embalses por parte de las empresas a partir del Código de Aguas de 1981, sobre la base de los derechos de aprovechamiento de agua de cada sector, se realizó en un ambiente de extrema desconfianza entre los sectores. Un factor que contribuyó a esta conflictividad fue la no participación de las empresas hidroeléctricas en las Juntas de Vigilancia, posibilidad

que la normativa legal resuelve en forma inadecuada tanto desde la perspectiva de los regantes como de las empresas. Así, con frecuencia se produjo una judicialización de los conflictos, los que fueron resueltos en el marco de la legislación de aguas, buscando el cumplimiento estricto del contenido de los derechos de aprovechamiento de cada titular. Ello no sucedía en las centrales de pasada, las que no alteran la disponibilidad natural de los caudales.

- La nueva política económica condujo a una valoración muy distinta acerca del papel del Estado en el desarrollo del riego (y, por consiguiente, del aprovechamiento del agua en la agricultura), eliminando en la práctica la intervención del Estado (década de los 1980) para el desarrollo de grandes obras, sin perjuicio de apoyar la mejora del riego predial. Este enfoque cambió a partir de los años 1990 con los nuevos gobiernos democráticos, los que reivindicaron el papel del Estado en las grandes obras, mantuvieron y ampliaron el apoyo al riego predial para que se beneficiara la agricultura campesina.
- En el nuevo escenario, con las decisiones sobre el desarrollo hidroeléctrico ligadas a los incentivos económicos privados, junto a la nueva legislación ambiental, la participación de la generación hidroeléctrica en la matriz energética dependía principalmente de los costos relativos de las distintas fuentes de energía. Así, la importación de gas proveniente desde Argentina, con bajos costos de generación, produjo una abrupta disminución del interés en la contribución de la energía hidroeléctrica (véase el gráfico 3). Esto muestra como en la práctica, en una institucionalidad como la chilena, las interrelaciones entre agua, producción de alimentos y energía dependen de la institucionalidad vigente, contexto socioeconómico e incentivos que ellos generan.

IV. En búsqueda de un nuevo equilibrio: período 1995-2017

A. Contexto social, económico y político

Desde los años 1990, con la llegada de los gobiernos democráticos, se ha desarrollado en el país un complejo proceso en búsqueda del nuevo equilibrio, que busca pasar del modelo con predominio generalizado del mercado y escasa regulación, hacia uno más equilibrado donde esté presente el interés público, a través de una mayor participación del Estado. Ello se ha manifestado con distinto ritmo en los sectores de la actividad económica. El tema ambiental se incorporó a las decisiones de inversión en la década de 1990, se modificó el Código de Aguas en el año 2005 y la institucionalidad de la energía se revisó en diversas leyes aprobadas entre los años 2002 y 2016.

En este período la economía del país pasó por momentos de contracción económica como consecuencia de las llamadas crisis asiática (1998-1999) y sub-prime (2008-2009) y de bonanza del alto precio de las materias primas (2000-2014). En una economía abierta y fuertemente ligada a los recursos naturales, este contexto externo produjo importantes impactos en las interacciones entre agua, producción de alimentos y energía. Además de estos impactos económicos que afectaron al conjunto de la economía, es necesario destacar tres aspectos específicos relacionados con la competitividad de las fuentes energéticas:

- El primero fue el acuerdo gasífero con Argentina que permitió inaugurar en el año 1997 el primer gasoducto transandino, diversificando la matriz energética con una fuente de menor costo, pero que, debido a las graves restricciones en los envíos de energía presentadas a partir del año 2004, amenazó con llevar al país al racionamiento eléctrico en el año 2008. Esta crisis solo se resolvió con la construcción de la planta de gas natural licuado (GNL) en Quinteros, que permitió traerlo desde otros países a partir del año 2009.
- Un segundo aspecto es la creciente competitividad de las fuentes de energía renovable no convencionales (como solar, eólica y mini hidroeléctricas).
- Finalmente, las persistentes sequías observadas en el país en las últimas décadas, parcialmente relacionadas con el fenómeno del cambio climático (CR2, 2015).

B. Reforma de leyes de agua y medio ambiente

Las visiones liberales extremas en el ámbito económico, legal e institucional que predominaron en el país desde mediados de los años 1970 y se manifestaron con fuerza en el ámbito de los recursos hídricos y la energía, paulatinamente desde la década de 1990 dieron paso a posiciones más equilibradas, sin dejar de lado las bases de una economía de mercado, con equilibrios macroeconómicos sólidos y abierta al comercio internacional.

Un elemento de gran importancia fue la incorporación de la temática ambiental a partir de la dictación de la Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente de 1994. Entre otras materias, dicha legislación incorporó el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) y puso en marcha el proceso de dictación de las normas de emisión y de calidad ambiental. El SEIA, que entró plenamente en funciones el año 1998, obligó a los proyectos hidráulicos y de energía de cierto tamaño a obtener una aprobación ambiental para su realización y al cumplimiento de un conjunto de regulaciones. La dictación de normas de emisión y calidad de las aguas permitieron por primera vez en el país avanzar en un plan de control de la contaminación. Asimismo, la legislación ambiental estableció una institucionalidad con la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) actuando como organismo coordinador de la institucionalidad pública. Esta legislación fue perfeccionada entre los años 2010 y 2012 introduciendo cambios en las normativas y creando una nueva estructura institucional consistente en un Ministerio del Medio Ambiente, un Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) encargado de organizar y coordinar los procesos de evaluación, una Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) responsable de la función fiscalizadora, y los Tribunales Ambientales, para la resolución de los conflictos sobre la aplicación de las normativas.

Por su parte, la legislación de aguas fue motivo de una reforma discutida por más de 12 años en el Congreso Nacional y, después de un fuerte debate político acerca del papel del Estado en la gestión de los recursos hídricos, fue aprobada el año 2005 tras considerar especialmente lo relativo a la asignación de los derechos de aprovechamiento de aguas y su ejercicio (Peña, 2005; Hantke-Domas, 2011). Entre sus objetivos, la reforma buscó favorecer la competencia, eliminar la especulación y el acaparamiento de los derechos de agua, en especial para fines hidroeléctricos, avanzar en la protección de los ecosistemas asociados a los recursos hídricos, y mejorar la gestión de las aguas subterráneas.

Para ello, la modificación legal estableció el pago de una patente, con valores crecientes en el tiempo, a los derechos de agua que no estaban en uso y la obligación para los peticionarios de nuevos derechos de justificar el caudal solicitado. En lo referente al medio físico natural, se incorporó la obligación de mantener caudales ecológicos en la constitución de nuevos derechos. Respecto de las aguas subterráneas, se fortaleció la función pública permitiendo a la DGA declarar áreas de restricción para nuevas extracciones y denegar solicitudes para garantizar la sostenibilidad de las explotaciones de los acuíferos en el largo plazo. Además, se autorizó a la DGA a reservar caudales para su uso en el abastecimiento de servicios de agua potable. Respecto de la constitución de nuevos derechos de agua para usos no consumtivos (hidroeléctricos), se facultó a la DGA para denegarlos si su constitución no estaba de acuerdo con el interés público. Esto significa que el otorgamiento de nuevos derechos para fines hidroeléctricos queda subordinado a la evaluación que haga el Estado de su conveniencia.

C. Revisión de la institucionalidad energética

Si bien la política energética general del país basada en un sistema de proveedores privados que ofrecen energía a un sistema interconectado se mantuvo, el modelo mostró desde mediados de los años 1990 debilidades para impulsar una visión estratégica del tema, hacer frente a los riesgos hidrológicos y comerciales y aprovechar las oportunidades que ofrecían los cambios tecnológicos.

