

LAS PRESAS Y EL DESARROLLO

Fundamentos para un debate necesario



Objetivo de la Publicación

El objetivo de la presente publicación es analizar el significado de los aprovechamientos multipropósito y de generación hidroeléctrica a través de una mirada que abarca los diferentes aspectos que hacen al manejo y uso del agua. En sus distintos capítulos, la obra pretende aportar a un público amplio elementos para evaluar los beneficios y las preocupaciones que suelen estar presentes en los debates sobre las presas.

Frente al permanente incremento de la demanda de electricidad y al actual predominio del uso de recursos fósiles no renovables en la generación eléctrica de Argentina, es estratégico tender hacia una matriz más equilibrada. En ella debería incluirse, además de otras fuentes renovables, una proporción mayor de fuente de energía hidroeléctrica que permita un mejor aprovechamiento de los recursos naturales del país y, de esta manera, construir una visión de futuro con mayor sustentabilidad.

CADECI

La Cámara Argentina de Consultoras de Ingeniería - CADECI, nació hace 50 años con el objetivo de aunar y fortalecer a las empresas del sector, fomentar la consultoría argentina de ingeniería en el ámbito

público y privado, y colaborar con integridad y compromiso para el desarrollo sustentable del país.

La consultoría argentina está ampliamente calificada para colaborar activamente en el cumplimiento de los planes del Estado y acrecentar los niveles de eficiencia en los diferentes campos de la tecnología aplicada a la producción y a la construcción.

Consultoras de Ingeniería

Se dedican a evaluar la factibilidad, planificar, proyectar y dirigir obras civiles e industriales con exclusión de toda otra forma de actividad profesional. Poseen un importante rol como organizaciones capacitadas para brindar, la solución tecnológica, ambiental y económica más adecuada a los desafíos actuales de las obras de ingeniería.

Su intervención en emprendimientos de distinta envergadura, públicos y privados, manifiesta un profundo sentido de la responsabilidad: la decisión de dirigir la inversión hacia las obras adecuadas y llevarlas a cabo de la manera más racional y eficiente posible. En este sentido, la convocatoria de los servicios de consultoría de ingeniería se presenta como una opción segura para quienes se encargan de encauzar y administrar esas inversiones.

Firmas Asociadas

Abs Servicios de Ingeniería
AC&A S.A. Ingenieros - Economistas - Planificadores
ATEC S.A.
Barimont S.A. Consultora
Barbagelata Ingeniería S.A.
Co. As. Consultores Asociados S.R.L.
COINTEC - Consultores en Ingeniería y Técnica Industrial S.A.
Consular Consultores Argentinos Asociados S.A.
CONSULBAIRES Ingenieros Consultores S.A.
Consul - Tech C.T.L.
Consultores Argentinos Asociados S.A. CADIA
Consultoría Oscar G. Grimaux y Asociados S.A.T.
Cornero Venezia Consultores de Ingeniería S.A.
Electrosistemas S.A. de Servicios
Estudio Guitelman S.A.
Estudios y Proyectos S.R.L.
Evaluación de Recursos - Evarsa S.A.
Franklin Consultora S.A.

Gago Tonin S.A.
Hidroestructuras S.A.
IATASA
Inconas S.A.
Ing. Tosticarelli y Asociados Consultora S.A.
INGE Consultores S.A.
IRV
Jaime Lande y Asociados S.A.
Justo Domé y Asociados S.R.L.
JVP Consultores S.A.
Latinoconsult S.A.
PROINSA - Proyectos de Ingeniería S.A.
Proyectos y Estudios Especiales S.A.
Ruiz y Asociados Consultora S.R.L.
SARSY S.A. Consultores
SERMAN & ASOCIADOS S.A.
TECNOLATINA S.A.
Ungaro, Alé Ortiz Ingenieros Asociados S.A.

LAS PRESAS Y EL DESARROLLO

Fundamentos para un debate necesario



La **Cámara Argentina de Consultoras de Ingeniería (CADECI)** forma parte de la **Federación Panamericana de Consultores (FEPAC)**, que reúne a las asociaciones de consultoría nacionales de los países de América Latina, España y Portugal.

Autoridades de CADECI

Presidente	Agrim. Jorge Pinto
Vicepresidente 1º	Ing. Alfredo Severi
Vicepresidente 2º	Ing. Demetrio Serman
Secretario	Ing. Adolfo Guitelman
Prosecretario	Ing. Víctor A. Garcete Martínez
Tesorero	Ing. Horacio Corbière
Protesorero	Ing. Luis María Calvo
Vocales Titulares	Ing. Héctor Santarelli
	Ing. Gustavo Barletta
	Ing. Cristián Mattana Besozzi
	Ing. Miguel Fernández Madero
	Ing. Norberto Salvia
Vocales Suplentes	Ing. Julio Gago
	Ing. Erika Cintio
	Ing. Fabián Schvartzer
	Ing. Pamela Cuda
Comisión Revisora de Cuentas	Ing. Guillermo Grimaux
	Lic. Víctor Testoni (h)
	Ing. Miguel Úngaro
Gerente	Ing. Pablo Chelmicki
Secretaria Adjunta	Lic. Silvana Ballanti

En el cincuentenario de su fundación la Cámara Argentina de Consultoras de Ingeniería (CADECI) tiene la satisfacción de poner el presente documento a disposición de la comunidad.

Redactores del documento

Ing. Guillermo Víctor MALINOW

Ing. Cristina GOYENCHEA

Colaboradores

Ing. Pablo BRONSTEIN

Ing. Pablo CHELMICKI

Ing. Ángel FERRIGNO

Ing. Jorge MARCOLINI

Lic. Sergio MOGLIATI

Agrim. Jorge PINTO

Buenos Aires, República Argentina

Abril de 2015

Un especial reconocimiento a quienes colaboraron con material informativo y fotográfico. Agradecemos en especial a las siguientes instituciones y organizaciones: Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro (AIC), Comité Argentino de Presas (CAP), Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico S.A. (CAMMESA), Entidad Binacional de Yacyretá (EBY), Organismo Regulador de Seguridad de Presas (ORSEP), Empresas asociadas a CADECI y demás profesionales que han colaborado con este libro.

Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción parcial o total de la presente publicación, citando la fuente.

CONTENIDO

SUMARIO EJECUTIVO	7
1. INTRODUCCIÓN: APORTES PARA UN DEBATE NECESARIO	11
2. LA DISPONIBILIDAD DE AGUA: BASE DEL DESARROLLO	13
3. LOS USOS MÚLTIPLES DEL AGUA EMBALSADA	15
3.1 Agua potable	15
3.2 Riego	16
3.3 Control de inundaciones y mitigación de sequías	17
3.4 Producción de energía eléctrica	19
3.5 Navegación fluvial	20
3.6 Recreación y turismo	20
3.7 Otras ventajas de la construcción de presas	21
4. UN PROYECTO PARA CADA LUGAR Y NECESIDAD	23
4.1 Características de los aprovechamientos	23
4.2 La integración ambiental de los aprovechamientos hidráulicos	25
5. PRINCIPALES ASPECTOS AMBIENTALES VINCULADOS CON LOS EMBALSES	27
5.1 Importancia de los estudios ambientales	27
5.2 Generación de energía y los gases de efecto invernadero (GEI)	29
5.3 El equilibrio entre los emprendimientos y los servicios que el ambiente ofrece	30
5.4 La normativa ambiental en Argentina	31
5.5 La seguridad: medidas de seguridad y mantenimiento de presas	32
6. PANORAMA SOBRE LA GENERACIÓN ELÉCTRICA EN ARGENTINA	33
6.1 Situación de la demanda de energía eléctrica	33
6.2 Aprovechamientos hidroeléctricos en la Argentina	36
7. PANORAMA MUNDIAL	39
7.1 Aprovechamientos hidráulicos multipropósito	39
7.2 Ventajas de la generación hidroeléctrica	41
8. ALGUNOS CASOS DE BENEFICIOS EMBLEMÁTICOS	43
8.1 En el mundo	43
8.2 En la Argentina	44
9. LA PERCEPCIÓN SOCIAL DE LOS APROVECHAMIENTOS HIDROELÉCTRICOS	49
9.1 Estado de situación	49
9.2 Características propias	49
9.3 Presas en zonas desérticas y húmedas	51
9.4 Desafíos para la comunicación	52
10. CONSIDERACIONES FINALES	53
11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

SUMARIO EJECUTIVO

Las presas y el acceso permanente al agua

El acceso efectivo al agua se encuentra directamente relacionado con el desarrollo humano: a mayor disponibilidad efectiva de agua, mayores son las posibilidades de desarrollo. En muchas regiones del mundo, el agua es incluso un factor limitante para la producción de alimentos.

Las presas con embalse han sido utilizadas por el ser humano desde hace al menos 5.000 años, con una finalidad muy concreta: regular las variaciones del ciclo del agua para poder disponer de ese recurso más previsiblemente a lo largo del año y, de esta manera, poder cubrir necesidades tan variadas como el riego, la piscicultura, la producción de agua potable, la navegación, la atenuación de extremos hídricos (sequías e inundaciones) y el aprovechamiento recreacional. Desde el último cuarto del siglo XIX, las presas también permiten generar energía eléctrica a partir de una fuente renovable, evitando la quema de combustibles fósiles.

En el siglo XX –en particular a partir de la finalización de la Segunda Guerra– el aumento de la población, el desarrollo socioeconómico y el consecuente aumento de los niveles en la calidad de vida, implicaron un incremento continuo de la demanda de agua, de alimentos y de energía. En ese contexto, las presas tomaron un nuevo impulso, motorizado por un más profundo conocimiento hidráulico y los nuevos desarrollos constructivos y de seguridad.

El aumento en los costos del petróleo en la década del '70 y la necesidad de reducir el consumo de combustibles fósiles alentaron aún más el desarrollo de este tipo de obras. Posteriormente, las preocupaciones por las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), pusieron de relevancia a la hidroelectricidad como una fuente de generación limpia dado que la producción de electricidad de origen térmico es el sector que emite el mayor porcentaje de estos gases.

En 2012, había en operación unos 52.000 aprovechamientos hidráulicos en todo el planeta, destinados a satisfacer diferentes necesidades humanas. El 25% de ellos tiene a la generación hidroeléctrica por destino exclusivo del emprendimiento o como objetivo principal.

La cuestión ambiental y social

Cada emprendimiento, dependiendo de su diseño conceptual, necesidad a la que responde y a las condiciones del medio donde se implanta, presenta una especificidad particular que lo hace único y que permite su integración en el sistema socio ambiental de la manera más sustentable posible, lo que no está dado por la obra en sí, sino por las políticas activas que permitan por un lado potenciar los beneficios factibles y, por otro, mitigar o compensar los posibles impactos negativos.

De esta forma, cualquier discusión a favor o en contra de los aprovechamientos hidráulicos que se plantee en términos genéricos y absolutos, tales como

“no a las presas” o “sí a las presas”, constituye desde su origen un error conceptual.

Toda acción humana tiene algún tipo de impacto, y ninguna obra es negativa en sí misma. En la expansión urbana, la producción de alimentos, la fabricación industrial, el turismo o en cualquier otro sector de actividad, el ser humano modifica el ambiente, del cual forma parte. La integración adecuada de cada proyecto al medio resulta de la evaluación interdisciplinaria de cada emprendimiento para cada lugar específico.

La factibilidad ambiental de una obra está dada por el balance entre sus efectos negativos y positivos respecto del ambiente donde se implanta. El Estado (autoridades de aplicación y control) tiene un papel fundamental a la hora de equilibrar intereses en divergencia, apuntando a los objetivos de lograr el bien común e incentivar el desarrollo de las distintas regiones.

La clave del análisis ambiental de los proyectos radica en comprender adecuadamente las modificaciones introducidas, sus implicancias y los beneficios inducidos, a nivel local y regional.

En la Argentina se implementan metodologías adecuadas (Estudio de Impacto Ambiental) para evaluar un proyecto en el marco de su contexto de implantación, comprendiendo como éste repercute sobre los procesos y actividades naturales y antrópicas que se desarrollan en toda su área de influencia.

Para que estas herramientas aporten información razonable, la clave es contar con datos de base que permitan caracterizar acabadamente el ambiente receptor (medios físico, biótico y antrópico) y sus implicancias económicas, sociales, sanitarias, productivas y culturales, entre otras, considerando los intereses y preocupaciones de la sociedad mediante el diseño e implementación de proyectos que se integren al contexto, contemplando la participación de las comunidades afectadas.

Desde el punto de vista normativo, en la Argentina la cuestión ambiental fue incorporada a la Constitu-

ción Nacional con la Reforma de 1994, introduciendo en forma expresa la protección del ambiente. Más tarde, en los primeros años de este siglo, se sancionan las leyes de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental, la principal de entre ellas es la Ley General del Ambiente. Esta norma establece el estándar de calidad ambiental que debe ser respetado por la legislación local -provincias y municipios- y que debe ser cumplido por cualquier proyecto en territorio argentino más allá de lo que pudiera surgir de la aplicación más específica de normas locales. Asimismo, toda norma de protección, evaluación y gestión ambiental propia del marco regulatorio de una actividad o sector (como el energético) debe adecuarse a los presupuestos o estándares de calidad ambiental de la Ley General del Ambiente y de las restantes normas de presupuestos mínimos.

La normativa considera también que la participación ciudadana es hoy en día un pilar fundamental de la gestión sustentable, por lo que establece que la política ambiental debe fomentar la participación social en los procesos de toma de decisión.

Hidroelectricidad en Argentina y en el mundo

La energía hidroeléctrica aporta actualmente un 16% del total de la electricidad consumida en el mundo, constituyendo una fuente fundamental para cualquier país, ya que utiliza recursos renovables y no degradables, y presenta una disponibilidad casi permanente.

A nivel global, se estima que ha sido aprovechado sólo el 30% del potencial hidroeléctrico identificado, por lo cual el sector tiene un gran potencial de crecimiento. Entre 2012 y 2013 se han incorporado en el mundo casi 70 GW de potencia hidráulica, lo que equivale a 23 aprovechamientos hidroeléctricos de similar magnitud a Yacyretá.

China, Brasil, Estados Unidos y Canadá, en ese orden, son los mayores productores de hidroelectricidad del mundo, y en conjunto generan más del 50% del total mundial. Países reconocidos por sus políticas medioambientales y de bienestar social, como Norue-

ga, Suecia o Canadá, tienen a la energía hidroeléctrica como la fuente que provee la mayor parte de su electricidad (en el caso noruego es casi del 100%).

En nuestro país, el crecimiento interanual de la demanda de energía eléctrica fue del 4,26 % en promedio en el período 1992-2013. Según el último informe anual de la Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico (CAMMESA), la generación hidroeléctrica representó en 2013 el 31% del total, mientras que la generación térmica (mayoritariamente en base a gas) constituyó un 63%.

En un escenario de crecimiento de la demanda de energía eléctrica del 3,5% anual (menor que el de las últimas dos décadas), para el 2030 la generación total deberá incrementarse en un 80%. Manteniendo la misma proporción de generación hidroeléctrica del 31% en la matriz energética, para ese año deberían estar en funcionamiento gran parte de los proyectos en estudio, tales como: en la cuenca del río Paraná: Aña Cuá, Corpus Christi (Pindo-I), la ampliación de la Central Yacyretá, en el río Uruguay: Garabí y Panambí, en el río Santa Cruz: Pte. Néstor Kirchner y Jorge Cepernic, en la región del Comahue: Chihuidos I y en Cuyo: Los Blancos I y II, y Portezuelo del Viento. Además también se deberá incrementar, en el mismo porcentaje del 80%, todas las demás fuentes de generación.

Frente al actual predominio del uso de recursos fósiles no renovables en la generación eléctrica de Argentina, y con una visión de futuro de mayor sustentabilidad, sería deseable una matriz que incluya una proporción mayor de fuentes de energía adecuada a las disponibilidades de recursos naturales del país. En ese sentido, el aprovechamiento de los recursos hídricos disponibles a través de presas permitiría la utilización de una fuente limpia y barata, y lograr además un uso más eficiente del agua. Es importante preguntarse de qué manera el país podrá responder al incremento de la demanda, y en particular, cuál puede ser el aporte de la hidroelectricidad.

De los 35 GW de potencial hidroeléctrico técnicamente explotable de Argentina, se encuentran instalados y en producción sólo 11 GW; por lo tanto, el

potencial de crecimiento de esta fuente de energía es muy importante.

La percepción social de los emprendimientos hidroeléctricos

El impacto que las presas tienen sobre los diferentes ecosistemas y sobre la vida de las poblaciones aledañas a los proyectos ha concentrado la atención social en las últimas décadas, a la vez que la legislación ha establecido marcos de protección ambiental más amplios y ha promovido nuevos derechos sociales en consonancia con una profundización de los sistemas democráticos.

Estos cambios deben considerarse sin dudas como positivos, ya que los proyectos y la construcción de este tipo de obras deben evaluarse en un escenario de múltiples miradas y en forma transdisciplinaria. En ese marco, no deja de llamar la atención la forma en que estos proyectos son percibidos por distintos segmentos de la sociedad, y el tipo de argumentos que suelen utilizarse.