La primera reforma al marco institucional y legal fue la eliminación de la sequía como causal de fuerza mayor en el caso de una interrupción del suministro eléctrico, lo que implicó nuevas obligaciones para las generadoras (1999). Esta decisión significó un cambio estructural en la industria

eléctrica de Chile, incorporando nuevos riesgos para las decisiones de inversión en la generación hidroeléctrica. Además, para abordar la necesidad de diversificar la matriz energética, mejorar la competitividad en la generación y asegurar el abastecimiento —comprometido por la crisis de suministro del gas argentino en la cual se suspendieron totalmente los envíos de gas— se aseguró el acceso al mercado mayorista a cualquier generador, independientemente de su tamaño. Luego de esto, se estableció un mecanismo de licitaciones de suministro, de acuerdo con los requerimientos identificados por las empresas distribuidoras para proveer energía a los sectores regulados en el mediano y largo plazo (2005). Esto llevó a imponer obligaciones a las empresas generadoras tales como incorporar paulatinamente las energías renovables no convencionales (ERNC) hasta alcanzar al menos un 10% en el año 2024, incluyendo centrales hidroeléctricas de hasta 20 MW (2008). En lo institucional, se creó el Ministerio de Energía (2009), como entidad separada de minería, con la responsabilidad de diseñar y coordinar los planes, políticas y normas para el buen funcionamiento y desarrollo del sector eléctrico, quedando la CNE como órgano técnico encargado de analizar precios, tarifas y normas técnicas, y organizar las licitaciones de las proveedoras. Mediante una ley especial (Nº 20.571) se hizo factible que las pequeñas fuentes de autogeneración de las ERNC hasta 100 kW de potencia pudieran integrarse a los sistemas generales de distribución e inyectar sus excedentes a la red (2012).

Finalmente, los problemas de suministro y altos costos, debido a las barreras de entrada del sector eléctrico y la poca competencia existente, posibilitaron un nuevo consenso político, social y técnico sobre cómo desarrollar el sector energético en el país, materializado, mediante un proceso de diálogo y participación de actores privados y públicos a nivel nacional, en la formulación y aprobación de la Agenda de Energía (2014). Dicho acuerdo cambió el paradigma que había imperado en el sector eléctrico por más de 30 años, desde el dictamen de la Ley General de Servicios Eléctricos en 1982. De acuerdo con esta visión, la dirección del desarrollo del sector se encontraba totalmente entregada al mercado. La nueva estrategia dispuso que el Estado pasaría a tener un rol más activo en la planificación de largo plazo del sector eléctrico, conciliando objetivos económicos, ambientales y sociales en pro del bien común de toda la población (Romero y Tapia, 2018).

La Agenda de Energía estableció como una de sus tareas el diseñar y ejecutar una política energética de largo plazo que contara con validación social, política y técnica, lo cual se realizó por medio de mesas de trabajo temáticas, tanto a nivel central como regional. Así, se aprobó la Política Nacional de Energía contenida en el documento denominado “Energía 2050: Política Energética de Chile” (2015), la que se estableció basada en cuatro pilares: seguridad y calidad de suministro, energía como motor de desarrollo, compatibilidad con el medio ambiente, y eficiencia y educación energética, definiendo visiones, metas y lineamientos a los años 2035 y 2050.

En este nuevo marco, el año 2014 se aumentó la exigencia sobre las ERNC establecida en 2008, definiendo como meta llegar a un 20% del abastecimiento eléctrico nacional el año 2025. Además, se revisó el mecanismo de licitaciones incorporado en el año 2005 mediante una ley en 2015, con el objetivo de disminuir los precios, aumentar la competencia, incorporar nuevos actores y diversificar las fuentes de energía. Para ello se radicó en la CNE la obligación de efectuar las licitaciones públicas —y no en las empresas distribuidoras— con plazos de antelación más largos para facilitar la entrada de las nuevas fuentes, con contratos de mediano y largo plazo más flexibles y competitivos.

D. Matriz energética menos dependiente del agua

A principios de los años 2000, el desarrollo de nuevas centrales hidroeléctricas de gran tamaño presentaba en el país importantes desincentivos. El riesgo hidrológico, la plena vigencia de la normativa ambiental, junto con una activa campaña sobre el tema de grupos ambientalistas y la incorporación de fuentes de menor costo (como fue en su momento el gas proveniente de Argentina y después las ERNC), generaron una fuerte disminución en el interés por invertir en este tipo de proyectos. En la práctica, la inversión se orientó hacia centrales hidroeléctricas de pasada de tamaño mediano localizadas en las cuencas altas, con algunas excepciones. Entre los años 2005 y 2015, se construyeron 11 centrales con

una potencia total de 1.077 MW. Adicionalmente, se desarrollaron 68 minicentrales con una potencia de 281 MW, frecuentemente asociadas a los sistemas de canales (IING, 2016).

Esta situación afectó el comportamiento de los solicitantes y titulares de derechos de aprovechamiento no consuntivos para fines hidroeléctricos. Desde la resolución de la Comisión Preventiva Central, la DGA había concedido derechos solo a aquellas solicitudes de derechos de aprovechamiento con posibilidades de ser efectivamente materializadas en proyectos en el corto o mediano plazo. Posteriormente, a partir de la reforma del Código de Aguas en 2005, se inició el pago de patentes por los derechos de aprovechamiento que estaban concedidos, pero que no eran utilizados. La entrada en vigor de la modificación legal significó alejar el riesgo de un control monopólico de los recursos hídricos por las empresas, y el desistimiento de numerosas solicitudes que estaban en trámite. Así, junto con la dictación de la reforma de 2005, ENDESA procedió a devolver 43 solicitudes que tenía en trámite. A su vez, el sistema de patentes implicó el pago de un valor que en el año 2017 alcanzaba un total de 89 millones de dólares al año para mantener la situación de preferencia. De ese modo, y reflejando la baja de expectativas respecto al desarrollo de los recursos hidroeléctricos en el sur del país, recientemente se ha observado la paulatina devolución de los derechos de agua al Estado. Por ejemplo, ENDESA devolvió importantes derechos de aprovechamiento en los ríos patagónicos.

La participación de la hidroelectricidad en la matriz energética ha continuado descendiendo desde el nivel de 40% a fines de la década de 1990 al 32 % el año 2015. En la actualidad, existe solo un proyecto hidroeléctrico de grandes dimensiones en desarrollo, el Alto Maipo (531 MW), cuya principal justificación se encuentra en su localización en la Región Metropolitana, donde se concentra la demanda energética del país. El ambicioso proyecto de construcción de centrales en la Patagonia (Proyecto HidroAysén) fue abandonado por las dificultades de diversa índole que presentó (políticas, ambientales, económicas, etc.). Además, las licitaciones de suministro de los últimos años prácticamente no se han adjudicado a ofertas de centrales hidroeléctricas, dado el mayor costo con que se presentaron a dichos procesos, en comparación con los costos ofertados por otras fuentes de generación.

El menor interés por la generación hidroeléctrica de gran escala se ha presentado en un escenario en el que el potencial hidroeléctrico para ese tipo de proyectos no aprovechado aún es considerable. En efecto, se estima en 8.000 MW el potencial disponible con proyectos identificados (IING, 2016), lo que duplica el potencial actualmente aprovechado y en construcción. Por otra parte, el potencial hidroeléctrico aprovechable con minicentrales hidráulicas, entre las cuencas de los ríos Aconcagua y de los ríos Puelo y de Chiloé insular, alcanza 3.658 MW (Santana y otros, 2014). Finalmente, se han identificado oportunidades para desarrollar 290 minicentrales mayores de 2 MW en los sistemas de canales de riego, cuya potencia total alcanzaría al menos los 860 MW (CNR, 2008).

Un factor decisivo en el menor interés en el desarrollo de centrales hidroeléctricas ha sido el creciente atractivo económico de las nuevas fuentes de ERNC. En la actualidad, los costos de energía generada por las nuevas fuentes en general son menores y solo resultan competitivos los proyectos hidráulicos desarrollados en condiciones muy favorables y de tamaño importante (IING, 2016).