Las razones por las cuales los aprovechamientos hidroeléctricos de cierta magnitud recogen cuestionamientos en la agenda social son múltiples y complejas, pero se pueden sintetizar en las siguientes:

- ➔ Los proyectos, estudios y construcción de obras hidroeléctricas tienen algunas características particulares que hacen que sea un tema más proclive a ser expuesto ante la opinión pública, independientemente del grado de afectación que éstas tengan sobre el ambiente.
- ➔ Las particularidades del proceso social y político en el país también son fundamentales en este tema. En Argentina es aún incipiente la experiencia de búsqueda de consensos a través de instancias de debate y participación social, con un déficit observable tanto en los organismos técnicos, a los que les cuesta abordar puntos de vista que no están basados en las disciplinas exactas, como a los grupos sociales que, con mucha frecuencia, expresan sus opiniones en términos de confrontación. Por otra parte,

la inserción de una obra en un territorio determinado implica un desequilibrio inicial y provoca incertidumbres que deben ser compensadas a través de políticas públicas consensuadas de desarrollo y ordenamiento del territorio lo que, en muchos casos, no sucede.

- Los discursos críticos, en muchos casos, son generados en realidades distintas, y su aplicación al

contexto propio del país, sin analizar su origen, atentan en ciertos casos contra la posibilidad de una comprensión de la real dimensión de los problemas y las soluciones que se plantean.

- Por último, hay que considerar que en el pasado no se exigía un manejo de las cuestiones sociales o ambientales con la profundidad y características que hoy se requiere.

1. INTRODUCCIÓN: APORTES PARA UN DEBATE NECESARIO

La evolución del ser humano ha estado ligada al agua como recurso básico de subsistencia desde tiempos inmemoriales. Sobre la base de este recurso se ubicaron y evolucionaron los asentamientos poblacionales, incluyendo las grandes ciudades modernas, así como la mayor parte de los emprendimientos productivos, tanto primarios como industriales.

El agua ha acompañado al hombre a lo largo de toda su historia. Puede afirmarse, sin dudas, que los proyectos de infraestructura basados en el aprovechamiento del agua forman parte de los pilares del progreso de las poblaciones y configuran una de las infraestructuras básicas para el desarrollo de una sociedad.

Aunque en el último siglo se ha avanzado mucho en el conocimiento hidráulico, en los sistemas constructivos y en los mecanismos de seguridad, el principio general de una presa es el mismo desde hace más de 5.000 años: la construcción de un dique transversal al curso del río con el objetivo de almacenar el agua y permitir, de esta manera, su utilización posterior.

Las presas constituyen una tecnología usada desde la antigüedad para salvar la distribución desigual del agua a lo largo del año, permitiendo la disponibilidad permanente de este recurso vital, generando condiciones para diversos usos, como el riego, la produc-

ción de agua potable, la instalación de industrias, las actividades recreativas, la navegación, la mitigación de inundaciones y la generación de electricidad.

El impacto que las presas tienen sobre los diferentes ecosistemas y sobre la vida de las poblaciones aledañas a los proyectos ha concentrado la atención social en las últimas décadas, a la vez que la legislación ha establecido marcos de protección ambiental más amplios y ha promovido nuevos derechos sociales en consonancia con una profundización de los sistemas democráticos.

Sin embargo, en muchos casos, la mayor participación social y la exposición del tema en la prensa no ha redundado en una mayor profundidad y riqueza de los debates, sino que, por el contrario, las posturas extremas en general soslayan las certidumbres técnicas, reemplazándolas por argumentos sin sustento suficiente y acotados a una mirada puntual. De esta manera se dificulta un análisis integral del tema.

Ante ello, la Cámara Argentina de Consultoras de Ingeniería –CADECI– ha decidido elaborar este documento de difusión, cuyo objetivo es poner al alcance de un público amplio información técnica sobre el tema, con la intención de aportar a un debate necesario, ya que las decisiones que se tomen en esta materia tendrán profundas consecuencias sobre aspectos centrales del futuro de nuestro país.

2. LA DISPONIBILIDAD DE AGUA: BASE DEL DESARROLLO

Los ciclos de abundancia y escasez de agua, en toda su gama de variación temporal, históricamente han generado (y lo seguirán haciendo) la alternancia de períodos de demanda insatisfecha (por insuficiencia del recurso) y períodos de exceso (por una oferta superior a las posibilidades de aprovechamiento). Los casos extremos de esta alternancia implican sequías e inundaciones.

No toda el agua existente es siempre utilizable por el ser humano, por esto ha debido almacenarla en reservorios de distinto tipo para poder utilizarla cuando se requiriera. Como ejemplo puede considerarse el Alto Valle del Río Negro; allí los embalses facilitaron el asentamiento poblacional, el cultivo de frutales de alta calidad y la radicación industrial en la región.

Asimismo, el aumento de la población y el desarrollo socioeconómico, con el consecuente aumento de los niveles de calidad de vida, conllevan al incremento continuo de la demanda de agua, de alimentos y de energía. [Ref. 2]

Como reguladores de las variaciones del ciclo del agua, las presas y los embalses asociados se convierten en obras necesarias para almacenar el agua, debiendo mantener el caudal ecológico, compatible además con los otros usos y necesidades, aguas abajo.

Hay que tener en cuenta además que, debido a las variaciones de los ciclos climáticos, la distribución del agua podría tornarse cada vez más irregular, y los desastres relacionados con inundaciones y sequías podrían exacerbarse.

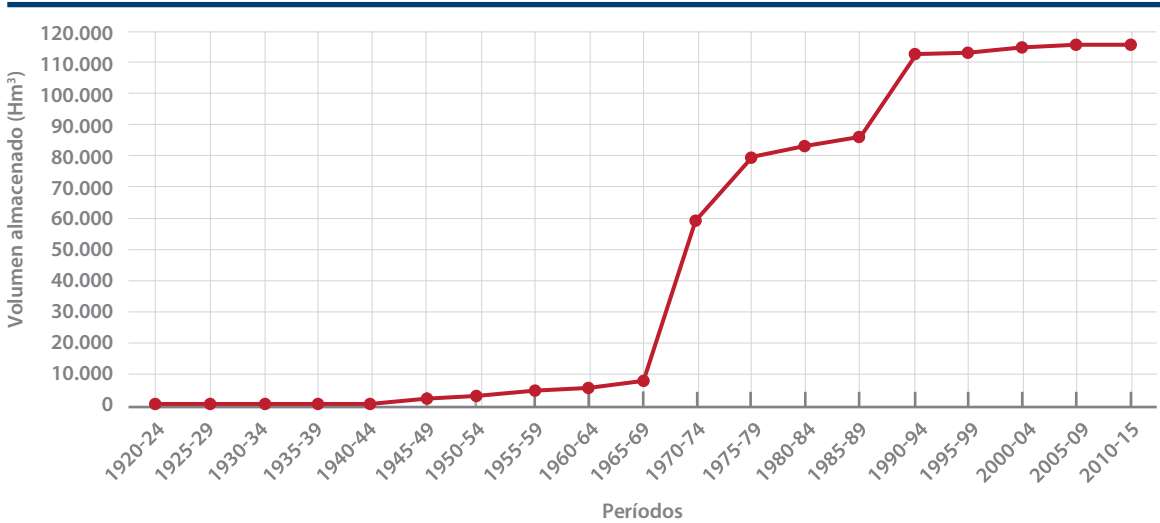
Hoy en día, los sistemas de manejo del agua y de generación de energía pueden ser construidos de forma segura, económica y sustentable. Además, el abastecimiento del agua, la generación eléctrica y la producción de alimentos están intrínsecamente vinculados y precisan ser desarrollados integralmente mediante políticas que contemplen tanto las especificidades de cada sector como la visión de conjunto.

El agua es un elemento vital, y la infraestructura para su almacenamiento debe tornarse cada vez más importante, resultando una herramienta indispensable para la sociedad. Para enfrentar este desafío –gestionar el agua de manera sustentable– es preciso mejorar los sistemas hídricos existentes, así como desarrollar obras de almacenamiento, tendiendo a la optimización de su uso para diferentes propósitos.

En base al Registro de Grandes Presas elaborado por el Comité Argentino de Presas, [Ref. 3], se confeccionó la **Figura 1** que muestra la evolución del almacenamiento artificial de agua en Argentina, destacándose que a partir de la década 1970-79 se incorporaron las más importantes obras de infraestructura hidráulica, como el complejo El Chocón–Cerro Colorado, Cabra Corral, Agua del Toro, Futaleufú, y Salto Grande, entre otros. Posteriormente, se destaca el quinquenio 1990-94, en el cual se incorporaron los aprovechamientos hidráulicos con embalse de Piedra del Águila y Yacyretá; éste último, concluido a su nivel definitivo de operación en el año 2011.

Si relacionamos el nivel de desarrollo de un país con la capacidad de almacenamiento de agua, vemos que el mayor nivel de desarrollo económico y social

■ **FIGURA 1.** Evolución del almacenamiento artificial de agua en la República Argentina.



NOTA: 1Hm³ = 1.000.000m³ - Los volúmenes de los embalses binacionales se computaron al 50%.

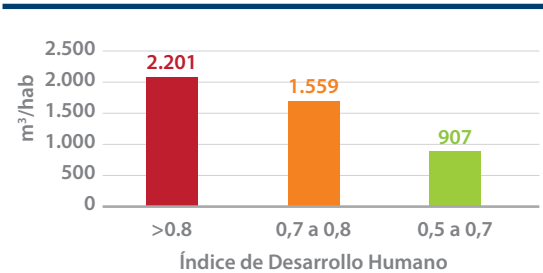
➤ **ELABORÓ:** G. Malinow ➤ **FUENTE:** CAP [Ref. 3]

se corresponde con una mayor capacidad de almacenamiento de agua per cápita. Según la **Figura 1**, para una población de 40,1 millones de habitantes, la Argentina cuenta con el orden de 2.890 m³ de agua artificial almacenada per cápita.¹ La **Figura 2** muestra esta relación en base al Índice de Desarrollo Humano (IDH), elaborado por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) [Ref. 4].

Según esta relación, actualmente nuestro país presenta un adecuado nivel de almacenamiento de agua –en base a un IDH de 0,811 [Ref. 4] - sin embargo esta condición no es suficiente por sí sola ya que es importante considerar también su distribu-

ción geográfica y el acceso efectivo de la población al recurso. Por ello, es necesario ampliar los niveles de agua embalsada de modo tal de compensar esas asimetrías y afrontar los desafíos futuros.

■ **FIGURA 2.** Relación entre el IDH de países y el almacenamiento artificial de agua per cápita.



➤ **FUENTE:** ICOLD [Ref. 5]

1. 2.890 m³/hab. = [115.800 Hm³ / 40.1 millones de hab.]

PRINCIPALES CONCEPTOS

- La posibilidad de aprovechar efectivamente el recurso agua para el hombre radica en la capacidad que tenga de generar áreas de almacenamiento, que permitan disponer de ella tanto en épocas de abundancia como de sequía.
- El acceso efectivo al agua se encuentra directamente relacionado con el desarrollo humano. A mayor disponibilidad efectiva, mayor posibilidad de desarrollo.

3. LOS USOS MÚLTIPLES DEL AGUA EMBALSADA

3.1 Agua potable

El agua destinada al consumo humano tiene, lógicamente, prioridad sobre cualquier otro uso del agua de cualquier reservorio, aunque desde el punto de vista de la cantidad utilizada, el volumen destinado a agua potable es una porción menor sobre el uso total (aproximadamente un 14%).

Nuestro país presenta una situación particular respecto del agua potable, ya que las principales ciudades, ubicadas en el litoral, cuentan con excelentes fuen-

tes de agua para potabilizar, como son los grandes ríos de la región o, en otros casos, como en la región pampeana, se apela al uso del recurso subterráneo. De hecho, en Argentina, más del 80% de la población está concentrada en menos de 20% de su territorio, que corresponde principalmente con la región de los grandes ríos de la Cuenca del Plata. [Ref. 6].

Pero las grandes ciudades de las regiones áridas o semiáridas, como Córdoba, Mendoza y Tucumán –por mencionar sólo las más pobladas– además de todas las capitales de la zona andina, central y patagónica,

■ FOTO 1. Dique San Roque



junto con cientos de ciudades pequeñas y pueblos, requieren de una fuente artificial, como son los embalses, para poder disponer de agua apta para consumo humano a lo largo de todo el año.

El mismo comentario es válido para las necesidades de agua urbana para uso industrial, sea ésta provista por una red pública o por toma directa de un cuerpo de agua. En regiones donde naturalmente falta una fuente natural permanente de agua, es necesario depender del recurso almacenado en los embalses.

3.2 Riego

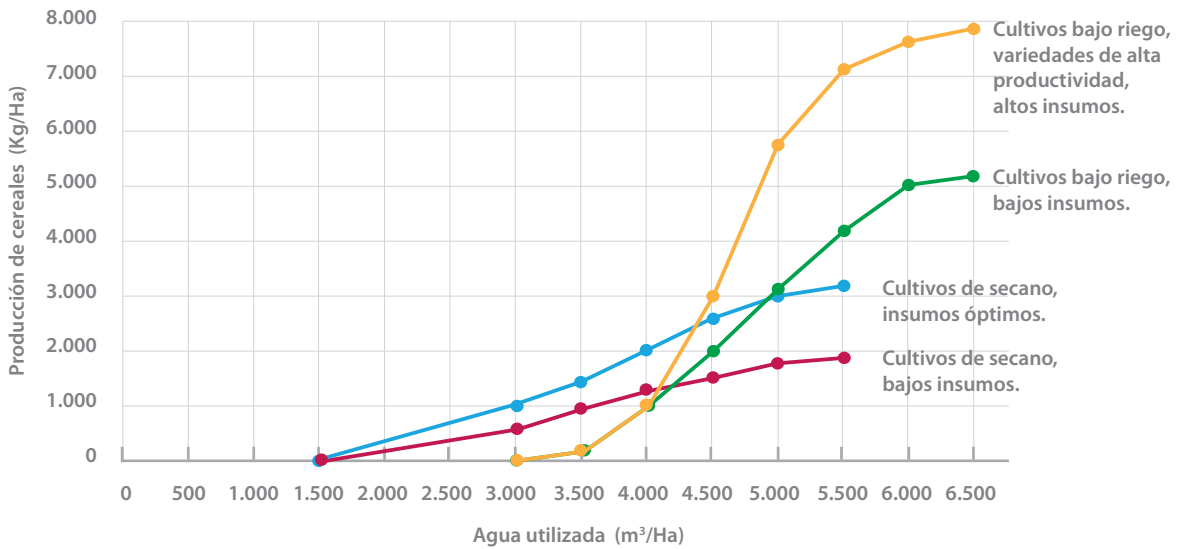
En lo que respecta a la producción de alimentos, de acuerdo con un informe de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el agua y la seguridad alimentaria están estrechamente relacionadas [Ref. 7]. El informe expone que aproximadamente 800 millones de personas en el mundo todavía pasan hambre y la mayoría de ellos vive en regiones deficitarias de agua, siendo la falta de acceso a ésta un factor limitativo muy importante para aumentar la producción de alimentos.

Durante las décadas recientes, la agricultura bajo riego ha sido una fuente muy importante de producción de alimentos. Como muestra la **Figura 3** los rendimientos que se obtienen de los cultivos bajo riego son, en general, más que el doble de los que pueden obtenerse sin riego (en secano). Incluso la agricultura bajo riego con bajos insumos es más productiva que la agricultura de secano con altos insumos. Sin embargo, el riego sin control produce impactos negativos en el medio ambiente.

En todas las regiones del mundo, con excepción de Europa y América del Norte, la agricultura es el sector que consume más agua, representando globalmente alrededor del 69% [Ref. 7] de toda la extracción. En los países con mayor desarrollo industrial el consumo de agua se encuentra más repartido entre las distintas actividades. En los países en desarrollo, abocados a la producción de alimentos, el consumo se concentra en mayor medida en la agricultura.

Siendo optimistas acerca del aumento de la productividad agrícola, de la eficacia del riego y de su expansión, se espera que en los países en desarrollo en 2030 la agri-

■ FIGURA 3. Productividades y requerimientos de la agricultura bajo riego y de secano



➤ FUENTE: FAO [Ref. 7]

cultura bajo riego necesitará un 14% más de agua. Esto requerirá una capacidad de embalse adicional de unos 220.000 Hm³ además de las necesidades para consumo humano por crecimiento de la población, cría de animales y mayor demanda de energía, entre otros.

En conclusión, el agua resulta un recurso fundamental para el cultivo de alimentos y el acceso a ésta es la clave. La seguridad alimentaria, sin embargo no depende únicamente de la posibilidad de cultivar más alimentos, pero sin dudas mejora a medida que los pueblos tienen más recursos para generarlos.

Además de facilitar el suministro permanente, la construcción de embalses permite controlar los extremos hídricos de sequías e inundaciones, que ponen en riesgo a dichos cultivos.

Es importante reiterar que la construcción de embalses y el riego de grandes extensiones, si se realiza sin el debido estudio y control, tiene asociados impactos adversos sobre el medio ambiente, vinculados con anegamiento y salinización de los suelos y cambios en los ecosistemas vinculados con el recurso hí-

drico cuya dinámica ha sido modificada, además de la pérdida de terrenos en el área del embalse.

La clave radica en el balance entre los beneficios que genera el aprovechamiento y la afectación que puede causar sobre el medio ambiente.

La mejor manera de maximizar los beneficios y minimizar las afectaciones se basa en el conocimiento acabado del medio, su dinámica e interrelación y en el ordenamiento integrado de las actividades que se desarrollen en un territorio dado. Afortunadamente, hoy en día el mayor conocimiento, las nuevas tecnologías y la capacitación permiten estudiar y proponer la realización de emprendimientos equilibrados y sustentables, para beneficio de las poblaciones y de la región, en el marco de las normas ambientales que se han sancionado en las últimas décadas.