Lo anterior se ha reflejado en las licitaciones de energía realizadas en los últimos años. El año 2013, antes del cambio legal en la regulación energética, el valor promedio de las ofertas ganadoras de las licitaciones había llegado a 128 dólares por megavatio-hora, con un mercado muy concentrado en las tres principales empresas del sector. Con la entrada masiva de las ERNC (básicamente eólicas y solares), en las licitaciones los precios bajaron en forma dramática, alcanzando en 2017 un valor promedio del orden de 33 dólares por megavatio-hora y las ofertas adjudicadas a las ERNC representaron un 57% de las licitaciones realizadas en el período 2015-2016 (Rudnick y Romero, 2018). Así, la potencia instalada en plantas de energía solar que en enero del año 2014 alcanzaba un total de 7 MW, en noviembre de 2017 llegaba a 1.769 MW y los proyectos aprobados en el SEIA representaban una potencia de 18 GW (Palma y Pacheco, 2018).

Al costo decreciente de la generación de las ERNC se debe agregar el enorme potencial disponible debido a las especiales condiciones naturales del país. El potencial eólico aprovechable con centrales con factores de planta igual o mayor a 0,30 alcanza 40 GW (Santana y otros, 2014). Asimismo,

el potencial aprovechable en centrales de concentración solar (CSP) con factor de planta igual o mayor a 0,50 es del orden de 553 GW, estando el 96% de este potencial ubicado en las regiones de Tarapacá y Antofagasta. La magnitud de este valor se explica por las excepcionales condiciones para el aprovechamiento de este tipo de energía, dado los niveles de radiación solar que recibe el norte de Chile, los cuales son de los más altos a nivel mundial. Por ejemplo, un panel fotovoltaico en Calama (región de Antofagasta) puede generar 4 veces más energía que en Alemania.

En consonancia con lo anterior, la Política Energética al 2050 considera como objetivo que las energías renovables constituyan el 60% de la generación eléctrica en el año 2035 y al menos un 70% en 2050. Sin embargo, la cada vez más importante incorporación de la energía eléctrica a todo tipo de procesos y cambios tecnológicos (por ejemplo, electromovilidad) hace esperable un continuo crecimiento de la demanda eléctrica. En Chile, la demanda eléctrica anual alcanza 73 TWh (2016), y la Política Nacional de Energía proyecta un crecimiento del consumo de electricidad al año 2050 de entre 2 y 3 veces. Para atender este crecimiento con una adecuada seguridad, un desafío lo constituye aprovechar el potencial de energías renovables, que con las actuales tecnologías de generación son variables o intermitentes, por lo que se requiere de un sistema con la capacidad de integrar distintas fuentes de un modo muy flexible (Seebach, 2017).

En este contexto, sin perjuicio de la pérdida del lugar preponderante en la matriz energética que la hidroelectricidad ha mantenido en las últimas décadas, el futuro desarrollo de esta fuente de energía en el país se prevé centrado en aportar estabilidad al sistema eléctrico, mediante centrales de embalse, de bombeo y de pasada, corrigiendo la intermitencia asociada a las fuentes solar y eólica. La importancia de esta función dependerá de los desarrollos tecnológicos que se presenten en el futuro respecto de las capacidades de almacenamiento de energía en baterías o mediante el proceso de concentración solar. Adicionalmente, se espera que se continúen desarrollando proyectos de centrales hidroeléctricas medianas y pequeñas aprovechando condiciones locales favorables en los sistemas de cañales y en cauces.

E. Riego en un escenario de escasez

Desde el año 2000, el ritmo de construcción de grandes obras, tanto de almacenamiento como de riego, ha disminuido paulatinamente, al haberse realizado infraestructuras de regulación en las cuencas más vulnerables a la variabilidad hidrológica. Solo se han construido los embalses de Convento Viejo (segunda etapa) (2008), El Bato (2009), Chacrillas (2011) y Ancoa (2012) y se ha avanzado en completar algunos sistemas de canales en la zona centro sur (véase el gráfico 1). Las tendencias más destacables en relación con el uso del agua en la agricultura son: la continua expansión de las zonas con riego tecnificado y la ampliación hacia el sur del aprovechamiento del agua subterráneas, ambas actividades apoyadas por el Estado a través de la Ley N° 18.450 (véase la página 25).

Los censos agrícolas realizados entre los años 1996/97 y 2006/7 no muestran un incremento neto de las superficies de riego, debido a la disminución de dichas superficies en la zona central y sur, posiblemente asociada a fenómenos como el crecimiento de las zonas urbanas y edificadas, que se compensa con una expansión en la zona del llamado Norte Chico. El incremento de las zonas con riego tecnificado es sustancial, pasando de 92 mil a 304 mil hectáreas. Posiblemente, en la actualidad, la superficie de riego tecnificado supere las 350 mil hectáreas. Es importante destacar que este proceso de tecnificación del riego ha estado incentivado por el incremento de productividad que se asocia a la modernización de la agricultura, más que por la necesidad de una utilización más eficiente del agua. Los proyectos de tecnificación muestran elevadas rentabilidades económicas y un incremento de las inversiones complementarias (CNR, 1999).

Una externalidad negativa asociada a este proceso es el impacto de la tecnificación del riego en los retornos a los cauces y en las recargas a los acuíferos, recursos que usualmente son utilizados por otros usuarios ubicados hacia aguas abajo o que aprovechan el mismo acuífero (Jouravlev, 2014). Este efecto se acentúa cuando se asocia a un incremento del área regada a partir de los ahorros debidos a la mayor eficiencia de aplicación y menores pérdidas. En un sistema como el chileno, donde no existe una

gestión integrada de los recursos hídricos a nivel de la cuenca, estos impactos no son considerados en la toma de decisiones y su regulación constituye un desafío pendiente en la actualidad. Para incorporar estos efectos a la toma de decisiones será necesario implementar y fortalecer la institucionalidad y las regulaciones que posibiliten abordar a nivel de las cuencas las soluciones más convenientes en cada caso, incluyendo compensaciones a los afectados cuando esto se justifica.

Así, en la relación entre agua y producción de alimentos resulta fundamental el objetivo del incremento en la productividad por metro cúbico asociado a un buen manejo del agua. Este impacto se debe tanto al aumento de la cantidad y calidad de la producción como al desplazamiento a cultivos de mayor valor con tecnologías más sofisticadas. Por ejemplo, el cuidadoso manejo de las viñas con un “déficit controlado” es un elemento que incide directamente en la calidad de los vinos (y en su precio). Por ejemplo, se puede destacar referido al caso cómo las exportaciones de fruta fresca que a principio de la década de 1990 estaban en 700 millones de dólares, pasando en el año 2002 a los 1,4 mil millones y en 2017 alcanzaron 4,8 mil millones de dólares. En el caso de la producción de vino, las exportaciones pasaron de 52 millones de dólares en el año 1990 a 570 millones en el año 2000 y a casi 2 mil millones de dólares en el año 2017. Lo anterior enfatiza que, en el análisis a nivel nacional, para un país con una economía abierta, la relación entre agua y producción de alimentos debe considerar el aporte neto de las zonas regadas al PIB, y al bienestar de los productores agrícolas y los sectores relacionados.

Por otra parte, el incremento de la explotación del agua subterránea relacionada con la agricultura ha alcanzado sus máximos sustentables en diferentes acuíferos, inclusive en algunos casos se observan situaciones de sobreexplotación. Esto ha llevado a aplicar la modificación del Código de Aguas aprobada el 2005, declarando más de 300 sectores acuíferos como áreas de restricción para la instalación de nuevos pozos. Estas restricciones para nuevas explotaciones corresponden a los principales acuíferos que se localizan desde la zona central hacia el norte. La urgencia en el control de las extracciones ha sido la causa de la modificación legal aprobada a principios del año 2018, orientada a fortalecer las atribuciones fiscalizadoras de la DGA mediante la Ley N° 21.064 que “Introduce Modificaciones al Marco Normativo que Rige las Aguas en Materia de Fiscalización y Sanciones”.