3.3 Control de inundaciones y mitigación de sequías

Inundaciones y sequías son el mayor problema de la gestión del agua para las regiones con insuficien-

■ FOTO 2. Dique Ing. Ballester



te infraestructura para su almacenamiento. El control de las crecidas es un objetivo fundamental de muchas de las presas existentes y sigue siendo el propósito principal para algunas de las grandes presas que están actualmente en construcción en el mundo. Debido a posibles cambios en los ciclos climáticos, los eventos extraordinarios se podrían tornar más frecuentes y severos, resultando la infraestructura de almacenamiento de agua un componente fundamental que podría colaborar en la mitigación de este tipo de contingencias.

Basta atender a las crónicas que varias veces por año irrumpen en los medios de comunicación para entender que los efectos muchas veces catastróficos de las crecidas pueden ser disminuidos mediante acciones decididas y urgentes. Las presas y sus embalses pueden ser utilizados eficazmente para regular el nivel de los ríos durante las crecidas, almacenando temporalmente el volumen de agua que aportan las crecidas para liberarlo más tarde, en forma progresiva y controlada.

Los efectos devastadores de las crecientes, ya sea a nivel regional, afectando extensas superficies de te-

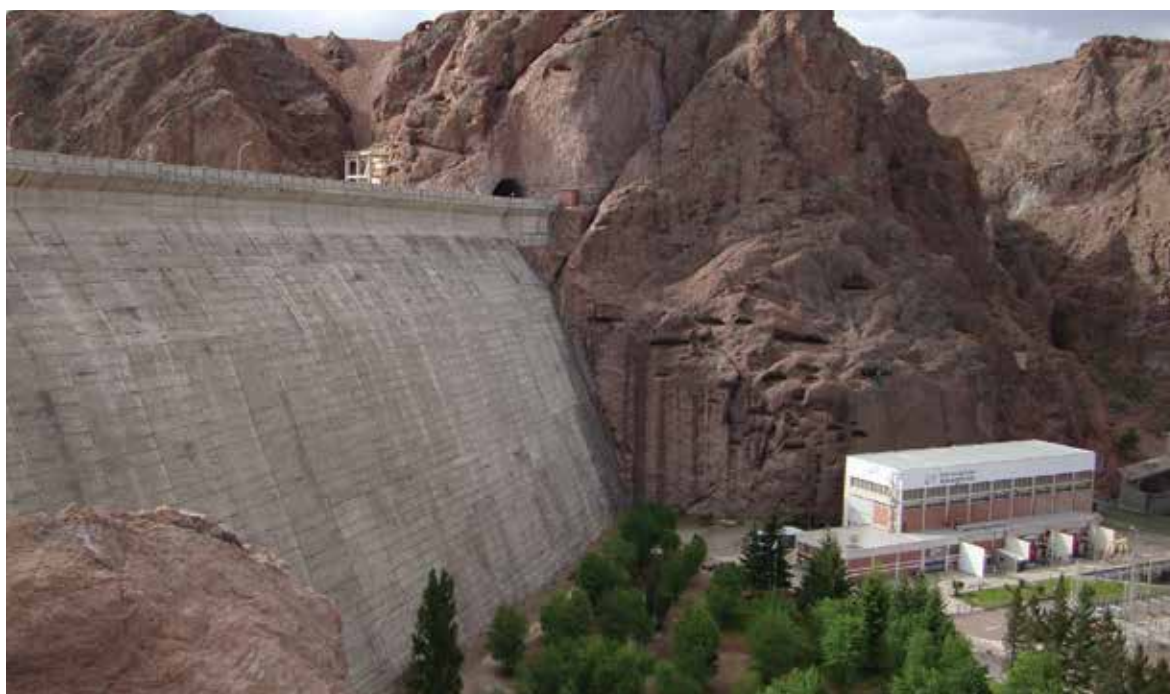
rreno, como a nivel local, afectando poblaciones urbanas y suburbanas, tienen como consecuencias víctimas fatales, mayores requerimientos de atención sanitaria, pérdidas materiales de infraestructura pública y privada, gastos asociados a evacuaciones, alteraciones a la actividad social y económica, entre otras.

Si bien hay ciertas cuencas fluviales que por su extensión resultan de muy difícil atenuación en ocasión de registrarse crecidas, sobre todo las excepcionales, hay otras en cambio que son pasibles de morigerarse de manera notable mediante la implementación de embalses, utilización de bajos naturales y/o mediante canales aliviadores.

Las obras hidráulicas cuyo objetivo es el control de crecidas implican inversiones importantes. Este costo compensa, en forma preventiva, los daños y las pérdidas que ocasionaría una crecida si la presa no hubiera sido construida.

Cabe destacar que los aprovechamientos que incluyen entre sus objetivos el control de crecidas tienen un alcance dentro de ciertos límites. Las presas de embalse pueden atenuar las máximas crecidas que

■ FOTO 3. Florentino Ameghino



se generan en la cuenca, cumpliendo la función de amortiguador del fenómeno. La capacidad de regular una crecida dependerá por lo tanto, de varios factores, como el tamaño de la cuenca y la capacidad de almacenamiento del embalse, entre otros.

3.4 Producción de energía eléctrica

La posibilidad de generar electricidad a partir del agua depende de dos factores: la disponibilidad de un caudal regular de agua y un determinado desnivel (salto). La ventaja de este tipo de generación es que implica la utilización de un recurso renovable, dado que para generar energía no se consume el agua ni se alteran sus características físico-químicas. En otras palabras, se conservan la cantidad y calidad de agua disponible.

Desde la antigüedad se utiliza el agua como fuente de energía. Así, la rueda de agua ha sido utilizada para moler el grano, aserrar la madera o accionar las hilanderías. A principio del siglo XIX la turbina resultó más eficaz que la rueda movida por el agua y hacia la década del '80 de ese mismo siglo se utilizó por primera vez la energía del agua para producir electricidad.

Una ventaja importante de la energía hidroeléctrica, si se la compara con otras fuentes de electricidad como el carbón, el petróleo o el gas, es que, como ya se indicó, se trata de una fuente renovable y que no requiere la quema de combustibles fósiles.

Si bien las inversiones para la implementación de aprovechamientos hidroeléctricos son importantes por la envergadura de la infraestructura involucrada y la singularidad de los componentes de cada aprovechamiento en particular, como contrapartida, su operación es más limpia y de menor costo que el de otras fuentes de energía.

Por otra parte, este tipo de aprovechamientos le confiere flexibilidad al sistema eléctrico, pues le permite responder de inmediato a las variaciones de la demanda. A la vez, en un sistema interconectado, las hidroeléctricas contribuyen al desarrollo de otras fuentes de generación, tales como la solar y la eólica, que son de funcionamiento intermitente por el tipo de recurso que utilizan.

En consecuencia, la energía aprovechada de los cursos de agua realza la confiabilidad de los sistemas

■ FOTO 4. Piedra del Águila



eléctricos, permite generar en forma limpia, sin emitir gases de combustión a la atmósfera, y es una tecnología eficiente y de bajo costo operativo.

3.5 Navegación fluvial

La navegación en los ríos está afectada por las variaciones del nivel del agua y por cambios en el cauce por razones de la erosión y la sedimentación, dificultando e, incluso, llegando a obstaculizarla. Por lo tanto, los embalses y la infraestructura hidráulica pueden jugar un papel importante para el mejoramiento de la navegación.

El transporte de mercaderías por vía fluvial, comparado con el terrestre y el aéreo, tiene ventajas tanto económicas como ambientales, al reducir el empleo de combustibles por unidad de carga transportada.

Sin duda, la mejora de la navegación es el resultado de una planificación y de un desarrollo de las cuencas fluviales por medio de la utilización de la infraestructura hidráulica mencionada, pues permi-

te obtener beneficios económicos importantes en el plano regional y nacional.

3.6 Recreación y turismo

Otros beneficios derivados de los aprovechamientos hidráulicos son la recreación y el turismo. En el caso particular en el que se crea un nuevo lago, puede permitir el desarrollo de una actividad turística y recreacional de gran valor para la región.

Los antecedentes mundiales y los de nuestro país en particular son suficientemente elocuentes acerca de las mejoras y beneficios de tipo social y económico que representan los aprovechamientos hidráulicos como formadores de áreas con nuevos atractivos turísticos. Todas las provincias de la región cordillerana y central tienen, en mayor o menor escala, desarrollos turísticos basados en embalses.

El atractivo de los embalses para el ocio, a menudo representa una ventaja significativa para este tipo

■ FOTO 5. Esclusa Presa Yacyretá





de obras. El tiempo libre relacionado con la utilización de los lagos para la navegación recreativa, la natación, la pesca, la observación de las aves y los paseos por la naturaleza, son aspectos que concentran la atención durante la fase inicial de un proyecto, los que en coordinación con los demás objetivos, permiten reforzar el carácter multiplicador de estos proyectos.

3.7 Otras ventajas de la construcción de presas

Una característica de relevancia de los aprovechamientos hidráulicos es que el cierre generado en un cauce, sirve de base a una estructura vial (eventualmente también una vía férrea), funcionando así como un nuevo puente, circunstancia particularmente útil en geografías extensas donde las condi-

ciones de buena conectividad no suelen ser particularmente generosas.

Los beneficios de la nueva conectividad que surge de una presa son rápidamente tangibles, en términos de ahorro de tiempo, combustible, acceso más rápido a las actividades económicas y sociales, mejor atención de las emergencias, tan sólo por enumerar algunas de las múltiples ventajas surgidas de una buena conectividad.

Asimismo, por su envergadura y efecto multiplicador, los aprovechamientos hidráulicos tienen consecuencias decididamente importantes en las condiciones de vida y en el desarrollo de las poblaciones locales, movilizandola economía regional, aportando infraestructura de diverso tipo (vial, eléctrica, de comunicación, sanitaria, educativa, etc.).



PRINCIPALES CONCEPTOS

- El agua es un factor limitante del aumento de la producción de alimentos, si bien no es el único factor a considerar.
- La energía se genera aprovechando el salto de agua, utilizando el paso de la misma como fuente de generación, siendo esta fuente renovable.
- Las obras hidráulicas multipropósito permiten un aprovechamiento extensivo del recurso a partir de la atenuación de los extremos hídricos (control de sequías e inundaciones), la generación de energía, el acceso permanente al agua, el abastecimiento para consumo y riego, prioritariamente.

4. UN PROYECTO PARA CADA LUGAR Y NECESIDAD

4.1 Características de los aprovechamientos

Son muchos los parámetros propios de cada aprovechamiento que convierten a cada obra prácticamente en un caso único, dado que puede afirmarse que no existen dos aprovechamientos idénticos.

A título de ejemplo, en el **Cuadro 1** se enumeran los principales aspectos que intervienen en cada obra hidráulica, algunos dependientes del entorno (físicos y antrópicos) y otros del tipo de obra.

Sólo por mencionar cómo algunas de las características de diseño, pueden variar en forma importante, se enuncian las siguientes:

- Alturas de las presas: desde unos pocos hasta centenares de metros.
- Caudales a manejar: del orden de litros por segundo hasta miles de m³/s.
- Materiales naturales propios de la zona (presas de materiales sueltos) o bien fabricados ad hoc (hormigón, acero).
- Tratamientos del subsuelo: pueden ser desde prácticamente inexistentes, hasta complejos mecanismos de conformación de las fundaciones.
- Área de implantación: puede ser árida, con mínima flora y fauna, o zona tropical, etc.

Esta breve enumeración de las características de las obras hídricas pretende demostrar como éstas, a diferencia de casi todos los otros tipos de acciones y emprendimientos de la actividad humana, son prácticamente singulares para cada caso y oportunidad y si bien

se analizan con principios generales de evaluación de conveniencia técnica, económica y socio-ambiental, éstos deben contemplar exhaustivamente las características únicas y específicas de cada obra que se considera.

De esta forma, cualquier discusión a favor o en contra de los aprovechamientos hidráulicos que se planteen en términos genéricos y absolutos, tales como “no a las presas” o “sí a las presas”, constituye desde su origen un error conceptual.

Cada emprendimiento, dependiendo de su diseño, necesidades a las que responde y a las condiciones del medio donde se implanta, presentará una especificación particular que lo hará único y que permitirá su integración en el sistema socio ambiental de la manera más sustentable posible.

Proyectos exitosos requieren que el diseño de este tipo de infraestructura sea llevado a cabo por equipos multidisciplinarios de profesionales que incorporen en el análisis distintas visiones del contexto y estudien la funcionalidad del proyecto en todas sus dimensiones, teniendo en especial consideración las actividades que se encuentran en desarrollo en el área a intervenir. Para ello deben conocerse las características físicas, bióticas y antrópicas del medio receptor, así como sus relaciones, lo que resulta fundamental en pos de una evaluación objetiva y una gestión correcta del proyecto.

Otro papel de importancia trascendental, le corresponde a las autoridades (Estado), tanto de las áreas de ingeniería, ambiental como social, que cumplen la función de equilibrar los intereses de las partes en la búsqueda del bien común y del desarrollo de las poblaciones.

■ CUADRO 1. Características de los aprovechamientos hidráulicos

PRINCIPALES ASPECTOS INTERVINIENTES

ASPECTOS FÍSICOS DEL EMPLAZAMIENTO	• Clima reinante en la zona (temperaturas máximas, medias y mínimas, humedad ambiente, precipitación sólida y líquida, formación de témpanos de hielo, dirección y velocidad de los vientos predominantes y evaporación). • Comportamiento hidrológico del río (caudales: medios mensuales y anuales, máximos y mínimos ordinarios y extraordinarios). • Topografía general del futuro embalse y de detalle de la zona de obra principal e instalaciones complementarias y auxiliares. • Conformación fluvial del cauce del río y planicies inundables. • Características geológicas, geomorfológicas y geotécnicas de la región. • Acuíferos y paleocauces existentes. • Calidad de agua de los cuerpos involucrados en el emprendimiento. • Disponibilidad de materiales para la obra (canteras). • Cantidad y tipo de sedimentos transportados por el río.
ASPECTOS BIÓTICOS DEL EMPLAZAMIENTO	• Áreas protegidas, reservas. • Principales ecosistemas presentes. • Fauna característica, especies emblemáticas, especies amenazadas y protegidas. • Flora local y vegetación predominante. Cobertura en la zona de embalse.
ASPECTOS SOCIALES Y ECONÓMICOS DEL ÁREA DEL EMPLAZAMIENTO	• Existencia de centros urbanos cercanos. • Perfil de la población de la región. • Sitios de valor arqueológico, paleontológico, cultural. • Usos predominantes del suelo en el área de influencia directa. Proyectos de ordenamiento territorial. • Necesidad de reasentamientos poblacionales y disponibilidad de tierras. • Infraestructura de interconexiones existentes (vial, ferroviaria y fluvial). • Infraestructura de comunicaciones disponible. • Infraestructura de producción y servicios de la región. • Dinámica económica y social de la región y nivel de desarrollo relativo. • Actores sociales y políticos que participan de los procesos de tomas de decisiones. • Usos del río. • Inserción regional.
ASPECTOS INHERENTES A LAS OBRAS	• Tipo, longitud y altura de la presa. • Materiales a emplear y sus yacimientos. • Estructuras componentes principales. • Estructuras complementarias. • Procesos constructivos. • Área y volumen del embalse. • Normas operativas durante la vida útil. • Proceso de desactivación.

PRINCIPALES CONCEPTOS

- Cada proyecto responde a las necesidades que debe atender, así como a las condiciones del medio donde se implanta.
- La integración adecuada de los proyectos con el medio resulta de la evaluación multidisciplinaria de cada emprendimiento para cada lugar.
- El Estado (autoridades de aplicación y control) tiene un papel fundamental a la hora de equilibrar intereses en pos del bien común e incentivar el desarrollo de las regiones.

4.2 La integración ambiental de los aprovechamientos hidráulicos

De manera introductoria es claro e innegable que todas las intervenciones del hombre sobre el ambiente implican su modificación respecto de las condiciones iniciales, se trate de la expansión urbana, de la construcción de una ruta, un campo de cultivo, la instalación de una industria, de un centro turístico o de un aprovechamiento hidráulico. En este sentido, cuanto mayor sea la envergadura de dichas intervenciones mayor será la importancia de dicha modificación.

Este criterio introduce un aspecto fundamental y es que el hombre y su comportamiento social forman parte del ambiente que puede verse incidido de maneras distintas. Así, cuando se estudian las interferencias que las obras o actividades pueden generar sobre el ambiente, deben igualmente considerarse los beneficios que persiguen las mejoras para el desarrollo humano, contribuyendo ambos aspectos en la definición de la factibilidad ambiental del proyecto o la actividad. Su condición en relación con el medio ambiente debe ser positiva; es por ello que el balance de sus impactos debe ser positivo.

Puede decirse que una adecuada integración con el medio ambiente, se produce con la minimización, mitigación y/o compensación de los impactos negativos y la maximización de los positivos.

La clasificación de dichas modificaciones en cuanto a su signo, así como a su magnitud, duración, alcance, dependerá de las características de las intervenciones, así como del ambiente en el cual se implanten.

En este contexto, no se puede clasificar una intervención como negativa ambientalmente sólo por criterios subjetivos. Lo que interesa a la hora de definir si una actividad o una obra son ambientalmente factibles, es el resultado del balance entre los impactos negativos y positivos que éstas originen. Hoy día, la experiencia que brinda la gran cantidad de obras en funcionamiento, los avances científicos y la tecnología de control permiten avanzar mucho en la correcta estimación de las afectaciones al ambiente.

Un aprovechamiento hidráulico multipropósito puede decirse que es factible cuando es posible afirmar que, analizado adecuadamente desde sus aspectos técnicos, económicos y ambientales, posee beneficios que superan los costos en su sentido más amplio.

Es muy importante tomar conciencia que no existen aprovechamientos intrínsecamente negativos, puesto que como parte de los estudios, una vez identificados los impactos negativos en las diferentes etapas del proyecto (planificación, construcción, llenado del embalse, operación y eventual cierre) se deben proponer diferentes medidas para cada caso: en primer término se tratará de evitarlos y de prevenir riesgos; caso contrario, minimizarlos. Cuando no puedan evi-

tarse ni reducirse, las medidas estarán destinadas a compensarlos. También se deben disponer medidas que potencien los impactos positivos y que maximicen las oportunidades de mejoras del medio natural y social aprovechando la capacidad multiplicadora de estas obras.

Todas estas medidas constituyen el Plan de Gestión Ambiental, que es de ejecución obligatoria, y que exige recursos y capacidad de gestión. Una parte sensible, y de suma importancia de este Plan de Gestión, es el reasentamiento de la población que habita en lo que será el área del futuro embalse, considerando los aspectos que hacen a la dinámica de dichas poblaciones, incluyendo su derecho al acceso a la información y a la participación en la definición

de su futuro. Los costos de este plan, sumados a los costos intrínsecos de la obra (de construcción, operación y mantenimiento) constituyen los costos globales de un emprendimiento que, lógicamente, deben ser inferiores a los beneficios.

La factibilidad ambiental de cada proyecto dependerá de la valoración de las incidencias y del balance conjunto que éstas presenten en sentido integrado. Así, proyectos que aporten grandes beneficios serán factibles aun habiéndose identificado impactos ambientales de magnitud respecto de algunos de sus componentes; mientras que proyectos menos beneficiosos, incluso cuando sus impactos sean menores, podrán considerarse no factibles a escala global.

PRINCIPALES CONCEPTOS

- Ninguna obra es negativa en sí misma.
- El hombre y su contexto social forman parte del ambiente.
- La factibilidad ambiental de las intervenciones está dada por el balance entre sus efectos negativos y positivos respecto del ambiente donde se implantan y cuyos componentes son tanto naturales como antrópicos.

5. PRINCIPALES ASPECTOS AMBIENTALES VINCULADOS CON LOS EMBALSES

5.1 Importancia de los estudios ambientales

Los impactos ambientales más significativos derivados de los embalses se refieren a las modificaciones que éstos producen en los regímenes de los cursos de agua y por ende a los cambios inducidos en los ecosistemas naturales y antrópicos asociados. Asimismo, la pérdida de hábitats en áreas ocupadas por el embalse y la conformación de otros ambientes distintos de los originales, son las modificaciones más notorias.

En relación con los ecosistemas naturales, las consecuencias de estas alteraciones pueden ser diversas, y son estudiadas en cada caso en particular. En términos generales, al menos las de índole local (en la extensión de las áreas destinadas al embalse y su área de influencia directa) cambian las condiciones naturales del ambiente, favoreciendo la colonización y desarrollo de especies distintas a las que se encontraban adaptadas a las condiciones originales.

La regulación de crecidas y bajantes extremas, aguas abajo del embalse, modifica la dinámica hídrica del sistema fluvial. Esta situación influye sobre la relación entre las planicies de inundación de los ríos, su cauce y la carga que éste transporta, tanto de materia orgánica como de inorgánica.

Resulta lógico que todos estos aspectos sean considerados como impactos ya que se asume que el estado original de un dado ecosistema sin intervención antrópica se encuentra en un equilibrio para su condición y, por ende, toda modificación forza-

da en él, altera dicho equilibrio, movilizándolo una serie de acciones que tienden finalmente a encontrar una nueva situación, con características diferentes al original.

Estos cambios pueden suceder también por procesos naturales. Una gran inundación, un sismo, una erupción volcánica u otros hechos de la naturaleza también pueden modificar y alterar un cauce. Este tipo de fenómenos ha ocurrido reiteradamente en la historia y seguirá ocurriendo, haciendo variar en forma permanente e, incluso, violenta la geografía y vida de ciertas especies. Entre los beneficios de una obra también debe ser considerada la mitigación de algunos de estos efectos extremos.

Como dijimos, un aspecto sumamente sensible en la implantación de aprovechamientos hidráulicos es la necesidad de reasentamiento de población (ya sea de zonas urbanas o rurales) que se encuentra ubicada por debajo de la cota de inundación del embalse proyectado. Si bien en nuestro país diversos aprovechamientos están ubicados en zonas desérticas, en general actualmente son muy escasos los espacios físicos sin población o sin usos asociados; por lo tanto la alteración de las condiciones ligadas al sistema hídrico a intervenir modificará la relación de diversos actores cuya actividad o intereses estén relacionados con la obra.

Como contrapartida, uno de los impactos positivos de este tipo de proyectos refiere a la posibilidad de introducir mejoras de infraestructura básica y, por ende las condiciones de vida en las nuevas áreas de residencia.

El criterio habitualmente empleado para establecer si el balance de dichas modificaciones resulta positivo o negativo para el ambiente en términos generales se basa en la implementación de metodologías de Evaluación de Impacto Ambiental. Éstas permiten cuantificar los impactos del proyecto y, como consecuencia, arribar a conclusiones que aporten información a la hora de decidir su factibilidad integral.

La aplicación de estas metodologías de Evaluación de Impactos resulta relativamente moderna. En la Argentina la normativa ambiental específica data de la década de los '90² y cumple con el objetivo de evaluar un proyecto en virtud de todo su contexto de implantación, operación y eventual cierre, comprendiendo como repercute éste sobre el medio ambiente (físico, biótico y antrópico), a partir de los objetivos para el cual se define, que en general refiere a mejorar las condiciones de vida de la población de su entorno y de la comunidad en general.

En este sentido, los Estudios de Impacto Ambiental en sí mismos, no tienen el objetivo de definir si una obra o actividad es factible o no, sino de entender el contexto en el cual se implanta un proyecto y las incidencias que éste puede tener sobre la condición actual del medio natural y antrópico y qué tipo de medidas pueden tomarse para maximizar sus impactos positivos y evitar, minimizar, mitigar o, como última instancia, compensar sus impactos negativos. Por estos motivos, el Estudio de Impacto Ambiental constituye una herramienta fundamental para la toma de decisiones.

Sin embargo, las decisiones respecto de la planificación de un territorio, de la construcción de infraestructura y la potencialidad de desarrollo de una región se basan en políticas integradas que van más allá de un proyecto. Así, existen numerosas experiencias en el mundo sobre desarrollo de proyectos, que en primera instancia generaron impactos sobre el medio de carácter significativo pero que, finalmente, sentaron las bases para el desarrollo de áreas productivas y de desarrollo humano, fundamentales para la sociedad.

PRINCIPALES CONCEPTOS

- La clave del análisis ambiental de los proyectos de aprovechamiento multipropósito radica en comprender adecuadamente las modificaciones introducidas, sus implicancias y los beneficios inducidos, a nivel local y regional.
- En la Argentina se implementan metodologías adecuadas para evaluar un proyecto en virtud de todo su contexto de implantación, comprendiendo como éste repercute sobre los procesos y actividades naturales y antrópicas que se desarrollan en toda su área de influencia e impacto (herramienta: estudio de impacto ambiental).

2. Los aspectos ambientales en este tipo de proyectos fueron introducidos primeramente en el emprendimiento de Salto Grande en la década de los '70, consolidándose a través de guías metodológicas nacionales en la segunda mitad de los '80, hasta la sanción de normativa ambiental específica a nivel nacional y provincial a mediados de la década del '90. La Resolución SE N° 718/87 normaliza los procedimientos para la gestión ambiental de las obras hidráulicas mediante la sanción del "Manual de Gestión Ambiental para Obras Hidráulicas con Aprovechamiento Energético" (Secretaría de Energía, Ministerio de Planificación, Presidencia de la Nación).

5.2 Generación de energía y los gases de efecto invernadero (GEI)

Los proyectos hidráulicos multipropósito son susceptibles de generar gases de efecto invernadero mayoritariamente a partir de la descomposición de la materia orgánica que se encuentra en el embalse, como consecuencia de su llenado.

Actualmente hay consenso sobre los procesos que producen metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂) en los embalses y cuáles serían las vías por las que éstos se liberan a la atmósfera.

Para cuantificar correctamente el cambio neto en el intercambio de dichos gases causado por la creación de un embalse, es necesario tener en cuenta los valores del intercambio antes, durante y después de su construcción. Las emisiones netas no pueden medirse directamente y cuando se realizan mediciones de campo lo que se obtiene son las emisiones brutas, es decir las emisiones naturales propias del sitio más las propias del embalse incorporado.

El Programa Hidrológico Internacional (UNESCO-PHI) y la Asociación Internacional de Energía Hidroeléctrica (IHA), con la colaboración de numerosas instituciones de investigación, iniciaron en el año 2008 un proyecto de investigación internacional sobre emisiones de GEI en embalses de agua dulce. Un equipo internacional de científicos, con datos recopilados y analizados de 85 embalses de diversas zonas de todo el mundo, publicó en el año 2011 los resultados alcanzados. [Ref. 8].

Los embalses de zonas boreales/australes y templadas (latitudes altas) se asocian con emisiones de GEI de bajas a algo moderadas, por lo que surge que todos los aprovechamientos con embalses existentes y a construir en Argentina entran en esta clasificación, de modo que no debería ser motivo de controversia en nuestro país.

Cabe destacar que, previo a su llenado, en lo posible es conveniente retirar la vegetación de la zona del vaso que ocupará el embalse, no sólo para reducir la generación de GEI, sino también para minimizar la afectación de la calidad del agua.

■ CUADRO 2. Emisiones expresadas en gramos de CO₂ equivalente /kWh

TIPO DE TECNOLOGÍA PARA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	BAJA	ALTA
Carbón convencional	941	1.022
Fuel Oil	750	830
Diesel	560	880
Gas natural en ciclo combinado	350	510
Carbón con captura de CO ₂	220	300
Biomasa	51	90
Solar fotovoltaica	38	121
Presa con embalse	10	33
Eólica	9	20
Nuclear	6	16
Geotérmica	8	

➤ RECOPIACIÓN: G. Malinow, 2013 ➤ FUENTE: [Ref. 8]

Realizando una comparativa de emisiones de GEI entre diferentes tecnologías de producción de energía eléctrica, se puede observar que en el caso de los embalses, su impacto es relativamente muy bajo.

En el Cuadro 2 se incluyen rangos de valores de emisiones expresadas en gramos de CO₂ equivalente/kWh, que podrían servir como orientación sobre el estado de conocimiento del tema para distintas tecnologías de concepciones de modernas fuentes empleadas para la producción de energía eléctrica, teniendo en cuenta todo el ciclo de vida de la tecnología en cuestión, es decir, desde la fabricación y construcción de las mismas, hasta su desmantelamiento.

PRINCIPALES CONCEPTOS

- Los embalses multipropósitos son una de las formas de generación de energía eléctrica con menor impacto en la emisión de gas efecto invernadero.
- En las zonas de altas y medias latitudes (caso de Argentina), el efecto de las emisiones de GEI son bajos a moderados.

5.3 El equilibrio entre los emprendimientos y los servicios que el ambiente ofrece

Una habitual definición sobre servicios ambientales se refiere a las utilidades que cada componente del medio ambiente y en forma conjunta (la naturaleza) brindan a la humanidad en términos de su supervivencia y desarrollo, medidas desde un punto de vista económico. Es un concepto que intenta otorgarle un valor medible al sustento y provisión en términos de apoyo y recursos que la naturaleza le brinda al ser humano.

En este contexto, el esfuerzo que la comunidad debe realizar para hacer uso de estos servicios en su beneficio depende de la calidad del medio y ésta depende de la protección que el hombre le otorga a la naturaleza.

La sustentabilidad de las acciones que el hombre desarrolla tiene una estricta relación con la posibilidad que el mismo tiene de hacer uso de los servicios ambientales sin perjudicar el equilibrio natural que resulta la base de estos servicios y por ende de su desarrollo.

Así, las intervenciones que el hombre realiza sobre el medio deben ser estudiadas respecto de su implicancia sobre los servicios que el ambiente brinda en su conjunto, analizando de qué manera estos pueden verse influidos por el proyecto estudiado. Para el caso puntual de los aprovechamientos hidráulicos multipropósito, el desafío radica en determinar, para cada caso en particular, cómo la implantación de un proyecto de este tipo puede influir sobre los servicios ambientales generales que el área afectada provee y, en particular, sobre aquellos que resultan localmente fuente de las actividades desarrolladas.

Por ejemplo, si un embalse pusiera en riesgo el recurso del cual se abastece una determinada actividad pesquera, o indirectamente alguno de los factores

que sirve de base para el desarrollo de dicho recurso, deberían analizarse cuáles son las implicancias de la pérdida de dicho servicio y si éste puede suplantarse por otro en caso de que los beneficios del proyecto sean valorados como de mayor importancia que los costos de las pérdidas. En el caso de la actividad pesquera, resulta relativamente sencillo evaluar con diferentes herramientas esta situación, dado que pueden ser cuantificados el potencial de un área y también los ingresos generados por esta actividad.

A su vez, los beneficios resultantes del acceso al agua de riego o abastecimiento, así como la disminución de pérdidas por inundaciones controladas a través de la regulación fluvial, o la energía generada por una presa también pueden cuantificarse. Sin embargo, en otros casos, esta relación es mucho más difícil de valorar, más aún cuando se consideran en el balance impactos distribuidos en regiones muy amplias. Por ejemplo, es el caso de valorar qué implica en términos productivos a nivel cuenca o región la retención de gran parte de los sedimentos que transporta un curso de agua a lo largo de sus ciclos anuales, o los beneficios de la generación de energía eléctrica a esas y otras regiones más alejadas.

Como conclusión, la noción de servicios ambientales introduce conceptos que deben considerarse en términos del análisis ambiental de proyectos de implicancia regional, como pueden ser los aprovechamientos hidráulicos multipropósito, y no sólo medir su radicación a partir de cuestiones puntuales locales, dado que el conocimiento de las interrelaciones del ambiente y la incidencia de las modificaciones incorporadas por el proyecto respecto de estas interacciones permite tomar mejores decisiones y así ordenar el desarrollo humano de manera sustentable.

PRINCIPALES CONCEPTOS

- La noción de servicios ambientales son herramientas que deben considerarse en términos del análisis ambiental de proyectos de implicancia regional, como son los aprovechamientos hidráulicos multipropósito, y no sólo medir su radicación a partir de cuestiones puntuales locales.

5.4 La normativa ambiental en Argentina

En la Argentina la cuestión ambiental fue incorporada a la Constitución Nacional en la Reforma de 1994, introduciendo en forma expresa la protección al ambiente, expresando que uno de los derechos básicos de los habitantes es gozar de un ambiente sano (Artículo 41).

Ya en los primeros años de este siglo se sancionan las leyes de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental, la principal de entre ellas es la Ley General del Ambiente N° 25.675 (LGA). Esta norma establece el estándar de calidad ambiental que debe ser respetado por la legislación local -provincias y municipios- y que debe ser cumplido por cualquier proyecto en territorio argentino más allá de lo que pudiera surgir de la aplicación más específica de normas locales. Asimismo, toda norma de protección, evaluación y gestión ambiental propia del marco regulatorio de una actividad o sector (como el energético) debe adecuarse a estos presupuestos o estándares de calidad ambiental de la LGA y las restantes normas de presupuestos mínimos.

Bajo esta tutela uniforme, se imponen determinados instrumentos de gestión ambiental (Artículo 8 de la LGA), cuya aplicación es obligatoria en todo el territorio de la Nación independientemente de la provincia o municipio en el cual se lleve a cabo el proyecto. Ellos son:

- El ordenamiento ambiental del territorio.
- La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA).
- El sistema de control sobre el desarrollo de las actividades antrópicas.
- La educación ambiental.
- El sistema de diagnóstico e información ambiental.
- El régimen económico de promoción del desarrollo sustentable.

Para la normativa se considera que la participación ciudadana es hoy día un pilar fundamental de la gestión sustentable. Así, según la LGA uno de los objetivos de la política ambiental argentina es "...fomentar la participación social en los procesos de toma de decisión...". Para hacerlo viable y asegurar su efectividad, el ordenamiento jurídico argentino ha establecido tres instrumentos al efecto:

- La consulta y la audiencia pública (Ley 25.675).
- El derecho al acceso a la información ambiental (Ley 25.831).
- El amparo ambiental (Art. 43, Constitución Nacional).

Entre las exigencias mínimos de carácter procedimental, se encuentran el procedimiento de EIA, la audiencia pública y el sistema de información ambiental, que se integran funcionalmente con el primero.

PRINCIPALES CONCEPTOS

- Existen herramientas metodológicas probadas que permiten evaluar los impactos derivados de la implantación de este tipo de proyectos como son las evaluaciones ambientales estratégicas, los estudios de impacto ambiental, planes de monitoreo y gestión de proyecto, entre otros.
- Para que estas herramientas aporten información razonable, la clave es contar con datos de base que permitan caracterizar acabadamente el ambiente receptor (físicos, bióticos, antrópicos) y su implicancia económica y cultural, los intereses de la sociedad y sus preocupaciones, lo que permitirá diseñar e implementar proyectos acordes al sitio donde se desarrollarán, integrándolos no solo con el ambiente, sino con la población usuaria y beneficiada.

5.5 La seguridad: medidas de seguridad y mantenimiento de presas

La Seguridad de Presas involucra al conjunto de actividades tendientes a preservar la integridad de estas obras de infraestructura hidráulica, fundamentalmente con el objeto de proteger la vida y bienes de los ciudadanos que se encuentran expuestos a la contingencia de una falla o bien la rotura de una presa ubicada aguas arriba de una región poblada. Asimismo, es objeto de esta práctica salvaguardar el agua almacenada en un embalse para poder atender los distintos fines para los que fue concebido tal emprendimiento, además de proteger la inversión realizada.