F. Universalización los servicios públicos

El Nexo se relaciona de distintas formas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), que forman parte de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, aprobada por la 70^a Asamblea General de las Naciones Unidas durante la Cumbre de Desarrollo Sostenible 2015, que tuvo lugar desde el 25 hasta el 27 de septiembre del 2015 en Nueva York. Algunos de los ODS están directamente relacionados con el significado del Nexo: el ODS 2 “Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible”, el ODS 6 “Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos” y el ODS 7 “Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos”. Como todos los ODS deben ser alcanzados conjuntamente—no son separables—, la idea del Nexo está implícitamente presente en su formulación, exigiendo una actitud coherente de los Estados (Embid y Liber, 2017).

En Chile, la preocupación por hacer llegar los servicios de agua potable y saneamiento y de energía a toda la población, incluida la población rural, dio origen a programas especializados del Estado desde la década de 1940 para la energía y desde el año 1964 para el agua potable rural. En relación con la provisión de servicios de agua potable y saneamiento a la población urbana, el Estado mantuvo permanentemente programas de ampliación de la cobertura (Valenzuela y Jouravlev, 2007), en un marco institucional que, salvo excepciones, era fuertemente centralizado. Además, desde fines de los años 1980, las normativas relativas a las tarifas urbanas de provisión de los servicios tanto de agua potable y saneamiento como de electricidad consideraron el otorgamiento de subsidios focalizados en la población de menores recursos. Para ese propósito, se aplicó un instrumento estandarizado y único que permite clasificar los hogares que requieren apoyo desde los programas sociales de gobierno. El instrumento utilizado, que se creó en el año 1980 como Ficha CAS, fue

perfeccionado mediante la Ficha de Protección Social (FPS) y, en la actualidad, por el Registro Social de Hogares. El uso de un instrumento único para focalizar los apoyos a la población vulnerable, compartiendo los costos y el esfuerzo técnico y administrativo que implica organizar un sistema nacional de subsidios, es un ejemplo de las sinergias que se generan entre los temas de provisión de agua potable y saneamiento y de electricidad.

El programa iniciado en el año 1964 para proveer servicios de agua potable rural se intensificó desde la década de 1990, alcanzando en la actualidad una cobertura prácticamente total en relación con el suministro de agua potable en poblaciones concentradas y semiconcentradas (véase el gráfico 2), quedando aún pendiente del orden del 70% de la población en lo relativo al saneamiento rural. Asimismo, existen cerca de unos 500 mil habitantes de población rural dispersa que requieren de soluciones de agua potable y saneamiento sin conexión a redes.

A fines del año 1994, como parte de la política de superación de la pobreza, se creó el Programa de Electrificación Rural (PER) (en la actualidad, Energización Rural). Cabe destacar que en esa época el 53% de las viviendas rurales no disponía de electricidad (Estay, 2014). El PER es un programa descentralizado ejecutado por la Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo (SUBDERE) y el Ministerio de Energía con los siguientes objetivos: integrar los sectores rurales al desarrollo económico nacional; frenar la migración rural-urbana; aumentar las posibilidades de generación de ingresos al tener medios más tecnificados de producción sobre la base de la energía eléctrica; y mejorar el nivel socio-cultural de las habitantes. El programa dispone de diversos instrumentos con subsidios y apoyos para utilizarse según la naturaleza de los requerimientos. Sus logros han sido significativos, habiéndose ampliado la cobertura de hogares con electricidad al 86% en el año 2002 y alcanzando en la actualidad un valor del orden del 98% (Argomedo, 2015).

En síntesis, tanto en lo relativo a la provisión de agua potable y saneamiento como en los servicios de electricidad, los programas públicos han sido efectivos en alcanzar las coberturas básicas, quedando pendientes desafíos específicos relacionados con la calidad de los servicios.

G. Nexo: uso del agua como demanda de energía

En la actualidad, la interrelación entre agua y energía ha adquirido nuevas dimensiones, ya que ahora se hace necesario considerar que los usos del agua también son consumidores de energía para desarrollarse en una forma competitiva; además, la escasez del recurso hídrico para iniciar nuevos aprovechamientos obliga a incorporar soluciones en las que la demanda energética resulta crítica para la factibilidad económica. En Chile, se han identificado tres importantes demandas de energía relacionadas con el aprovechamiento del agua: la demanda de la minería para los procesos de desalación de agua de mar y bombeo; la demanda asociada al manejo del agua para el regadío; y la demanda derivada de los servicios de agua potable y saneamiento.

1. Demanda de la minería para el suministro de agua

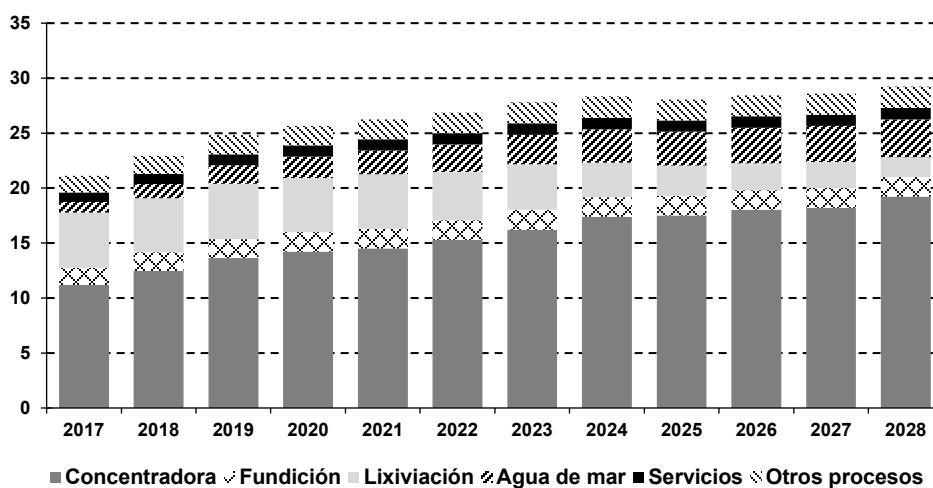
En la última década, la minería del cobre del norte de Chile ha debido buscar nuevas alternativas de abastecimiento de agua. Los recursos hídricos de ríos y acuíferos en su gran mayoría ya están siendo explotados; además, las salvaguardas ambientales y la oposición de las comunidades hacen difícil aprovechar los no utilizados. En este escenario, las empresas mineras han comenzado a abastecer las nuevas demandas recurriendo a la desalación del agua de mar. En el año 2016, el caudal de agua desalada consumido por la minería alcanzó en promedio a 2,9 metros cúbicos por segundo, y se espera que este sea cada vez mayor, para llegar a 11,2 metros cúbicos por segundo en el 2028, lo cual representará casi un 290% de crecimiento (Kutscher y Cantaloops, 2017).

Este proceso implica un importante costo energético, principalmente por la localización de los minerales en la zona cordillerana, usualmente a más de tres mil metros sobre el nivel del mar, lo que implica, además del consumo de energía asociado al proceso de desalinización, un importante costo de

bombeo. En la actualidad, el 5% del consumo energético total de la minería (21,1 TWh), corresponde al suministro de agua de mar. En el año 2028, este consumo será el segundo proceso más demandante de energía, con un 12% del total, llegando a 3,4 TWh (véase el gráfico 4) (Kutscher y Cantallopts, 2017). El impacto del suministro de agua en los costos de producción y en la competitividad de la minería chilena es evidente. Basta señalar que en la actualidad la minería en la región de Antofagasta los gastos anuales asociados al bombeo y desalinización de agua de mar alcanzan los 52 millones de dólares.