En Argentina, bajo la órbita del Estado Nacional, funciona el Organismo Regulador de Seguridad de Presas (ORSEP) [Ref. 9] que es el ente a cargo de la fiscalización de la seguridad estructural de estas obras de ingeniería. Ello se realiza comprobando la correcta ejecución de actividades que corren por cuenta de las empresas u organismos operadores de las presas, tales como:

- *Control del comportamiento de las presas:* Es realizado a través de la evaluación sistemática y programada del estado de conservación y de los parámetros de funcionamiento de las obras. Los valores de tales parámetros provienen del conjunto de sensores ubicados dentro del cuerpo de una presa (sistema de auscultación), tarea que está a cargo del operador responsable de la obra, el que debe elaborar informes periódicos para ser elevados a la aprobación del ORSEP.
- *Medidas correctivas:* Incluye el proyecto y ejecución de trabajos o estudios destinados a mejorar el comportamiento o control de las presas.
- *Manuales de Operación y Mantenimiento:* De acuerdo con programas previamente acordados, se verifica el cumplimiento de tareas especificadas en los mismos, incluyendo el control y ensayo de las compuertas del vertedero y demás elementos auxiliares
- *Auditorías Técnicas:* Consultores Independientes, de probada idoneidad técnica, realizan revisiones completas de la seguridad estructural de las presas y sus obras auxiliares. La periodicidad mínima de esta participación se establece de acuerdo con la antigüedad de la presa y los informes de tales auditorías son elevados para aprobación del ORSEP.
- *Manejo de Emergencias:* El operador responsable de una presa está obligado a elaborar e implementar procedimientos para actuar en las presas y sus estructuras auxiliares cuando se presenten anomalías que puedan poner en riesgo la vida de las poblaciones aguas abajo y/o la integridad de los bienes implantados en las zonas de influencia. Tales procedimientos son denominados "Plan de Acción durante Emergencias" (PADE); incluyen la preparación de acciones a desarrollar para actuar eficientemente antes, durante y con posterioridad a la ocurrencia de una emergencia, incluyendo su compatibilización con los organismos locales de Defensa Civil. El interlocutor válido entre el operador responsable de una presa y la comunidad es el Estado, a través del ORSEP, quien a su vez fiscaliza la actualización de dichos planes.

PRINCIPALES CONCEPTOS

- En nuestro país existe un organismo público, el ORSEP, capacitado para fiscalizar el cumplimiento de las normas sobre seguridad de presas.
- Existen procedimientos de manejo adecuado ante una eventual emergencia.

6. PANORAMA SOBRE LA GENERACIÓN ELÉCTRICA EN ARGENTINA

6.1 Situación de la demanda de energía eléctrica

Es un hecho comprobado que las necesidades energéticas en todo el mundo, y en cualquiera de los países considerados en forma individual, han evolucionado siempre de manera progresiva en función del crecimiento, tanto de la población como de los estándares de calidad de vida y niveles de consumo.

En la Argentina, en el período 1992-2013, la demanda de energía eléctrica anual verificó una tasa media de crecimiento del 4,26 % anual acumulado a pesar de

los planes de un uso más racional de la energía impulsados por el Estado y del menor crecimiento en los periodos de crisis. Por otra parte, en ese período se comprobaron cambios en la contribución porcentual a la matriz eléctrica por parte de cada tipo de tecnología utilizada. En el Cuadro 3 se ilustra la evolución de la generación eléctrica y de la potencia instalada.

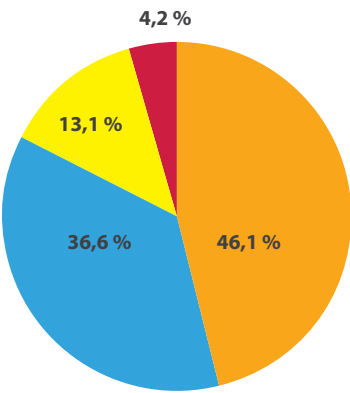
En el mismo cuadro se observa que para dicho período la generación térmica se triplicó, la hidroeléctrica se duplicó y la nuclear decreció, apreciándose que aún es incipiente el aporte de la energía eólica y de la energía solar fotovoltaica.

■ CUADRO 3. Cambios en la contribución a la matriz eléctrica por parte de cada tipo de tecnología

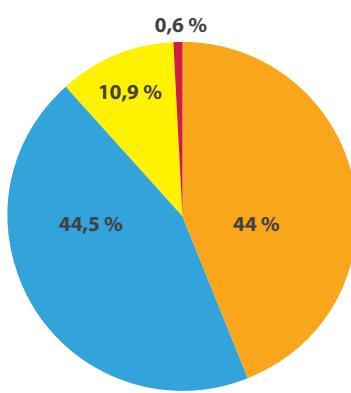
TECNOLOGÍA		1992		2013		INCREMENTO DEL PERÍODO
GENERACIÓN MEDIA ANUAL (GWh)	Térmica	24.891	46,05%	82.953	63,91%	233%
	Hidráulica	19.805	36,64%	40.330	31,07%	104%
	Nuclear	7.091	13,12%	5.732	4,42%	-19%
	Import. y otros	2.267	4,19%	779	0,60%	-191%
	TOTAL	54.054	100,00%	129.794	100,00%	240%
POTENCIA INSTALADA (MW)	Térmica	6.541	49,30%	18.794	60,50%	187%
	Hidráulica	5.721	43,12%	11.095	35,71%	94%
	Nuclear	1.005	7,58%	1.005	3,23%	0%
	Eólica	0	0,00%	165	0,53%	---
	Solar	0	0,00%	8	0,03%	---
TOTAL		13.267	100,00%	31.067	100,00%	234%

➤ FUENTE: CAMMESA [Ref. 10]

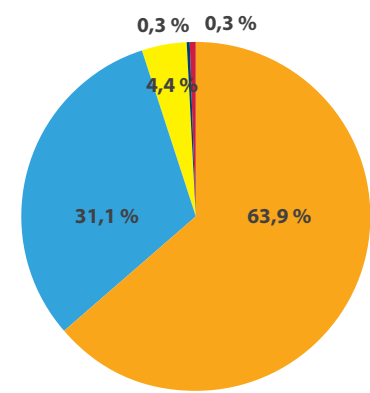
■ FIGURA 4. Matriz de demanda Energía Eléctrica MEM - 1992



■ FIGURA 5. Matriz de demanda Energía Eléctrica MEM - 1997



■ FIGURA 6. Matriz de demanda Energía Eléctrica MEM - 2013



● Energía Térmica ● Energía Hidroeléctrica ● Energía Nuclear ● Importación y otros ● Energía Eólica

➤ FUENTE: CAMMESA [Ref. 10]

Las Figuras 4, 5 y 6 representan, las matrices de la demanda de energía eléctrica de los años 1992, 1997 y 2013 respectivamente, que son el primero y último de los casos indicados en el Cuadro 3.

La Figura 5 muestra que en el año 1997 las contribuciones de las centrales térmicas eran del mismo orden que de las hidroeléctricas. Como puede apreciarse en el último caso seleccionado (año 2013) la generación hidroeléctrica es significativamente menor que la térmica, circunstancia que se verifica también para la generación nuclear. En ese año la generación hidroeléctrica cubrió el 31% de la demanda de electricidad anual del país.

Para hacer una proyección a largo plazo de la demanda total de energía eléctrica del Mercado Eléctrico Mayorista (MEM), se supuso para un horizonte al año 2030 un crecimiento de la población total del país para el período 2015-2030 de 10,7% [Ref. 11] e hipotéticas tasas medias de crecimiento de la demanda de energía eléctrica del 3,5% y 4,0% anual acumulado, valores levemente inferiores al crecimiento promedio registrado en el período 1992-2013. A partir de lo expresado se simuló la evolución de la misma, resultado que se aprecia en la Figura 7. El mismo muestra que para un crecimiento del 3,5% a.a. el in-

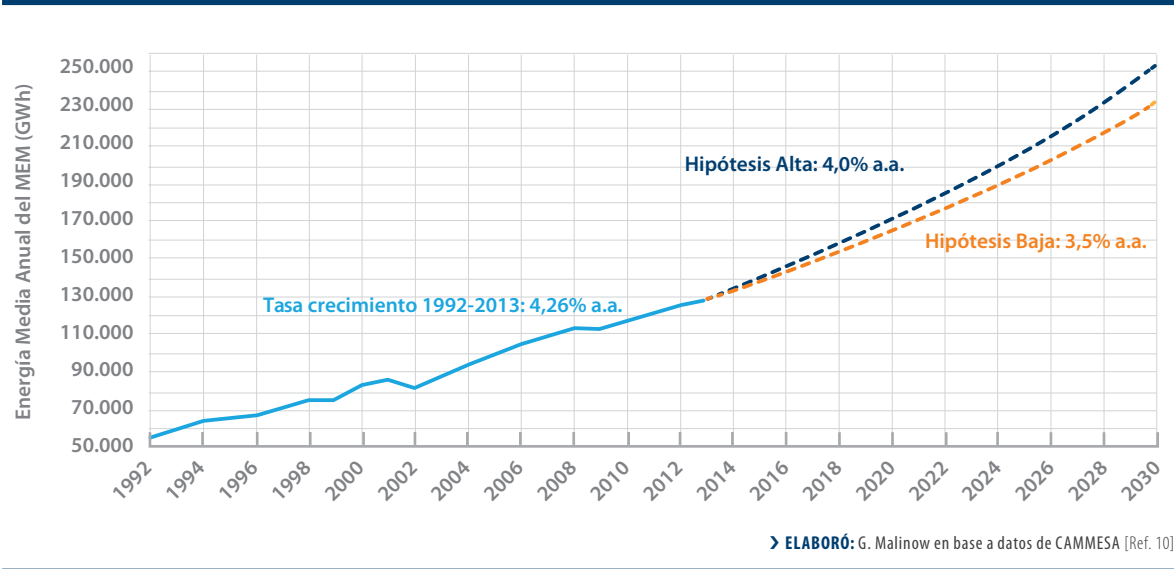
cremento necesario de generación de energía eléctrica se ubica en el orden del 80% (232.949 GWh/año vs. 129.794 GWh/año) y para un crecimiento del 4% a.a. el incremento necesario resulta del 95% (252.837 GWh/año vs. 129.794 GWh/año).

Al año 2013, la hidroelectricidad aportó unos 40.330 GWh/año, (Cuadro 3) lo que representa –como se dijo– el 31% de la matriz. Si consideramos un aumento del consumo eléctrico del 3,5% a.a. hasta el 2030, y asumiendo como mínimo un 30% de aporte hidroeléctrico, al final del periodo considerado, las presas deberían generar 69.885 GWh/año. (232.949 GWh/año x 30%), es decir un incremento de casi 30.000 GWh/año (69.885 GWh/año – 40.330GWh/año). Para tener una idea del orden de magnitud de lo que implica, para 2030 deberían estar en funcionamiento, entre otros, los proyectos en estudio, tales como: En la cuenca del río Paraná: Central Hidroeléctrica Aña Cuá 1.800 GWh/año (90% para Argentina), Aprov. Hidroeléctrico Corpus Christi (en Pindo-I) 18.158 GWh/año (90% para Argentina), la ampliación de la Central Hidroeléctrica Yacyretá 2.700 GWh/año (90% para Argentina), en el río Uruguay: los Aprov. Hidroeléctricos Garabí y Panambí 2.985 GWh/año y 2.738 GWh/año respectivamente (50% para Argentina), en el río Santa Cruz, Aprov. Hidroeléctricos Pte. Néstor Kirchner y Jorge Cepernic 3.380 GWh/año y 1.866 GWh/

año respectivamente, en la región del Comahue: Aprov. Hidroeléctrico Chihuidos I 1.750 GWh/año y en Cuyo: Aprov. Hidroeléctrico Los Blancos I y II 900 GWh/año y 389 GWh/año respectivamente, y el Aprov. Hidroeléctrico Portezuelo del Viento 887 GWh/año. Además, también se deberá incrementar, en el mismo porcentaje del 80%, todas las demás fuentes de generación.

Frente al actual predominio del uso de recursos fósiles no renovables en la generación eléctrica de Argentina, y con una visión de futuro de mayor sustentabilidad, sería deseable una matriz que incluya una mayor proporción (al menos un 40%) de energía de origen hidroeléctrico, que el 30% planteado como hipótesis de mínima.

■ FIGURA 7. Proyección de la demanda de energía eléctrica del MEM 2015-30



PRINCIPALES CONCEPTOS

- Para la Argentina, en el período 1992-2013, la demanda de energía eléctrica anual del mercado eléctrico mayorista, mostró una tasa media de crecimiento del 4,26 % anual acumulado.
- En el mismo período la generación térmica se triplicó mientras que la hidroeléctrica se duplicó.
- Es necesario implementar políticas de eficiencia energética que a futuro permitan reducir el consumo eléctrico mitigando así los problemas de oferta.
- La energía hidroeléctrica se constituye en una componente fundamental de la matriz energética dado que proviene de recursos renovables y no degradables y presenta una disponibilidad casi permanente, dentro de ciertos rangos razonables de variabilidad.

6.2 Aprovechamientos hidroeléctricos en la Argentina

En el caso particular de nuestro país, cabe mencionar que el potencial hidroeléctrico técnicamente explotable, computando los aprovechamientos binacionales con un reparto de la producción para cada país, según estimaciones recientes sería del orden de 35 GW³ con una energía media anual de 141.000 GWh. [Ref. 12]

Según la Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico (CAMMESA) [Ref. 10], nuestro país dispone actualmente de una potencia hidráulica de 11 GW con capacidad para generar una energía hidroeléctrica media anual de 40.330 GWh. En Argentina sólo se ha construido un 31,4% de la potencia técnicamente explotable y generamos sólo un 28,4% de nuestras posibilidades en cuanto a proyectos hidroeléctricos, lo cual nos muestra que el país tiene un evidente retraso en el aprovechamiento de esta fuente de energía y que, por lo tanto, aún resta una importante parte del potencial energético del agua que puede ser incorporado como fuente de generación altamente competitiva y que hoy se desperdicia. Esto es importante a la luz de la evolución del

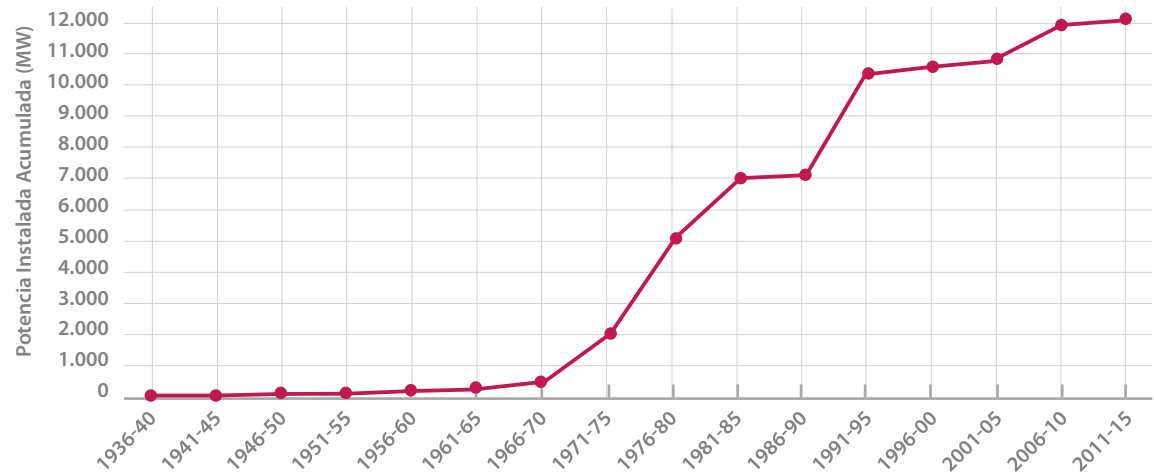
consumo, detallado en el apartado 6.1, y la consecuente necesidad de satisfacer esa demanda.

Es necesario subrayar que Argentina es el país de América del Sur con un menor porcentaje de hidroelectricidad en su matriz (31%) [Ref. 13] [Ref. 10]. Si comparamos esta situación con nuestro principal socio del Mercosur, veremos que la hidroelectricidad en Brasil representa más del 70% [Ref. 14] del total de su generación, disponiendo de más de 700 [Ref. 15] centrales hidroeléctricas en funcionamiento, contra unas 50 [Ref. 16] en nuestro país.

En la **Figura 8** se muestra la evolución de la incorporación acumulativa de potencia hidráulica en la Argentina para el período 1936-2013⁴.

En los **Cuadros 4 y 5** se detallan las características de la producción hidroeléctrica de 26 de los principales aprovechamientos actualmente en operación, desagregados por cuencas hídricas. No se incluye información sobre el resto de los aprovechamientos existentes en diversas provincias que representan menos del 10% de la producción hidroeléctrica total.

■ **FIGURA 8.** Evolución de la potencia hidráulica incorporada en Argentina 1936 –2013



NOTA: Las potencias de los aprovechamientos binacionales se computaron al 50% para la C.H. Salto Grande y al 90% para la C.H. Yacyretá

➤ **ELABORÓ:** G. Malinow ➤ **FUENTE:** CAP [Ref. 3]

3. 1 GW (gigawatt) = 1.000 MW (megawatt) = 1.000.000 kW (kilowatt)

4. Con la decisión adoptada en los años '60, la hidroelectricidad hace su aporte significativo en el periodo 1973 - 1995, que se refuerza con la elevación del embalse del A.H. Yacyretá a fines de la primera década del siglo XXI.

■ CUADRO 4. Producción hidroeléctrica de 3 aprovechamientos, en la Cuenca del Plata.

RÍO	CENTRALES HIDROELÉCTRICAS	POTENCIA INSTALADA (MW)	ENERGÍA MEDIA ANUAL (GWh)
Paraná	Yacyretá (*)	2.790	18.000
Urugua-i	Urugua-i	120	377
Uruguay	Salto Grande (**)	945	2.142
3		3.855	20.519

(*) Se indica el 90 % que queda para Argentina
(**) Se indica el 50 % que aprox. queda para Argentina

➤ ELABORACIÓN: G. Malinow, 2013 ➤ FUENTE: [Ref. 12]

El país tiene más de 70 aprovechamientos hidroeléctricos de más de 30 MW de potencia identificados [Ref. 12], la mayoría de los cuales cuenta con algún grado de elaboración de estudios de ingeniería, ejecutados en las décadas de los '70 y '80 del siglo pasado. Estos estudios requieren una revisión y actualización, ya que podrían necesitar modificaciones en su concepción, y por lo tanto variaciones en los parámetros de potencia y energía media anual que se consideran, por diversos motivos:

- ➔ Disponibilidad de técnicas y metodologías de investigación más modernas y confiables.
- ➔ Nuevas técnicas de diseño y construcción de presas.

- ➔ Mayor rigurosidad en las acciones sísmicas consideradas, atendiendo a la disponibilidad de detallada información de eventos reales.
- ➔ Nueva información hidrológica disponible, que permitiría aplicar criterios más rigurosos en la estimación de la energía generable y de los eventos hidrológicos extremos.
- ➔ Mayores consideraciones de tipo socio-ambiental para la ejecución de los proyectos.

Un detalle de la potencia estimada a instalar y la generación de energía media anual posible de los proyectos más interesantes del punto de vista de maximizar la generación de energía, desagregados por cuencas de los diferentes ríos donde se prevé emplazarlos, figuran en los **Cuadros 6 y 7**.

La energía resultante posible de estos emprendimientos deducidas pérdidas del orden del 10% por sub transmisión, transporte y distribución, es del orden de los 70.000 GWh/año. Su aporte permitirían cubrir el crecimiento de la demanda de energía eléctrica proyectada al año 2030, para una situación de crecimiento de la demanda del 4% a.a. (curva superior de la **Figura 7**), suponiendo una matriz energética más equilibrada de origen hidroeléctrico del 40%.

■ CUADRO 5. Producción hidroeléctrica de 23 aprovechamientos, en los ríos cordilleranos.

REGIÓN	CUENCA	RÍOS	CENTRALES HIDROELÉCTRICAS	POTENCIA INSTALADA (MW)	ENERGÍA MEDIA ANUAL (GWh)
Cuyo	Desaguadero	San Juan	4	284	1.580
		Mendoza	2	239	779
		Tunuyán	1	17	82
		Diamante	3	388	614
		Atuel	4	292	1.039
Comahue	Colorado	Colorado	1	60	280
	Negro	Neuquén	1	450	1.482
		Limay	5	3.981	11.361
Patagonia Sur	Yelcho (Chile)	Futaleufú	1	472	2.737
	Chubut	Chubut	1	58	160
			23	6.241	20.114

➤ ELABORACIÓN: G. Malinow, 2013 ➤ FUENTE: [Ref. 12]

■ CUADRO 6. Proyectos hidroeléctricos en estudio en la Cuenca del Plata.

RÍO	CENTRALES HIDROELÉCTRICAS	POTENCIA (MW)	ENERGÍA MEDIA ANUAL (GWh)	
Paraná (*)	4	3.767	25.258	(*) En las binacionales con Paraguay se asume un 90 % que aprox. quedaría para Argentina (**) En las binacionales con Bolivia se asume un 70 % que aprox. quedaría para Argentina (***) En las binacionales con Brasil se indica el 50 % que quedaría para Argentina
Bermejo (**)	5	292	2.182	
Uruguay (***)	2	1.100	5.723	
	11	5.159	33.163	

➤ ELABORACIÓN: G. Malinow ➤ FUENTE: [Ref. 12]

■ CUADRO 7. Aprovechamientos hidroeléctricos en estudio sobre ríos cordilleranos.

REGIÓN	CUENCA	RÍO	CENTRALES HIDROELÉCTRICAS	POTENCIA (MW)	ENERGÍA MEDIA ANUAL (GWh)
Cuyo	Desaguadero	San Juan	1	70	343
		Mendoza	3	1.386	3.294
		Tunuyán	2	486	1.350
		Diamante	1	190	453
		Grande	5	401	2.238
Comahue	Colorado	Colorado	1	40	180
		Varvarco	3	226	1.008
	Neuquén	Curi Leuvú	1	34	150
		Nahueve	1	30	132
		Agrio	1	48	209
		Neuquén	15	2.450	9.875
	Limay	Chimehuin	1	181	751
		Malleo	2	76	307
		Aluminé	2	510	2.135
		Caleufú	1	38	146
		Collón Curá	2	576	2.352
		Limay	5	930	4.204
	Negro	Negro	-	561	3.083
	Manso	Manso	-	880	4.500
Patagonia Sur	Corcovado (Ch.)	Hielo	1	50	328
		Carrenleufú	4	361	1.901
	Senguerr	Senguerr	-	34	150
	Santa Cruz	Santa Cruz	2	1.740	5.246
				11.298	44.335

➤ ELABORACIÓN: G. Malinow ➤ FUENTE: [Ref. 12]

PRINCIPALES CONCEPTOS

- Según datos de CAMMESA, de los 35 GW de potencial hidroeléctrico técnicamente explotable de Argentina, se encuentran instalados y en producción solo 11 GW, resultando entonces muy importante el potencial de crecimiento disponible.
- El país tiene más de 70 aprovechamientos hidroeléctricos de más de 30 MW de potencia identificados, la mayoría de los cuales cuenta con algún grado de elaboración de estudios de ingeniería, ejecutados en las décadas de los '70 y '80 del siglo pasado. Estos estudios requieren una revisión y actualización.

7. PANORAMA MUNDIAL

7.1 Aprovechamientos hidráulicos multipropósito

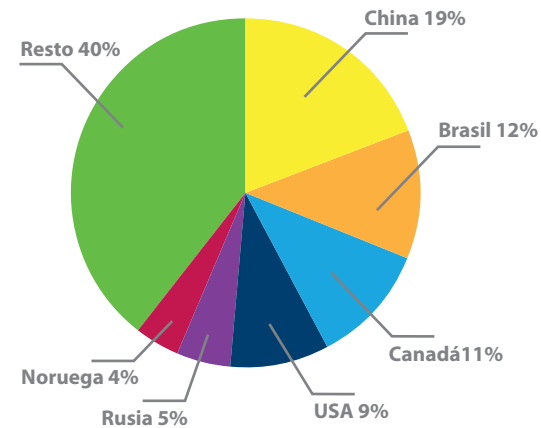
Según el registro que posee la Comisión Internacional de Grandes Presas – ICOLD [Ref. 17] en el año 2012 había en operación en el mundo 52.000 aprovechamientos hidráulicos de propósitos múltiples mediante grandes presas destinados a satisfacer necesidades humanas, la mayor parte de los cuales se concentran en Brasil, China e India, dada sus extensiones territoriales y la disponibilidad del recurso hídrico.

Cabe recordar que la institución más importante en la materia a nivel mundial, ICOLD, define a las grandes presas como aquellas barreras artificiales emplazadas sobre un cauce fluvial que presenten alguna de las siguientes características:

- Más de 15 m de altura desde el punto más bajo de su fundación hasta la cota de coronamiento.
- Entre 10 m y 15 m de altura desde el punto más bajo de su fundación hasta la cota de coronamiento y que cumplan como mínimo con uno de los requisitos que se mencionan:
 - Capacidad de embalse no menor de 1.000.000 m³
 - Largo de coronamiento no menor de 500 m
 - Capacidad de aliviadero no menor de 2.000 m³/s
 - Diseño inusual
 - Condiciones difíciles de fundación

Del total de emprendimientos mencionados, el 25% tiene a la generación hidroeléctrica por destino ex-

■ FIGURA 9. Participación de los países en la producción hidroeléctrica mundial



➤ FUENTE: ICOLD [Ref. 17]

clusivo del emprendimiento, o como objetivo principal. Es decir, existen actualmente unas 13.000 obras hidroeléctricas, con una potencia hidráulica de 900 GW, a lo cual hay que agregar cerca de 150 GW que están actualmente en construcción, la mayoría en Asia, y fundamentalmente en China. En los últimos años, se han incorporado en el mundo 30 GW en 2012 (el equivalente a casi 10 Yacyretás) y 40 GW en 2013 (casi 13 Yacyretás).

La hidroelectricidad provee cerca del 16% de la energía eléctrica mundial. Por otra parte, esta fuente aporta más del 50% de la matriz eléctrica de 65 países, más del 80% en 32 países y casi el total de la energía eléctrica que demandan 13 países. La participación de los diferentes países en la producción mundial de la misma se muestra en la **Figura 9**.

■ **CUADRO 8.** Características de los aprovechamientos de mayor potencia hidráulica instalada que se encuentran en operación en el mundo.

NOMBRE DEL APROVECHAMIENTO	PAÍS	POTENCIA (GW)	AÑO DE HABILITACIÓN
Three Gorges	China	22,5	2009
Itaipú	Brasil/Paraguay	14,0	1984-2007
Guri	Venezuela	10,2	1986
Tucuruí	Brasil	8,4	1984-2006
Grand Coulee	USA	6,8	1942-1980
S. Shushenskaya	Rusia	6,4	1985-1989
Longtan	China	6,3	2009
Krasnoyarskaya	Rusia	6,0	1972
Robert-Bourassa	Canadá	5,6	1981
Churchill Falls	Canadá	5,4	1971

➤ FUENTE: ICOLD [Ref. 17]

China, con el 19% de la producción global es el país de mayor capacidad hidroeléctrica del mundo, ya en el año 2010 la potencia instalada alcanzaba 220 GW, previendo contar con un total de 300 GW para el año 2020. Le sigue Brasil con el 12%, ubicándose como el segundo país en importancia, cuenta con 82 GW de potencia hidráulica instalada y para el año 2020 prevé tener en operación 114 GW.

A estos dos países les sigue Canadá con el 11% de la producción de hidroelectricidad global, contando con una potencia hidráulica instalada de 70 GW. Estados Unidos de América con el 9% les sigue en importancia.

Rusia produce el 5% de la energía hidroeléctrica global, cuenta con 45 GW de potencia hidráulica instalada, 7 GW están en construcción y otros 12 GW se encuentran en proyecto. Noruega con el 4% y con una potencia hidráulica instalada de 29,5 GW sigue en orden entre los mayores productores de hidroelectricidad, constituyendo mediante esta tecnología la mayor parte de su producción de electricidad.

Le cabe al resto de los países la producción del 40% de la energía hidroeléctrica global. América del Sur (Excluido Brasil) aporta sólo el 3% y dentro de la re-

gión, Argentina posee una potencia hidráulica instalada de sólo 11 GW.

Para más datos, en el **Cuadro 8** se indican las características de los aprovechamientos de mayor potencia hidráulica instalada que se encuentran en operación en el mundo, y en el **Cuadro 9** se indican las características de los aprovechamientos de ma-

■ **CUADRO 9.** Características de los aprovechamientos de mayor potencia hidráulica que se encuentran actualmente en construcción en el mundo.

NOMBRE DEL APROVECHAMIENTO	PAÍS	POTENCIA (GW)	AÑO DE FINALIZACIÓN ESTIMADO
Xiluodu	China	13,8	2017
Belo Monte	Brasil	11,2	2015
Xiangjiaba	China	6,4	2015
Nuozhadu	China	5,8	2017
Jinping-2	China	4,8	2014
Jirau	Brasil	3,7	2015
Jinping-1	China	3,6	2014
Sao Antonio	Brasil	3,1	2015
Boguchanskaya	Rusia	3,0	2014

➤ FUENTE: ICOLD [Ref. 17]

yor potencia hidráulica que se encuentran actualmente en construcción en el mundo.

Finalmente cabe acotar que se estima que ha sido aprovechado sólo el 30 % del potencial hidroeléctrico mundial identificado [Ref. 2]. Transformar el potencial hidroeléctrico subaprovechado en una realidad permitirá ahorrar importantes cantidades de combustibles fósiles, reducir sustancialmente las emisiones de gases de combustión [Ref. 1] y perfeccionar la gestión de los recursos hídricos, favoreciendo el uso multipropósito del recurso agua en beneficio del desarrollo humano.

7.2 Ventajas de la generación hidroeléctrica

Al observar la gran participación que tiene este tipo de fuente de energía es interesante mencionar los conceptos vertidos sobre este tipo de generación que fueron consensuados por representantes de más de 170 países tanto en la Conferencia de la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sustentable de Johannesburgo, Sudáfrica, 2002, como en el Tercer Foro Mundial del Agua de Kyoto, Japón, 2003, [Ref. 18] que son indicados en el Cuadro 10.

■ CUADRO 10. Argumentos a favor de la generación hidroeléctrica.

CONCEPTOS CONSENSUADOS EN LA CONFERENCIA DE LA CUMBRE MUNDIAL SOBRE DESARROLLO SUSTENTABLE DE JOHANNESBURGO 2002 Y EN EL TERCER FORO MUNDIAL DEL AGUA DE KYOTO 2003.	
ES RECONOCIDA COMO UNA FUENTE RENOVABLE DE ENERGÍA	La hidroelectricidad aprovecha la energía del agua de los ríos para producir electricidad sin reducir la cantidad de la misma, por este motivo todos los emprendimientos hidroeléctricos, de pequeño o gran porte, de pasada o de almacenamiento, se encuadran dentro del concepto de fuente de energía renovable.
VIABILIZA LA UTILIZACIÓN DE OTRAS FUENTES RENOVABLES	Las centrales hidroeléctricas con embalses ofrecen flexibilidad operacional incomparable ya que pueden responder inmediatamente ante las fluctuaciones de la demanda eléctrica, viabilizando la utilización de otras fuentes renovables como las eólicas o las solares.
CONTRIBUYE AL ALMACENAMIENTO DE AGUA PARA DIFERENTES USOS	Los embalses creados por estos aprovechamientos almacenan el agua precipitada en la cuenca de aporte, la que puede entonces ser utilizada para consumo humano, para riego o para uso industrial, evitando así el agotamiento de los acuíferos y reduciendo la vulnerabilidad a las inundaciones y sequías.
AUMENTA LA ESTABILIDAD Y LA CONFIABILIDAD DEL SISTEMA ELÉCTRICO	La operación de los sistemas eléctricos depende de fuentes de generación rápidas y flexibles para atender las demandas pico, mantener los niveles de tensión del sistema y restablecer prontamente el suministro después de una falla. La energía generada por las plantas hidroeléctricas puede ser incorporada al sistema eléctrico más rápidamente que la de cualquiera de las otras fuentes energéticas empleadas.
AYUDA A MORIGERAR CAMBIOS REGISTRADOS EN LOS SISTEMAS CLIMÁTICOS	La hidroelectricidad puede ayudar a retardar el calentamiento global en razón de que su ciclo de vida produce reducidas cantidades de gases de efecto invernadero
MEJORA EL AIRE QUE RESPIRAMOS	Las usinas hidroeléctricas no producen contaminantes del aire y no generan subproductos tóxicos. Muy frecuentemente, ellas sustituyen la generación de energía eléctrica a partir de combustibles fósiles, reduciendo así la lluvia ácida y el humo.
SIGNIFICA ENERGÍA LIMPIA Y ECONÓMICA PARA HOY Y MAÑANA	Con un promedio de vida útil de entre 50 a 100 años, los emprendimientos hidroeléctricos son inversiones de largo plazo que pueden beneficiar a varias generaciones. Se pueden actualizar fácilmente con la incorporación de tecnologías más recientes, y tienen bajos costos de operación y mantenimiento.
ES ASUMIDA COMO UN IMPORTANTE INSTRUMENTO PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE	Los emprendimientos hidroeléctricos que son desarrollados y operados de manera económicamente viable, ambientalmente sensata y socialmente responsable, representan desarrollo sostenible en su mejor concepción.

Para ser ecuanímes al momento de decidir qué tipo de tecnología conviene adoptar para la producción de energía eléctrica, es apropiado tener en cuenta el balance energético final de las tecnologías para generación eléctrica, para lo cual es menester recurrir a indicadores que permitan medir la eficiencia real de las diferentes alternativas empleadas para tal fin.

Al respecto se puede recurrir a la denominada “Relación de Recuperación de Energía” [Ref. 17], cuyos rangos de valores para algunas tecnologías alternativas pueden apreciarse en el **Cuadro 11**.

Este indicador resulta ser la relación entre la energía producida durante la vida útil de la planta y la requerida para construirla, operarla, mantenerla y alimentarla de combustible durante el mismo período. En resumen, nos muestra la performance asociada al mediano y largo plazo, comprobándose que el balance energético final de las centrales hidroeléctricas es significativamente más beneficioso que el del resto de las alternativas existentes, ya que produce entre 200 y 280 veces la energía consumida.

■ **CUADRO 11.** Relación de Recuperación de Energía.

ALGUNAS TECNOLOGÍAS ALTERNATIVAS	ESTIMACIÓN	
	ALTA	BAJA
Hidroeléctrica con embalse	280,0	206,0
Hidroeléctrica de pasada	267,0	170,0
Eólica	34,0	18,0
Nuclear	16,0	14,0
Biomasa	5,0	3,0
Solar	6,0	3,0
Carbón convencional	5,1	2,5
Carbón con captura de CO ₂	3,3	1,6

➤ **FUENTE:** ICOLD [Ref. 17]

Lo mencionado puede ser visualizado claramente como un beneficio socio-ambiental, pero también puede ser interpretado como un indicador de un beneficio económico para la sociedad en su conjunto, vinculado con el paradigma de desarrollo sustentable.