Ocasionalmente es posible abastecer la demanda minera mediante fuentes naturales cordilleranas, actualmente utilizadas por empresas sanitarias, compensando la demanda doméstica localizada en la zona costera con agua desalinizada. Esta alternativa que, desde el punto de vista de la eficiencia económica del sistema resulta altamente ventajosa y es neutra desde la perspectiva social y ambiental, no ha sido posible hacerla efectiva por oposición de los pobladores.

Gráfico 4
Proyección del consumo energético anual de minería por proceso
(En teravatios·hora)



Fuente: Kutscher y Cantallopts (2017).

2. Demanda asociada al manejo de agua para el riego

En las últimas décadas, se ha ampliado notablemente el consumo de energía en el país asociado al manejo del agua de riego. Lo anterior se origina en los siguientes fenómenos: el uso de tecnologías modernas de aplicación del agua (riego por goteo, microaspersión, aspersión, etc.), el riego de cultivos en laderas de cerros y el aprovechamiento de aguas subterráneas mediante el bombeo desde pozos. Aunque estos procesos representan un importante consumo de energía, no se dispone de una cuantificación global de esa demanda. Inclusive, no se tiene información actualizada acerca de antecedentes básicos, como son las superficies con riego tecnificado y las superficies abastecidas mediante la extracción de aguas subterráneas.

Con el propósito de tener un orden de magnitud de la demanda energética asociada al manejo de agua en el riego, a continuación, se presentan algunas cifras preliminares sobre el tema. En 2005/06 habría unas 300 mil hectáreas de riego tecnificado, cifra que en la actualidad posiblemente alcance las 350 mil hectáreas. Las superficies con cultivos en laderas de cerros ascenderían a unas 60 mil hectáreas (Redagrícola, 2017a). Las superficies regadas con aguas subterráneas podrían ser del orden de las 100 mil hectáreas. Considerando los consumos habituales asociados a estas superficies, el consumo anual de energía para el manejo del agua de riego posiblemente esté entre 1,0 y 1,5 TWh, cifra algo mayor al 1% del consumo eléctrico nacional que es de 73 TWh.

3. Demanda de energía para servicios sanitarios

La provisión de servicios de agua potable y saneamiento tiene entre sus costos el suministro de energía para múltiples actividades (Ferro y Lentini, 2015). Destaca el consumo de plantas y pozos de bombeo de agua cruda, gastos de conducción y bombeo a las plantas de agua potable, plantas de elevación y de tratamiento de aguas servidas. En el caso del abastecimiento del Gran Santiago, con una población servida de 6,3 millones de habitantes, el consumo de electricidad anual es aproximadamente 250 GWh. Dentro de esta cifra se considera el 57% destinado a abastecer los procesos de tratamiento de aguas servidas, el 21% dedicado a la producción de agua potable y el 19% utilizado en la conducción del agua potable (Aguas Andinas, 2015). Con esta información de referencia, a nivel nacional, el consumo podría llegar a un valor del orden de 700 GWh, valor algo menor que la energía eléctrica que consumen las actividades mineras y de riego asociadas al agua.

En síntesis, el gasto total en energía de los sectores minero, agrícola y de agua potable y saneamiento, relacionado con la provisión, conducción, tratamiento y manejo del agua, puede alcanzar 3 TWh, representando del orden del 4% del total del consumo nacional de energía eléctrica. A lo anterior se debiera agregar el consumo asociado al manejo de agua por la industria, que sería poco significativo.

H. Nexo: espacios de complementación

En el marco institucional, económico y jurídico imperante, basado en una economía de mercado, en primera instancia se desarrolló el escenario en que predominaban situaciones de conflicto y competencia por la disponibilidad del agua. Sin embargo, paulatinamente los actores han ido descubriendo que el sistema también ofrece oportunidades de complementación, en un escenario ganar-ganar para todos los sectores. La mejor comprensión de los roles del Estado y los privados en una economía moderna, reflejada en los cambios institucionales y políticos realizados en las últimas décadas, ha mejorado las posibilidades de acuerdo en materia de energía, agua y medio ambiente. En este contexto, es posible identificar los siguientes espacios de convergencia generados en los últimos años: manejo conjunto del agua para la generación hidroeléctrica y el riego, y la eficiencia hídrica y energética en el Nexo.

1. Manejo conjunto del agua

Una primera área de activa complementación entre energía y riego corresponde al masivo desarrollo de minicentrales y centrales hidroeléctricas de tamaño mediano (hasta 20 MW) asociadas a los sistemas de riego. Esta tendencia significa un cambio importante en el enfoque tradicional de las organizaciones de regantes —quienes se centraban exclusivamente en la distribución de las aguas y el mantenimiento de las infraestructuras— para asumir un enfoque más integral y proactivo. Además, supone la búsqueda de nuevas formas de financiamiento y disminución de los costos de operación. En ocasiones también se genera un beneficio indirecto por la instalación de sistemas para eliminar la mayor parte de las partículas en suspensión antes de que el líquido pase por las turbinas, lo que mejora la calidad del agua y el mantenimiento de los sistemas de riego.

De acuerdo con lo anterior, existen desarrollos de proyectos hidroeléctricos en canales de riego que son posibles gracias a los acuerdos que se han generado entre asociaciones de canalistas y empresas privadas, los cuales entregan beneficios económicos a los regantes a cambio del uso no consumutivo del agua. Estos acuerdos entre ambos sectores generan un ingreso permanente para las organizaciones de usuarios en función de la energía generada, los que pueden ser reinvertidos para la optimización, mejora y mantenimiento de la red de canales. Así, por ejemplo, en la cuenca del río Maule, en la red de la Asociación Canal de Maule, se han desarrollado las centrales Lircay (20 MW), Mariposas (6 MW) y Providencia (12,7 MW). En la Asociación Canal Melado, se han construido las centrales de Roblería (4 MW), Los Hierros I (25 MW) y Los Hierros II (5,5 MW) (ACM, 2015). Además, están en proyecto las centrales Túnel Melado (4 MW), Chupallar (19 MW) y El Malcho (9,5) (Redagrícola, 2017b). Estas obras tienen una gran importancia económica para las organizaciones de regantes. Por ejemplo, en los 30 años del proyecto, la Asociación Canal

Maule espera recibir más de 17 millones de dólares aportados por la central Lircay, y para la Asociación del Canal Melado la generación hidroeléctrica representa cerca del 90% de sus ingresos.

Un segundo cambio se puede observar en forma incipiente en relación con el aprovechamiento múltiple de los embalses. La situación tradicional caracterizada por una dinámica altamente conflictiva, con frecuentes juicios en tribunales, ha ido evolucionando hacia un escenario de mayor cooperación. A modo de ejemplo, se puede señalar los Convenios de Eficiencia del Recurso Hídrico firmados con la Asociación de Regantes Maule Sur y la empresa generadora Colbún para la operación del sistema de embalses, que permite almacenar aguas asignadas según los derechos de los regantes, generando ahorros de agua para regadío equivalentes a un 29% para la temporada 2016-2017 (Colbún, 2018). Este es un acuerdo de mutuo beneficio, donde los regantes perciben una compensación por los ahorros de agua producidos y Colbún logra una mayor generación de energía.

Asimismo, en algunas Juntas de Vigilancia las generadoras se han integrado a las organizaciones de regantes para una mejor gestión de los recursos, situación que en el pasado no sucedía. Del mismo modo, el Estado ha concebido los nuevos proyectos hidráulicos como obras de uso múltiple. Por ejemplo, la principal obra licitada para su construcción en los próximos años, el proyecto del Embalse Punilla, con una capacidad de 625 millones de metros cúbicos, está diseñado para dar una adecuada seguridad de riego a unas 60 mil hectáreas e instalar una central hidroeléctrica de entre 60 y 94 MW de potencia.

2. Eficiencia hídrica y energética en el Nexo

Un incentivo directo a la optimización de los sistemas es generado a partir de la estrecha interacción entre el uso de energía y de recursos hídricos, por una parte, y la eficiencia económica de las actividades asociadas al aprovechamiento del agua, por otra. En efecto, mientras el uso del agua con tecnologías modernas produce un aumento de la productividad agrícola, simultáneamente implica un mayor gasto en energía, el cual si es muy elevado puede significar una pérdida de competitividad de la actividad. Como contrapartida, una reducción en el uso del agua debido a una mayor eficiencia hídrica implica simultáneamente un menor gasto en energía.

En el caso de Chile, la tecnificación de regadíos implica costos de energía que pudieran alcanzar al 10% del costo directo de producción, y en el riego de laderas, con cultivos tales como paltos, puede superar el 40% y llegar hasta el 60% de dichos costos (Ferreyra, Gill y Sellés, 2010). Así la disminución de estos valores es esencial para aumentar la producción de manera rentable y competitiva. Para bajar la incidencia de los costos de la energía en la rentabilidad es necesario aumentar la eficiencia hídrica y reducir el costo de la provisión de energía. Con este objetivo, a partir del año 2009, los concursos de la Ley N° 18.450 (véase la página 25) han incluido proyectos de riego que consideren la utilización de las ERNC y, desde el año 2013, han establecido una bonificación a las obras de riego que incorporan generación mediante ERNC. Estas instalaciones tienen la posibilidad de hacer uso de la ley que regula la generación distribuida y permite la venta de los excedentes a la red (ley denominada de “Generación Ciudadana”). En la actualidad, las instalaciones de las ERNC que apoyan los sistemas de riego son predominantemente solares y su número supera las 2.500, permitiendo un ahorro de hasta un 70% del consumo demandado a la red. En lo que se refiere a la construcción de minicentrales hidroeléctricas, existe un total de 51 instalaciones con una potencia instalada de aproximadamente 4,4 MW (Gho, 2016).

En relación con los servicios de agua potable y saneamiento, el manejo energético presenta un objetivo económico de reducción de costos y uno de carácter ambiental, orientado a la disminución de las emisiones de metano. El desafío es utilizar las posibilidades de autogeneración que ofrecen los procesos de tratamiento de las aguas servidas (que, en Chile, en el ámbito urbano, presentan una cobertura del orden del 100%). En esta materia ya se observan los primeros avances, por ejemplo, en la Región Metropolitana, la energía generada por motores de cogeneración en la planta de tratamiento de El Trebal es de 46 GWh, lo que representa el 18% del consumo de energía utilizado en la prestación de servicios y se espera ampliar su contribución para llegar a un 44% (Agua, 2017; Aguas Andinas, 2015).

V. Conclusiones y reflexiones finales

Del análisis de la evolución a lo largo del tiempo del Nexo entre el agua, el riego y la energía eléctrica en el caso de Chile interesa destacar los siguientes aspectos:

- La dimensión más relevante del Nexo entre agua, energía y producción de alimentos es el aporte clave que los recursos hídricos a través de la agricultura de riego y de la hidroelectricidad han hecho al desarrollo nacional desde el siglo XIX.
- La forma específica de interrelación entre los tres elementos del Nexo es, esencialmente, variable a lo largo del tiempo; responde a un conjunto de factores de contexto de carácter geográfico, económico, social, político y tecnológico. En el caso chileno, se observan períodos en los que cada uno de los componentes del Nexo se desarrolla independientemente, con interacciones escasas y sin condicionamientos entre ellos; en otros momentos los actores se perciben como competidores y fuertemente conflictivos; y, por último, otros en los que se aprecian sinergias y convergencias favorables entre ellos.
- Un factor de gran importancia es la relación entre la disponibilidad natural de recursos hídricos y la magnitud de las demandas agrícolas e hidroeléctricas. Inicialmente en Chile, las necesidades de riego y energía eran pequeñas en comparación con los recursos hídricos disponibles. Esto, que inicialmente hacia fácil compatibilizar ambos requerimientos, paulatinamente fue cambiando hacia un escenario de fuerte competencia.
- En general, las demandas de riego y de generación hidroeléctrica se incrementaron junto con el crecimiento demográfico y económico del país. La estrategia económica, basada en una apertura al comercio internacional, promovió la exportación de un conjunto de bienes que dependen en forma crítica para su producción del suministro de agua y energía, como es el caso de la exportación de productos mineros, frutícolas y celulosa, entre otros. Así, el Nexo entre agua, energía eléctrica y riego habría presentado características distintas si el país se hubiera desarrollado con otra matriz productiva.
- En una primera etapa, el Nexo se centró en la relación entre el riego, la hidroelectricidad y la gestión de los recursos hídricos. En ese escenario, el instrumento clave para definir dicha

relación era la legislación sobre las aguas, y su interacción con otras normativas sectoriales. En la última década ese Nexo se ha hecho más complejo debido a los siguientes factores:

- Las actividades de gestión y aprovechamiento del agua han dejado de ser relevantes solo por su incidencia en la producción de energía, ya que ahora ambas son importantes consumidoras. Esta nueva dimensión se origina en el papel que desempeña actualmente el uso de la energía en el aprovechamiento del agua (por ejemplo, por la expansión del consumo energético en bombeo y desalinización) y en la mejora de la productividad económica asociada a su uso (por ejemplo, mediante la aplicación de las tecnologías de riego tecnificado).
- El costo de la energía incide directamente en la factibilidad económica de las actividades productivas relacionadas con el aprovechamiento del agua.
- El mejoramiento de la eficiencia de uso del agua, la eficiencia energética y la protección ambiental ahora son temas interrelacionados. Por ejemplo, el uso eficiente del agua puede simultáneamente tener implicancias en la calidad del producto final y su competitividad en el mercado, disminuir el costo de energía y de producción, y reducir el impacto en el medio ambiente.
- En el escenario actual, el Nexo ha dejado de ser un tema de decisión solamente a una escala nacional y de cuencas, por ejemplo, para intervenir sobre la matriz energética más adecuada para el país o para asignar los recursos hídricos a los distintos usos. Además, a nivel microeconómico, la realidad del Nexo se manifiesta en la escala del productor individual, por ejemplo, cuando debe resolver acerca del uso de tecnologías que permiten aumentar la eficiencia hídrica y la productividad agrícola en su predio, a cambio de un mayor consumo energético, o decide transformarse en un auto productor. Por lo tanto, una dimensión de las políticas públicas sobre estos temas debe referirse a los incentivos, regulaciones y condiciones que afectan las decisiones de los usuarios individuales.
- Las políticas públicas inciden directamente en la forma como se presentan y regulan las interrelaciones entre agua, riego y energía. Por dicha razón, las visiones políticas e ideológicas imperantes y las respuestas que se han dado a los desafíos que ha debido enfrentar el país en su historia, entregan un marco para caracterizar la evolución del Nexo. El rasgo más relevante de dichos cambios refiere al papel asignado al Estado y a los mercados ya que se presentan períodos donde el desarrollo de la energía y el riego se radica en el Estado, en contraste con períodos de absoluto predominio de la iniciativa privada y de los mercados en un marco de escasa regulación, para finalmente llegar al período actual, con un papel del Estado centrado en la orientación de una política nacional, en la que participan los privados en el marco de mercados mejor regulados.
- En las últimas décadas, el avance tecnológico ha jugado un papel creciente en definir las características del Nexo. En efecto, la incorporación masiva del riego tecnificado y la creciente sofisticación en el manejo del agua a nivel de los cultivos, con fuertes incidencias en la productividad agrícola, establece una relación a nivel del productor entre agua, riego y energía que anteriormente no existía. Algo similar sucede con la difusión de sistemas de generación eléctrica basadas en energía solar, eólica o micro-hidráulica que permiten la producción de energía para autoconsumo y eventualmente su incorporación a las redes. Por otra parte, las innovaciones relativas al almacenamiento de energía en dispositivos pudieran en el futuro modificar profundamente el papel de la energía hidráulica como alternativa para regular el suministro de energía desde fuentes intermitentes.
- La extensión de los beneficios asociados a la provisión de servicios de agua potable y saneamiento para uso doméstico y de electricidad al conjunto de la población ha estado entre los objetivos de las políticas públicas desde hace más de 50 años. En la actualidad, dichos objetivos se insertan en el marco más amplio de los ODS. Al respecto conviene