PRINCIPALES CONCEPTOS

- En el año 2012 había en operación en el mundo 52.000 aprovechamientos hidráulicos de propósitos múltiples mediante grandes presas destinados a satisfacer necesidades humanas, el 25% tiene a la generación hidroeléctrica por destino exclusivo del emprendimiento, o como objetivo principal.
- La hidroelectricidad aporta más del 50% de la matriz eléctrica de 65 países, más del 80% en 32 países y casi el total de la energía eléctrica que demandan 13 países.
- Canadá, Noruega, entre otros países reconocidos por sus políticas medio ambientales y de bienestar social, tienen a la energía hidroeléctrica como una de sus mayores proveedoras.

8. ALGUNOS CASOS DE BENEFICIOS EMBLEMÁTICOS

8.1 En el mundo

Existen beneficios económicos y sociales tangibles de diverso tipo y magnitud, resultantes de la materialización de los aprovechamientos hídricos directos e indirectos [Ref. 20], siendo los segundos los generados fundamentalmente por su efecto multiplicador.

Las ventajas de las obras hidráulicas mediante presas y sus embalses deben ser consideradas en todos los niveles: local, regional y nacional. La extensión de sus beneficios no se limita sólo a los territorios y poblaciones próximos al emprendimiento.

Generalmente es toda una región, incluso puede ser una nación la que se beneficia. Un buen ejemplo de ello resulta ser la gran presa de Aswan, con su embalse localizado cerca de las fuentes del río Nilo, en Egipto. Esta obra permite manejar los caudales ingresantes para mantener regulado el río y esto es en provecho de todo el país.

Otros ejemplos que pueden citarse son los de varios países del Sudeste Asiático, por caso India e Indonesia, que durante siglos sus poblaciones regularmente padecían hambre cuando las lluvias se retrasaban o eran insuficientes, lo que conllevaba frecuentemente a un gran número de muertes. Gracias a los grandes embalses construidos durante estas últimas cinco décadas, el problema ha sido resuelto con el almacenamiento de grandes cantidades de agua excedente durante las estaciones lluviosas y al aporte regulado de agua en períodos de sequía.

Un ejemplo remarcable del beneficio de la distribución de agua en una zona que sufre de stress hídrico como la de Lesoto, en África meridional, es el proyecto conjunto entre ese país y la vecina República de Sudáfrica. El aprovechamiento permite almacenar agua en varios grandes embalses en la región montañosa de Lesoto, donde se registran lluvias importantes, y luego el agua es empleada para regar las regiones desérticas de Sudáfrica.

Antes de este proyecto, la región de las altas mesetas de Lesoto estaba subdesarrollada y era casi inaccesible; como parte del proyecto se construyeron nuevas carreteras y puentes para el tráfico de vehículos pesados, fueron mejoradas de manera substancial las redes de electricidad y de telecomunicaciones, se edificaron escuelas, se introdujeron servicios sanitarios públicos y programas de salud; infraestructura que sigue funcionando actualmente en esta región para usufructo de la comunidad.

Otro ejemplo es la presa Hoover, en EEUU. Su importancia no estriba sólo en sus dimensiones. Por encima de todo, por los beneficios que toda la región del bajo Colorado y sus zonas aledañas obtuvieron de su realización. En primer lugar se ha conseguido controlar eficazmente las crecidas del río. Las aguas del Colorado, en otro tiempo fangosas y que periódicamente asolaban con sus crecidas a Nevada y Arizona, río abajo, se recogen en el lago Mead; constituyéndose en una reserva para la irrigación de 800.000 hectáreas de terreno fértil. A pesar de lo caluroso del clima, es destinado al cultivo de verduras y frutas, hasta el punto de poder satisfacer las necesidades de una parte importante de la nación.

La presa ha resuelto, asimismo, el aprovisionamiento de agua para usos domésticos e industriales en una región semiárida que siempre encontró serios obstáculos en su desarrollo económico por la grave carencia de recursos hídricos. Resultaron favorecidas 13 grandes ciudades y 150 poblaciones menores. Por otra parte, la presa permitió eliminar cientos de miles de toneladas de sedimentos, que obstruían canales y redes de riego de quienes intentaban utilizar sus aguas. Entre otras ventajas aportadas, ha sido la creación de un parque nacional que comprende todos los terrenos que se extienden en torno al lago Mead y las orillas del Colorado. Gracias a las favorables condiciones climáticas, en este parque se desarrollan actividades de turismo y recreativas de todo tipo. Lógicamente de ello han derivado incluso beneficios concretos a favor de la protección del medio ambiente. Finalmente, otro importante beneficio ha sido la producción de energía a bajo costo.

La agricultura utiliza cantidades importantes y confiables de agua, lo que es posible gracias a los sistemas de riego. Para el año 2025 se prevé que las necesidades de agua van a acrecentarse en un 50% respecto de las actuales, por lo tanto los embalses creados por los aprovechamientos hidráulicos serán el medio que permitirá satisfacer estas nuevas demandas. Los procesos industriales claves para el desarrollo y crecimiento de un país, requieren energía y cantidades importantes de agua a bajo costo para poder funcionar eficazmente, que luego de ser utilizada debe ser tratada adecuadamente, previo a su descarga, para evitar la contaminación de los cuerpos de agua.

La energía hidroeléctrica es un medio eficaz, económico y limpio para morigerar el problema de la pobreza en muchas regiones. Sao Paulo, en Brasil, es un ejemplo de ciudad de América del Sur con una población, incluida su área metropolitana, de unos 22 millones de habitantes, gran parte de la cual posee ingresos modestos. La provisión de electricidad está prácticamente basada en la energía hidroeléctrica barata, circunstancia que ha facilitado la creación de nuevos empleos y mejorado a su vez el nivel de vida general.

La navegación es el medio de transporte que consume menos combustible y que menos contamina para transportar grandes volúmenes de carga. Se estima que el transporte por carretera necesita 10 veces y el tren 5 veces más combustible que el consumido por el transporte de carga sobre barcazas. Por ello, la navegación fluvial contribuye a la reducción de emisión de gases de efecto invernadero y atenúa también los efectos del calentamiento global.

Son pocos los ríos naturalmente navegables a causa de obstáculos tales como rápidos, saltos, la velocidad excesiva de la corriente o escasa profundidad; para superar estos problemas se construyen esclusas, presas y estructuras de vigilancia.

8.2 En la Argentina

Resulta importante destacar casos específicos de la República Argentina, en cuanto a las mejoras introducidas en los diversos usos por la presencia de aprovechamientos y/o obras singulares. A título de ejemplo, se mencionan algunas cuencas hídricas emblemáticas, que han mostrado incidencias beneficiosas de las obras y acciones emprendidas.

8.2.1 Región del Comahue

Esta región, emplazada en el Norte de la Patagonia Argentina, abarca las cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro, principal recurso hídrico con recorrido íntegramente dentro del territorio nacional.

En este sistema hídrico se incorporaron a partir de 1972 importantes aprovechamientos hidráulicos multipropósito con embalses, a saber: en el río Limay y desde la alta cuenca hacia aguas abajo: Alicurá, Piedra del Águila, Pichi Picún Leufú, El Chocón y Arroyito, mientras que en el río Neuquén se incorporaron el Complejo Cerros Colorados y la presa compensadora El Chañar.

Fundamentalmente las funciones que cumplen tales obras son, además de la generación de energía (salvo la presa El Chañar, que no está equipada con esa instalación), las de control de crecidas, y las de regulación de caudales para abastecimiento de los siste-

mas de riego del Alto Valle, del Valle Medio y del Valle Inferior del río Negro.

A lo largo de estos ríos y aguas abajo de las presas de Arroyito en el río Limay y El Chañar, en el río Neuquén existe una gran cantidad de ciudades y localidades de menor envergadura, todas asentadas tanto a la vera de estos ríos como a la del río Negro, que es el colector de ambos tributarios.

El Alto Valle del río Negro, por su clima semiárido, constituye una importante zona con cultivos predominantes, tales como: manzanos, perales, frutales de carozo y viñedos, con gran necesidad de abastecimiento de riego. La demanda para el río Neuquén está representada por las necesidades de los Consorcios de Riego de Campo Grande, Vista Alegre y Centenario, más las necesidades propias del Alto Valle, abastecidas por el dique Ing. R. Ballester, que es cabecera del sistema de riego, más un caudal remanente aguas abajo del mencionado dique, que satisface los requerimientos de las localidades ribereñas y las necesidades ecológicas y ambientales.

La incorporación de las obras antes mencionadas trajo los siguientes beneficios para la región [Ref. 21]:

- *El aumento de la garantía de la disponibilidad de caudales destinados al riego:* Esta es una de las consecuencias relevantes por su gravitación en la fruticultura, por cuanto la regulación que posibilitan los embalses se traduce en un sensible aumento de la oferta de caudales en época de estiaje de los ríos (febrero a abril), coincidente con la temporada de riego de los cultivos.
- *La atenuación de crecidas:* La disponibilidad de embalses con significativos volúmenes destinados a atenuar las crecidas en los ríos Limay, Neuquén y Negro, ha provocado la consiguiente disminución de su ocurrencia en los valles ubicados aguas abajo de las presas.

Una evaluación de los beneficios por los daños evitados durante el período 1972-99, solamente en el área rural del Alto Valle del río Negro, debido a los efectos de las obras de regulación en la atenuación de

las crecidas de los ríos Neuquén y Negro, y en la moderación de los estiajes estivales en el río Neuquén dio como resultado que el 92% de los mismos corresponde a los daños evitados por crecidas y el restante 8 % a los evitados por asegurar el agua para riego durante los estiajes. No se tuvieron en cuenta para ese análisis los efectos de las inundaciones sobre las ciudades, industrias y obras de infraestructura en general que seguramente hubiera aumentado todavía más el porcentual de beneficios por los daños evitados por crecidas.

Pueden citarse dos beneficios más, uno es el aumento del valor inmobiliario de las tierras que antes se inundaban con frecuencia; el otro se refiere al aprovechamiento de los espejos de agua para el ocio y la navegación lacustre. Puede citarse en este sentido el aprovechamiento por la comunidad del perillago del embalse Mari Menuco, donde se han construido viviendas de descanso e incorporado varios clubes náuticos.

8.2.2 Cuencas hídricas de la región de Cuyo

La región de Cuyo, zona semiárida del centro-oeste de la Argentina, cuenta con un promedio de lluvias del orden de sólo 250 mm anuales. Seis cuencas hídricas, alimentadas por los deshielos cuentan con obras hidráulicas de propósitos múltiples: en la Provincia de Mendoza las de los ríos Mendoza, Tunuyán, Atuel y Diamante, y en la Provincia de San Juan la del río San Juan y la del río Jachal. De la adecuada administración y cuidado del recurso hídrico que ofrecen estas cuencas, depende la vida en los oasis que disponen ambas provincias ya que una reducida superficie de sus territorios está disponible para el asentamiento poblacional, el desarrollo de actividades agrícolas e industriales, resultando árido el resto.

En la Provincia de Mendoza, el Sistema Diamante está conformado por tres presas y embalses: Agua del Toro, Los Reyunos y El Tigre, y sobre el río Atuel, el Sistema Los Nihuales está conformado por cuatro presas: Nihuil I, que cuenta con embalse; Nihuil II y Nihuil III y por último Valle Grande, con su central hidroeléctrica Nihuil IV, posee un embalse que tie-

ne funciones de compensar los caudales de descarga de las centrales que integran el sistema, adecuando las descargas a los requerimientos de riego. En su mayoría están destinadas al control de crecidas, favorecer el abastecimiento para riego y la generación hidroeléctrica. Aguas abajo de la presa Valle Grande, en el río Atuel se desarrollan actividades de recreación, turismo y deportes de aventura entre los que se destaca el rafting.

Sobre el río Mendoza se emplaza la presa Potrerillos, destinada a la regulación de caudales del río, al mejoramiento de la dotación de agua potable a la población del Gran Mendoza y a la generación de energía y al desarrollo turístico. Esta última función fomentó la recreación y los deportes de aventura y la pesca deportiva aprovechando la abundancia existente aguas abajo de la obra.

Siempre en la misma provincia y sobre el río Tunuyán se emplaza la presa con embalse Carrizal, destinado a regular el caudal del río, al riego de una región muy árida y a generar de energía. Aprovechando su embalse se propició el desarrollo de actividades náuticas como windsurf, esquí acuático y la pesca, sirviendo así al fomento del turismo en la región aledaña.

En la Provincia de San Juan, sobre el río Jachal, se encuentra el aprovechamiento Cuesta del Viento y sobre el río San Juan los aprovechamientos Caracoles y Quebrada de Ullum, destinados a regular los caudales de los ríos, asegurar el agua para riego y generar hidroelectricidad.

8.2.3 Curso medio del río Paraná

En el curso medio del río Paraná se emplazó el aprovechamiento hidroeléctrico Yacyretá, llevado a cabo entre la República Argentina y la República del Paraguay, que fue puesto en servicio en 1994, cuando se alcanzó el nivel del embalse a la cota intermedia de 76 m.s.n.m. Esta situación se mantuvo hasta abril de 2006, fecha en la cual se fueron destrabando limitaciones de índole ambiental del área de influencia de la obra y se tomaron decisiones de inversión, lo que en forma gradual permitió el ascenso del nivel del

embalse para alcanzar en febrero de 2011 la cota definitiva de proyecto, 83 m.s.n.m.

Durante dicho proceso fue necesario liberar zonas a ser inundadas por el embalse, realizar las obras y acciones necesarias para mitigar y compensar impactos ambientales negativos, reponiendo tanto obras de infraestructura como la trama urbana de las ciudades involucradas. Es decir se encararon obras y acciones para el fortalecimiento tanto del desarrollo urbano-territorial como del desarrollo ambiental, en ambas márgenes.

Cabe mencionar que como parte del programa de terminación de Yacyretá [Ref. 22] se realizaron significativas inversiones en infraestructura, sobre ciudades importantes, como son el Área Metropolitana de Posadas en la Provincia de Misiones, Argentina y de Encarnación en el Departamento de Itapúa, Paraguay, sin dejar de mencionar que fueron encarados trabajos de mitigación en diferentes áreas urbanas y rurales con diversos niveles de afectación.

En total se reasentaron 7.680 familias argentinas y 11.520 familias paraguayas; se construyeron diversos complejos habitacionales, con un total de 7.400 viviendas en Argentina y 6.850 viviendas en Paraguay. Por otra parte se realizaron distintos trabajos, tales como remoción de biomasa vegetal, protecciones en roca de ambas márgenes del río, enripiado de caminos vecinales, pavimentación de obras viales de recomposición de trama urbana, puentes y accesos, nueva infraestructura ferroviaria, portuaria y de saneamiento, además de la reposición de edificios públicos y mobiliario urbano, entre otros.

Todo este programa de trabajos permitió una transformación del paisaje costero de diversas ciudades involucradas y beneficios en términos ambientales, urbanos, culturales, recreativos de toda el área de influencia de la obra, para beneficio de las poblaciones.

8.2.4 Curso medio del río Uruguay

En el curso medio del río Uruguay, aguas arriba de las ciudades de Concordia y Salto se encuentra emplazado el aprovechamiento hidroeléctrico de Salto

Grande, emprendimiento destinado primordialmente a la generación de energía eléctrica, llevado adelante por la República Argentina y la República Oriental del Uruguay, que entró en servicio en el año 1979.

La zona de influencia de Salto Grande comprende seis ciudades que se vinculan con el surgimiento y desarrollo de la presa y embalse, a saber: Concordia, Federación y Santa Ana en la Provincia de Entre Ríos, República Argentina y Salto, Villa Constitución y Belén en el Departamento de Salto, República Oriental del Uruguay.

La creación del embalse repercutió en todo el medio ambiente, particularmente con las actividades humanas, pues significó el traslado de poblaciones: Federación del lado argentino y Belén y Constitución del lado uruguayo. Cuando comenzó la construcción de la presa, la ciudad de Federación tenía del orden de 5.000 habitantes, que fueron reasentados en lo que hoy se denomina Nueva Federación, ciudad moderna que cuenta con las primeras termas de Entre Ríos, que le dieron impulso económico y turístico a la nueva comarca. En el caso uruguayo se trató de reasentar a la población afectada dentro de los límites mismos de ambos conglomerados.

Con la operación de la Central Hidroeléctrica se producen períodos de ascenso y descenso de los niveles

del embalse, alterando en alguna medida las costas y afectando la vida acuática. Para mitigarlo, la entidad lleva adelante evaluaciones sobre éstos y otros temas ambientales, e interviene con acciones directas para contrarrestar esas afectaciones.

Pese a que en la zona el régimen de precipitaciones corresponde a un clima subtropical húmedo, en algunos meses hay déficit hídrico para ciertos cultivos, aspecto que es compensado abasteciendo de agua desde el embalse.

La materialización de la presa permitió la vinculación terrestre binacional, tanto vial como ferroviaria. Asimismo se ha previsto una escala de peces, permitiendo a los peces migradores su traslado hacia aguas arriba. Otro objetivo previsto e inconcluso en el proyecto original de esta obra fue facilitar la navegación fluvial para lo cual se previó un sistema de navegación que incluyó una esclusa, un canal de navegación, más otra esclusa para retomar el cauce, salvando otro impedimento, el Salto Chico.

El río Uruguay es navegable entre el río de la Plata y los puertos de Concordia y Salto; de completarse esta parte de la obra se facilitará la navegación del río Alto Uruguay pudiendo superar los puertos mencionados, obteniendo así una herramienta para el transporte fluvial para beneficio de ambos países.