destacar el uso de subsidios focalizados en la población más vulnerable a través de instrumentos que permiten abordar en forma integrada las carencias en materia de servicios de agua potable y saneamiento y de energía en las zonas urbanas. En relación con el abastecimiento de agua potable y electricidad en las zonas rurales, el desarrollo por décadas de programas del Estado ha permitido alcanzar coberturas cercanas al 100% en poblaciones concentradas y semi-concentradas. En esta materia, la consistencia en el tiempo de las políticas públicas y el desarrollo económico general, han permitido alcanzar a estándares elevados de cobertura. Finalmente, en relación con el objetivo de los ODS orientado a fomentar el uso de las ERNC renovables, cabe destacar que los avances en el país han sido notables y constituyen un ejemplo a nivel internacional.

- Finalmente, en relación con los desafíos futuros del Nexo se puede señalar:
 - En la situación de Chile, el modelo institucional debiera caracterizarse por un fuerte papel del Estado, orientado a dar una visión estratégica del Nexo y del desarrollo de cada uno de los sectores, considerando las exigencias de equidad social, incluido el logro de los ODS, eficiencia económica y sostenibilidad ambiental. La institucionalidad debe prever instancias adecuadas de participación, y un amplio espacio para el desarrollo de la iniciativa privada en el marco de regulaciones que resguarden adecuadamente el bien común.
 - Resulta fundamental el desarrollo de una institucionalidad orientada a la gestión integrada de los recursos hídricos a nivel de cuencas (IING, 2012). En relación con el Nexo, dicha instancia deberá generar, con la participación de los interesados, un plan estratégico de la cuenca que permita insertar en forma armónica las nuevas iniciativas de generación hidroeléctrica y de riego, y la adaptación de la operación de las infraestructuras a una matriz energética con mayor presencia de las ERNC. Asimismo, la institucionalidad de la cuenca debe regular las múltiples externalidades asociadas a las actividades de riego y de generación hidroeléctrica, y dar respuesta a la amenaza que significa para la gestión de las cuencas el cambio climático.
 - En la realidad actual del Nexo, caracterizada por su creciente complejidad y la existencia de interrelaciones en distintos niveles, se requerirá crecientemente de un esfuerzo de coordinación entre numerosos sectores para la formulación de una visión estratégica que permita la implementación de políticas y planes. Con ese propósito, se hace necesario crear instancias a nivel de los que cumplan esa función en la institucionalidad pública. La creciente interacción que se observa en el caso de Chile entre el Ministerio de Energía y el de Agricultura, representado por la Comisión Nacional de Riego (CNR), que ha conducido a la implementación de programas de fomento de las ERNC por los agricultores, es un buen ejemplo.
 - En la actualidad, el papel de la generación hidroeléctrica en la futura matriz energética es un tema abierto. Las centrales de embalse pudieran jugar un papel significativo como elementos que dan robustez y seguridad al sistema, y que permiten complementarse con fuentes de energía intermitentes. Sin embargo, dicho papel pudiera cambiar si los cambios tecnológicos disminuyen los costos de almacenamiento de energía en dispositivos, resultando en una solución competitiva.
 - La evolución del Nexo muestra una importancia creciente de los productores individuales y de las políticas orientadas a un uso eficiente y conjunto de los recursos de agua y energía. Los programas con esa orientación dirigidos a apoyar a los usuarios en el ámbito del riego y el agua potable rural debieran mantenerse y reforzarse.

Bibliografía

- ACM (Asociación Canal del Melado) (2015), *Memoria Anual “Asociación Canal del Melado” Temporada 2014-2015*, Linares.
- Agua (2017), “Aguas Andinas reformula su negocio y apuesta por una economía circular”, *Agua. La revista del recurso hídrico de Chile*, abril.
- Aguas Andinas (2015), *Reporte de Sustentabilidad 2015: Un Compromiso que Fluye*, Santiago de Chile.
- Argomedo, Rosa María (2015), *Financiamiento Estatal en Chile: Programa Electrificación Rural (PER)*, Workshop on Energy Storage for Sustainable Development, Rio de Janeiro, Brasil.
- Ballesteros, Maureen y Tania López (2017), *El Nexo entre el agua, la energía y la alimentación en Costa Rica: el caso de la cuenca alta del río Reventazón*, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago de Chile.
- Bauer, Arnold (1994), *La Sociedad Rural Chilena: desde la conquista española a nuestros días*, Editorial Andrés Bello, Santiago de Chile.
- ____ (1970), *Expansión económica en una sociedad tradicional: Chile central en el siglo XIX*, Universidad Católica de Chile, Instituto de Historia, Santiago de Chile.
- Bellfield, Helen (2015), *Water, Energy and Food Security Nexus in Latin America and the Caribbean. Trade-offs, Strategic Priorities and Entry Points*, Global Canopy Programme (GCP).
- Braun, Juan; Matías Braun; Ignacio Briones; José Díaz; Rolf Lüders y Gert Wagner (2000), “Economía Chilena 1810-1995: Estadísticas Históricas”, *Documento de Trabajo*, N° 187, Instituto de Economía, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Colbún (2018), *Memoria Anual Integrada 2017*, Colbún S.A.
- CNR (Comisión Nacional de Riego) (2008), *Centrales Hidroeléctricas Asociadas a Obras de Riego: Manual para Organizaciones de Usuarios de Agua*, Santiago de Chile.
- ____ (1999), *Estudio de Seguimiento Evaluación de los Resultados de la Ley 18.450 en el período de 1986 a 1996*, Consultorías Profesionales Agraria Ltda.
- Correa, Luis (1938), *Agricultura Chilena*, Imprenta Nascimento, Santiago de Chile.
- CR2 (Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia) (2015), *Informe a la Nación. La megasequía 2010-2015: Una lección para el futuro*, Santiago de Chile.
- DIRPLAN (Dirección de Planeamiento) (1990), *Diagnóstico sector silvoagropecuario subsector riego*, Ministerio de Obras Públicas (MOP), Santiago de Chile.
- Donoso, Guillermo (coordinador); Carlos Calderón y Marcelo Silva (2015), *Informe Final de Evaluación. Infraestructura Hidráulica de Agua Potable Rural (APR)*, Ministerio de Obras Públicas (MOP), Dirección de Obras Hidráulicas (DOH), Santiago de Chile.
- Dourojeanni, Axel y Andrei Jouravlev (1999), *El Código de Aguas de Chile: entre la ideología y la realidad*, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago de Chile.

- Embíd, Antonio y Liber Martín (2017), *El Nexo entre el agua, la energía y la alimentación en América Latina y el Caribe: planificación, marco normativo e identificación de interconexiones prioritarias*, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago de Chile.
- ENDESA (1993), *50 años de Futuro*, Editorial Lord Cochrane, Santiago de Chile.
- Estay, Carlos (2014), *Electrificación Rural: Objetivos e Instrumentos para su Desarrollo (Chile)*, IV Seminario Latinoamericano y del Caribe de Electricidad, Lima, Perú.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) (2014), *The Water-Energy-Food Nexus at FAO. Concept Note*, Roma.
- Ferreira, Raúl; Pilar Gill y Gabriel Sellés (2010), “Uso del agua de riego y el ahorro de energía eléctrica en huertos de paltos”, *Redagrícola*, septiembre, Chile.
- Ferro, Gustavo y Emilio Lentini (2015), *Eficiencia energética y regulación económica en los servicios de agua potable y alcantarillado*, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago de Chile.
- Figueroa, Eduardo; Raúl Sáez y Jorge Schneider (1987), *Consideraciones sobre el regadio en Chile y recomendaciones para promover su desarrollo*, Instituto de Ingenieros de Chile (IING).
- Gho, Javier (2016), *Caracterización del Mercado de Tecnologías para Microgeneración Hidroeléctrica*, Ministerio de Energía, Comisión Nacional de Riego (CNR), Ministerio de Agricultura.
- Hantke-Domas, Michael (2011), *Avances legislativos en gestión sostenible y descentralizada del agua en América Latina*, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago de Chile.
- Hoff, Holger (2011), *Understanding the Nexus. Background Paper for the Bonn 2011 Conference: The Water, Energy and Food Security Nexus*, Stockholm Environment Institute (SEI), Estocolmo.
- IING (Instituto de Ingenieros de Chile) (2016), *Rol de la Hidroelectricidad en Chile*, Comisión de Hidroelectricidad, Santiago de Chile.
- _____(2012), *Hacia una Gestión Integrada de Recursos Hídricos. Una Propuesta*, Santiago de Chile.
- _____(1970), *Política Nacional de Riego*, Santiago de Chile.
- _____(1939), “Problema de la Energía en Chile y Plan de electrificación nacional”, *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, N° 4, abril-mayo, Santiago de Chile.
- _____(1936), “Política Eléctrica Chilena”, *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, N° 2, febrero, Santiago de Chile.
- Jouravlev, Andrei (2014), “Posible conflicto entre eficiencia y sustentabilidad”, *Carta Circular de la Red de Cooperación en la Gestión Integral de Recursos Hídricos para el Desarrollo Sustentable en América Latina y el Caribe*, N° 40, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago de Chile.
- Kutscher, Constanza y Jorge Cantalopps (2017), *Proyección de consumo de agua en la minería del cobre 2017-2028*, Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO), Dirección de Estudios y Políticas Públicas, Santiago de Chile.
- Labarca, José Tomás (2016), “Cooperativas como política pública: Electrificación rural en Chile, 1940-1970”, *Revista Europea de Estudios Latinoamericanos y del Caribe*, N° 102.
- Martin-Nagle, Renee; Elizabeth Howard; Alyssa Wiltse y David Duncan (2012), *Bonn 2011 Conference “The Water, Energy and Food Security Nexus” — Solutions for the Green Economy, 16-18 November 2011. Conference Synopsis*, Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU), Federal Ministry for Economic Cooperation and Development (BMZ), OOSKAnews, Inc.
- Muñoz, Orlando (2007), *Memoria de Título: “El Suelo: Diagnóstico de la Situación del Recurso”*, Universidad de Chile, Facultad de Derecho, Centro de Derecho Ambiental, Puerto Aysén.
- Ortega, Luis (2005), *Chile en Ruta al Capitalismo: cambio, euforia y depresión. 1850-1880*, Colección Sociedad y Cultura, Centro de Investigaciones Diego Barros Arana.
- Palma, Rodrigo y Máximo Pacheco (2018), “Chile: Capital del Sol”, Máximo Pacheco (Ed.), *Revolución Energética en Chile*, Ediciones Universidad Diego Portales (UDP).
- Peña, Humberto (2014), *Infraestructura Crítica para el Desarrollo (ICD). Recursos Hídricos. 2014-2018*, Cámara Chilena de la Construcción (CChC).
- _____(2005), “Sentido y alcances de la reforma del Código de Aguas de Chile”, *Carta Circular de la Red de Cooperación en la Gestión Integral de Recursos Hídricos para el Desarrollo Sustentable en América Latina y el Caribe*, N° 22, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago de Chile.

- _____(2004), “Chile: 20 años del Código de Aguas”, en Guillermo Donoso, Andrei Jouravlev, Humberto Peña y Eduardo Zegarra, *Mercados (de derechos) de agua: experiencias y propuestas en América del Sur*, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago de Chile.
- Pereira, Nelson y Marcelo Gross (2004), “Fomento a la inversión privada en obras menores de riego y drenaje. El caso de Chile”, *Carta Circular de la Red de Cooperación en la Gestión Integral de Recursos Hídricos para el Desarrollo Sustentable en América Latina y el Caribe*, N° 21, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago de Chile.
- Redagrícola (2017a), “Energía alternativa. Innovación para regar laderas a un menor costo”, *Redagrícola*, febrero, Chile.
- _____(2017b), “Los regantes entran en el negocio hidroeléctrico. Un potencial de 1.400 MW por explotar en los sistemas de riego”, *Redagrícola*, febrero, Chile.
- Romero, Andrés y Gonzalo Tapia (2018), “La Agenda de Energía de 2014”, Máximo Pacheco (Ed.), *Revolución Energética en Chile*, Ediciones Universidad Diego Portales (UDP).
- Rudnick, Hugh y Andrés Romero (2018), “Hacia un modelo en competencia: licitaciones de suministro eléctrico”, Máximo Pacheco (Ed.), *Revolución Energética en Chile*, Ediciones Universidad Diego Portales (UDP).
- Santana, Christian; Mark Falvey; Marcelo Ibarra y Monserrat García (2014), *Energías renovables en Chile: el potencial eólico, solar e hidroeléctrico de Arica a Chiloé*, Proyecto Estrategia de Expansión de las Energías Renovables en los Sistemas Eléctricos Interconectados, Ministerio de Energía, Agencia Alemana de Cooperación Internacional (GIZ), Santiago de Chile.
- Seebach, Claudio (2017), *Revolución de las Energías Renovables en Chile: Agenda Actual y Perspectivas Futuras*, Seminario “La revolución de las energías renovables en Chile: agenda actual y perspectivas futuras”, Santiago de Chile.
- Valdés, Alberto y William Foster (2005), *Externalidades de la agricultura chilena*, Ediciones Universidad Católica de Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).
- Valenzuela, Soledad y Andrei Jouravlev (2007), *Servicios urbanos de agua potable y alcantarillado en Chile: factores determinantes del desempeño*, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago de Chile.
- Villalobos, Sergio; Luz María Méndez; Claudio Canut de Bon; Sonia Pinto; Sol Serrano; Luis Carlos Parentini; Luis Ortega; Eduardo Cavieres; Rafael Sagredo y Jacqueline Plass (1987), *Historia de la Ingeniería Chilena*, Instituto de Ingenieros de Chile (IING), Editorial Hachette.

Desde hace tiempo, se ha reconocido la especial relevancia que presentan las interrelaciones e interdependencias entre agua, energía y producción de alimentos, que son tres recursos clave para el desarrollo sostenible a nivel global y nacional. El presente estudio analiza este Nexo en el caso de Chile. Con ese propósito, se revisa la evolución de las políticas públicas y los marcos institucionales relacionados con la gestión del agua, y el desarrollo del riego y de la energía eléctrica. En el análisis se distingue entre: un período inicial; otro donde el Estado fue el motor del desarrollo; un tercero con un predominio del mercado; y, finalmente, uno donde se busca un nuevo equilibrio entre el interés público y los incentivos de mercado. Se presentan los resultados más relevantes en cada época y su relación con los cambios sociales, económicos y políticos del país. Este enfoque de carácter histórico, busca dejar en evidencia que las relaciones expresadas en el Nexo reflejan un contexto específico definido por el desarrollo del país en cada momento, lo cual puede ser útil para contrastar este caso con experiencias de otros países y aprovechar las lecciones aprendidas.