PRINCIPALES CONCEPTOS

- Existen beneficios económicos y sociales tangibles de diverso tipo y magnitud, resultantes de la materialización de los aprovechamientos hídricos.
- Las ventajas de las obras hidráulicas mediante presas y sus embalses deben ser consideradas en todos los niveles: local, regional y nacional. Generalmente es toda una región, y la nación la que se beneficia.
- Un buen ejemplo de ello resultan ser las presas de Aswan en Egipto, la presa Hoover en EEUU, las del Sudeste Asiático, y en la Argentina, las de la región del Comahue, de Cuyo, entre otras, en provecho de todo el país.

9. LA PERCEPCIÓN SOCIAL DE LOS APROVECHAMIENTOS HIDROELÉCTRICOS

9.1 Estado de situación

El debate sobre las obras de ingeniería en general, y las obras de infraestructura hidráulica en particular, ha dejado de ser una competencia exclusiva de los ámbitos técnicos para ser parte de una agenda social más amplia. Las legislaciones nacionales y provinciales (como la Ley General del Ambiente, entre otras) han acompañado este cambio de perspectiva, garantizando derechos de acceso a la información y de participación social, como correlato de una profundización de las prácticas democráticas.

Estos cambios deben considerarse sin dudas como positivos, ya que los aspectos estrictamente técnicos, económicos o políticos no son, ni deben ser por sí solos, los únicos factores a tener en cuenta a la hora de planificar o ejecutar una obra. Por el contrario, los proyectos y la construcción de estas obras, como toda infraestructura estratégica para un país, debe evaluarse en un escenario de múltiples miradas y en forma transdisciplinaria.

En ese marco, debe replantearse la forma en que estos proyectos son debatidos y así atender los cuestionamientos que sobre éstos podrían esgrimirse, ya que en algunos casos suelen tener una consideración negativa en ciertos segmentos de la sociedad,

en particular en las poblaciones afectadas o cercanas a las obras, en base a argumentos que –en muchos casos– carecen de suficiente sustento técnico.

Por ello es necesario preguntarse por qué parte de la población, los medios de comunicación y diferentes organizaciones de la sociedad adhieren a un discurso cuestionador sobre las presas y, a su vez, pensar cuál es o debiera ser el rol de las instituciones técnicas, gubernamentales, económicas y sociales para promover un debate y tratamiento, teniendo en cuenta los intereses del país y de las regiones donde se asientan las obras proyectadas.

9.2 Características propias

Los proyectos, estudios y construcción de los aprovechamientos hidroeléctricos tienen algunas características particulares que hacen que sea un tema más proclive a ser expuesto ante la opinión pública y la agenda social, independientemente del grado de afectación que éstos tengan sobre el ambiente:

- ➔ *Impactos puntuales sobre un territorio determinado:* A diferencia de otros problemas ambientales de primera magnitud que tienen un efecto difuso (como la desertización por causa de erosión o la invasión de especies exóticas por agua de lastre⁵,

5. Los ejemplos citados constituyen problemas ambientales de primer orden que, sin embargo, prácticamente no aparecen en la agenda social; menos aún el caso de la invasión de especies exóticas por agua de lastre, producto del comercio internacional de mercancías. Este problema se produce cuando los barcos cargan agua para lastre (peso para estabilizar las embarcaciones) en sus puertos de origen y descargan esa agua, junto con especies que son exóticas en los ecosistemas acuáticos de destino. Si bien gran parte de esas especies no sobreviven, algunas de ellas logra prosperar, sin que encuentre en el nuevo ecosistema un depredador natural y, por lo tanto, se convierte en plagas de difícil control. Tal es el caso del mejillón dorado en la Cuenca del Plata.

entre otros), el impacto ambiental de una presa se registra principalmente sobre un espacio territorial concreto y delimitado. En general, toda afectación puntual del ambiente tendrá mayor visibilidad social que una afectación difusa y, por lo tanto, provocar más fácilmente una imagen negativa.

- *Alta visibilidad de las obras:* La escala de las obras es tal, que por sí misma movilizan, al menos, a las poblaciones aledañas, ya sea con posturas a favor o en contra. Por lo tanto, una presa se constituye en el ícono de un debate que involucra a todos y que exige un posicionamiento de las sociedades afectadas.
- *Noticiabilidad de las protestas:* Los medios masivos de comunicación dan prioridad a las protestas y a los conflictos, ya que ellos tienen mayor potencial como noticia. Por su parte, los grupos que se oponen a estas obras, concentrados o no en organizaciones de la sociedad civil, suelen tener competencias comunicacionales más ágiles que los organismos promotores de las obras, lo que redundará en una mayor visibilidad de los aspectos negativos, tengan o no sustento científico-técnico.
- *Protestas ligadas al territorio:* Es un rasgo característico de los movimientos sociales en Latinoa-

mérica que las cuestiones territoriales tengan un peso determinante en las protestas, por lo que el impacto que las presas tienen en la dinámica de una determinada región se constituyen en un foco privilegiado de los reclamos.

- *Procesos de reasentamiento de población:* La necesidad de reasentamiento de población, en aquellas zonas donde los embalses ocuparán áreas pobladas, constituye un tema de alta sensibilidad, que requiere de procesos de negociación claros con los afectados, garantizando sus derechos. En varias ocasiones, las marchas y contramarchas de los proyectos, y los prolongados períodos de gestión, afectan la confianza hacia los organismos que llevan adelante esta tarea, derivando en conflictos de difícil resolución.
- *Concentran grandes inversiones:* Las grandes obras tienen actualmente que sortear, en primer término, una actitud generalizada de desconfianza que en vez de focalizarse sobre el tema que la provoca (el control de los gastos de recursos del Estado), se expande hacia otras cuestiones, como lo ambiental.

Además de los factores enumerados, es preciso reconocer que en el pasado no se exigía un manejo

■ FOTO 8. Arroyito



de las cuestiones sociales o ambientales con la profundidad y características que hoy se requiere. Quizás, para alentar una mejor comprensión del tema, la presentación de un proyecto debería incorporar una lectura crítica de las experiencias del pasado, exponiendo explícitamente los nuevos principios y marcos normativos sobre los que se basan los proyectos en marcha.

9.3 Presas en zonas desérticas y húmedas

Lo expresado en los puntos anteriores es válido, en términos generales, para cualquier obra hidráulica, pero es preciso hacer una distinción importante.

Si bien una presa, en tanto infraestructura para el manejo del agua, puede tener ciertas características técnicas comunes, si se construye en una zona desértica o en una zona húmeda, desde el punto de vista de la opinión pública son dos situaciones que presentan diferencias y que es necesario analizar y atender adecuadamente.

En las zonas desérticas, como la región andina, central o en la patagonia argentina, las presas constituyen la posibilidad misma para desarrollar cualquier actividad humana. Los habitantes de estas regiones saben, a través de la propia experiencia, que la disponibilidad de agua en forma permanente a lo largo del año es la condición primera para el desarrollo de la vida y de la producción.

Aún las presas de zonas desérticas cuyo principal uso es la generación eléctrica –como lo son las grandes hidroeléctricas del Comahue: El Chocón, Piedra del Águila, Alicurá, entre otras– conforman reservorios de agua que, raramente, son cuestionados por las poblaciones aledañas. Lo que, por supuesto, no excluye cuestionamientos puntuales que puedan existir sobre aspectos específicos.

En cambio, en las zonas húmedas, al no ser fácilmente apreciadas las ventajas para las poblaciones aledañas, los proyectos constituyen en primer término un factor de incertidumbre que modifica (en forma real o proyectada) algún aspecto del estilo de vida

de una comunidad, siendo sus beneficios percibidos en forma indirecta e, incluso, considerándose que los mismos son “para otros”.

Efectivamente, las presas de zonas húmedas constituyen para la percepción social local un caso de “industria extractiva”, ya que se considera que el resultado del emprendimiento (la energía eléctrica) estará destinada a los grandes centros de consumo y no a las zonas en la que las obras se construyen. Esta cuestión dispara o alimenta viejas tensiones entre lo local y lo nacional, por lo que los debates resignan los argumentos específicos para entrar en terrenos donde priman lógicas irreductibles.

La influencia de otros factores resultantes del proyecto, tales como control de inundaciones, recuperación de tierras inundables, desarrollo territorial y urbano, suministro de agua potable, industrias, interconexión vial, facilidades para la navegación, desarrollo del turismo, etc. no son suficientemente valorizados y apreciados en relación a la mejora en la calidad de vida de las poblaciones locales.

Pero los impactos objetivos sobre los medios social, biótico y físico no explican por completo la diferencia de percepción entre los proyectos de zonas desérticas y húmedas. Respecto de los proyectos hidroeléctricos, la población en general suele percibir de manera disociada la cuestión energética (con un amplio consenso sobre la importancia de la electricidad) con sus posibles soluciones. Tal es así que en el imaginario social existen ciertas alternativas consideradas “más ecológicas” que las presas para la generación eléctrica, desconociendo las características técnicas específicas de cada tecnología, y poniéndolas a unas y a otras como opciones excluyentes.

A su vez, es importante discernir entre los argumentos atendibles, que representan inquietudes genuinas de diversos sectores, de aquellas posturas que, si bien pueden ser válidas en un contexto diferente, no se pueden extrapolar inocentemente a la realidad local o nacional.

9.4 Desafíos para la comunicación

Lograr una evaluación seria y profunda sobre cada alternativa de generación, incluyendo la hidroeléctrica, que contemple acabadamente los intereses del país y de las regiones donde se asientan los proyectos, es fundamental para poder llevar adelante obras que sean las más convenientes desde los puntos de vista económico, social y ambiental.

Es importante que en la agenda social sobre el desarrollo hidroeléctrico estén representadas todas las opiniones, poniendo de relieve todos los aspectos que están involucrados en las obras de este tipo: los costos integrales de cada alternativa de generación, la existencia o necesidad de subsidios para las diferentes opciones, las ventajas competitivas para el

país, el impacto sobre el desarrollo local y regional y los aspectos geopolíticos, entre otros.

Ello implicará que las organizaciones técnicas, los medios de comunicación, las organizaciones de la sociedad civil y los organismos del Estado deban ejercitar una mirada más amplia sobre el tema, comprender y debatir argumentos de distinta naturaleza y legitimar instancias de participación social.

En la actualidad, la ejecución de un proyecto hidráulico que resulte claramente positivo desde el punto de vista técnico será viable, primordialmente, si se logra un exitoso proceso de aceptación social, en el cual las comunidades, los promotores de las obras y las empresas ejecutoras demuestren competencias para el diálogo y la construcción de instancias de consenso.

■ FOTO 9. Aisol



PRINCIPALES CONCEPTOS

- El acceso a la información y la participación social son parte de los procesos de viabilidad social de las grandes obras.
- El debate sobre las presas debe incorporar una visión amplia, considerando todos los aspectos involucrados y los intereses estratégicos del país.
- Es importante acumular experiencias de construcción de consensos, que todos los sectores desarrollen competencias para el diálogo y legitimar los espacios de participación.

10. CONSIDERACIONES FINALES

En un contexto global con recursos naturales no renovables sobreexplotados, y con una preocupación creciente por los gases de efecto invernadero emitidos a la atmósfera, los aprovechamientos hidroeléctricos presentan características destacables:

- Existe aún un gran potencial hidráulico aprovechable para fines de generación eléctrica, en distintos países del mundo, incluido el nuestro (Punto 6.2)
- La hidroelectricidad constituye la principal alternativa a la generación en base a la quema de combustibles fósiles, responsable a nivel global del mayor porcentaje de gases de efecto invernadero (**Cuadro 2**)
- Constituyen una fuente de generación de energía de bajo costo, eficiente, no contaminante y con múltiples ventajas operativas (Puntos 5.2 y 7.2)
- Por las características de las obras, se aplican sobre ellas los más rigurosos estudios y planes de gestión socio-ambiental (Cap. 5)
- Pueden significar un impulso importante al desarrollo local y regional (Cap. 8)

Está claro que la necesidad de cubrir demandas energéticas crecientes es un hecho irrefutable. En ese escenario, es importante preguntarse de qué manera el país podrá responder a dicha demanda, y en particular, cuál puede ser el aporte de la hidroelectricidad.

En tal sentido se consideran destacables los siguientes aspectos:

- Se deberá concretar un plan de obras hidroeléctricas que implicará para Argentina un esfuerzo técnico, económico, financiero y de gestión importante, que obliga a tratar el tema cuanto antes y dentro de una planificación energética global de largo plazo. De materializarse ello sin dudas redundará en un positivo efecto macroeconómico, con un fuerte impacto en la economía del país y de la región donde se implanten los proyectos, por la incorporación de nuevas fuentes de trabajo con gran demanda de insumos de origen nacional, personal técnico calificado y mano de obra intensiva.
- Frente al actual predominio del uso de recursos fósiles no renovables en la generación eléctrica de Argentina, y con una visión de futuro de mayor sustentabilidad, sería deseable una matriz que incluya una proporción de fuentes de energía adecuada a las disponibilidades de recursos naturales del país. En ese sentido, el aprovechamiento de los recursos hídricos disponibles a través de las presas permitiría la utilización de una fuente limpia y barata, y lograr además un uso más eficiente del agua.
- Aunque no brinda una solución de fondo, también es importante promover un uso racional de la energía, incorporando programas de eficiencia energética que mitiguen, en cierta medida y en el largo plazo, las limitaciones de oferta que pueda presentar el parque generador.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **"SOURCES OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS"**, Agencia Ambiental de Estados Unidos; Datos del 2012.
2. **"DECLARACIÓN MUNDIAL SOBRE ALMACENAMIENTO DE AGUA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE"**, Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD), Comisión Internacional de Riego y Drenaje (ICID), Asociación Internacional de Hidroenergía (IHA) y Asociación Internacional de Recursos Hídricos (IWRA), Kyoto, Japón, junio, 2012.
3. **"REGISTRO DE GRANDES PRESAS DE ARGENTINA"**, Comité Argentino de Presas.
4. **"VALORES DEL ÍNDICE DE DESARROLLO HUMANO POR PAÍSES"**, PNUD, marzo, 2013.
5. **"JOINT EFFORTS FOR BETTER DEVELOPMENT OF DAMS AND RESERVOIRS"**, Jia Jinsheng, Presidente de la Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD), Kyoto, Japón, junio, 2012.
6. **"PUBLICACIONES VARIAS"**, Morello - Centro del Agua, 1984 y 2011.
7. **"AGUA Y CULTIVOS LOGRANDO EL USO ÓPTIMO DEL AGUA EN LA AGRICULTURA"** Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Roma, Italia, 2002.
8. **"GASES DE EFECTO INVERNADERO DESDE EMBALSES"**, Malinow, Guillermo V., Buenos Aires, Argentina, abril, 2014.
9. **"EL ORSEP Y LA SEGURIDAD DE PRESAS"**, Bravo, Oscar, Presidente del Organismo Regulador de Seguridad de Presas, Jornadas del CIER, Puerto Iguazú, Argentina, septiembre de 2004.
10. **"INFORMES ANUALES DEL MERCADO ELECTRICO MAYORISTA"**, Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico S.A., CAMMESA.
11. **"ESTIMACIONES Y PROYECCIONES DE POBLACIÓN A LARGO PLAZO 1950-2100 Revisión 2012"**, CELADE - División de Población de la CEPAL, 2012.
12. **"ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL HIDROELÉCTRICO EXPLOTABLE DE ARGENTINA"**, Devoto, G.A; Cardinali, L.M. y Malinow, G.V., 2014 (inédito).
13. **AGENCIA INTERNACIONAL DE ENERGÍA** (IEA), datos febrero 2013 www.iea.org.
14. **"BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL"** Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Río de Janeiro, mayo 2014.
15. **AGENCIA NACIONAL DE ENERGÍA DE BRASIL** (ANEEL, 2014).
16. **"THE ROLE OF DAMS AND HYDROPOWER IN ARGENTINA"** - ORSEP - Ernesto Ortega - 2010.
17. **"DAMS FOR HYDROELECTRIC ENERGY"**, Comité Técnico de Presas para La Energía Hidroeléctrica de la Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD), París, Francia, Diciembre, 2012.
18. **"DIEZ RAZONES PARA ARGUMENTAR A FAVOR DE LA HIDROELECTRICIDAD"**, aspectos consensuados entre participantes de la Conferencia de Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible, Johannesburgo, Sudáfrica, 2002, y del 3º Foro Mundial del Agua, Kyoto, Japón, 2003.
19. **"POTENCIAL Y DESARROLLO HIDROELÉCTRICO ARGENTINO"**, Malinow, Guillermo V., Documento Base Jornadas sobre Economía de la Energía y Planificación Energética, Ciclo 2013, ICAPE-IAE, Buenos Aires, Argentina, octubre, 2013.
20. **"LAS PRESAS Y EL AGUA EN EL MUNDO, UN LIBRO SOBRE EL PAPEL DE LAS PRESAS EN LA GESTIÓN DEL AGUA"**, Comisión Internacional de Grandes Presas - ICOLD, París, Francia, 2007.
21. **"BENEFICIOS PRODUCIDOS POR LAS PRESAS EN EL AREA RURAL DEL ALTO VALLE DEL RIO NEGRO"**, Larreguy, Alberto, et. al., 2001.
22. **"PLAN DE TERMINACIÓN YACYRETÁ. RESUMEN EJECUTIVO"**, Entidad Binacional Yacyretá, diciembre, 2013.



Para asociarse: **www.cadeci.org.ar**
Libertad 1055 Piso 3ro.
(C1012AAV) C.A.B.A. Argentina
Tel. /Fax: (54 11) 4811 8286 / 5246 2849
cadeci@cadeci.org.ar

Miembro Argentino:

