



Universidad Nacional de San Martín
Fundación Innovación y Tecnología (FUNINTEC)
Director: Alberto Pochettino

Programa FUTUROS
Escuela de Posgrado: Agua + Humedales

Agua, energía y ambiente: un desafío para el desarrollo sostenible

(Conferencia)

Por Raúl Antonio Lopardo ¹

Filiación:

¹ Instituto Nacional del Agua, Argentina. Email: rlopardo@ciudad.com.ar.

Registro del capítulo del libro digital

Título del capítulo: Agua, energía y ambiente: un desafío para el desarrollo sostenible

Autor capítulo: Llop, Armando.

Páginas: 242-255

Título del libro: Agua + Humedales

Edición: 1ª edición

Editor: UNSAM Edita.

Serie: Futuros

Fecha de publicación: junio 2018

Páginas: 485

Derechos: Se autoriza la reproducción total o parcial de los contenidos, mencionando la fuente.

Idioma: Español

Identificación y acceso

ISBN: 978-987-4027-68-9

URL: <https://www.funintec.org.ar/contenidos/aguahumedales-es-el-primer-libro-de-la-serie-futuros/>

Cita del capítulo: Lopardo, Raúl Antonio (2018). Agua, energía y ambiente: un desafío para el desarrollo sostenible. En: Universidad Nacional de San Martín y Fundación Innovación Tecnológica (FUNINTEC). *Programa Futuros: Escuela de Posgrado: Agua + Humedales*. (Serie Futuros). Buenos Aires: UNSAM Edita.

Área de conocimiento

Área: Recursos naturales

Categoría: Ciencias ambientales e ingeniería

Palabras clave: AGUA; ALMACENAMIENTO DE AGUA; EMBALSE; CENTRAL HIDROELÉCTRICA; DESARROLLO SOSTENIBLE

Este documento forma parte de la Colección Programa FUTUROS del Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de San Martín, desarrollado por la Biblioteca Central. El propósito es difundir y preservar la producción intelectual de la Institución. Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica y con reconocimiento de la fuente.

Disponible en el Repositorio Institucional de la UNSAM

Lopardo, R. A. (2018) Agua, energía y ambiente: un desafío para el desarrollo sostenible. En: Universidad Nacional de San Martín y Fundación Innovación Tecnológica (FUNINTEC) (2018). *Programa Futuros: Escuela de Posgrado: Agua + Humedales*. (Serie Futuros). Buenos Aires: UNSAM Edita. [En línea] Disponible en: Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de San Martín: Colección Programa Futuros. (PFAH 2018 CLRA) <http://bit.ly/2gDgQLp> [Fecha de consulta:.....]

Lopardo, Raúl Antonio. “Agua, energía y ambiente: un desafío para el desarrollo sostenible”

RESUMEN

Existe una interconexión muy fuerte entre agua y ambiente, por una parte, y agua y desarrollo, por la otra, ambas de características opuestas. La protección de la población y no solo el mejoramiento, sino también el mantenimiento de su nivel de vida, necesitan obras de ingeniería del agua, en particular de producción de energía limpia de bajo costo en gran escala que, como es sabido, pueden perturbar el equilibrio ecológico, altamente sensible. En general se ha demonizado, no siempre con razón, la construcción de “grandes presas” sin hacer mención de que países con la más elevada calidad ambiental utilizan esa fuente para la generación de energía eléctrica.

En el futuro inmediato, tanto para obras hidráulicas importantes como también para las pequeñas hay que estimular los estudios cuantitativos serios acerca de la incidencia sobre el ambiente y apuntalar, de ese modo, con cálculos concretos el discurso sobre la temática ambiental. Por ello, ante los dramáticos cambios que se producen en los campos tecnológico, económico y social en el mundo, resulta necesario introducir alteraciones conceptuales en la formación de los ingenieros, incorporando desde el inicio los factores ambientales como elementos indispensables a tener en cuenta en cada obra de infraestructura propuesta para el desarrollo social.

Palabras clave: *Agua; energía; ambiente; educación; presas.*

ABSTRACT

There exists a close interconnection between water and environment on the one hand, and water and development on the other, presenting opposite characteristics in each case. In order to protect the population and to achieve not only the improvement but also the maintenance of their standard of living, it is necessary to carry out works of water engineering, particularly the large-scale production of clean energy at a low cost; as it is known, this kind of works are capable of disrupting the extremely fragile balance of nature.

The construction of large dams has generally —though not always rightfully— been condemned, but there is usually no mention of the fact that countries that are ranked highest in environmental quality use that source for the generation of electric power.

Major and minor hydraulic projects require that, in the near future, reliable quantitative research on their impact be promoted in order to underpin the discourse on environmental issues with accurate calculations. Consequently, in the face of the dramatic changes occurring worldwide in the fields of technology and economic and social sciences, it is necessary to introduce conceptual changes in the training of engineers through the inclusion, from the very beginning, of environmental factors as key elements that should be considered in every infrastructure project aimed at social development.

Key words: *Water; Energy; Environment; Education; Dams.*

Agua, energía y ambiente: un desafío para el desarrollo sostenible

Raúl Antonio Lopardo¹



1. Introducción

La energía hidroeléctrica es la energía limpia y renovable más utilizada que hoy puede reemplazar los combustibles fósiles, aún para generación de grandes potencias y considerarse la energía primaria más eficiente para la producción de electricidad. Sin embargo, diversos motivos la han alejado sistemáticamente de su elección como alternativa válida para etapas como la de las últimas dos décadas en Argentina, que ahora debe hacer frente a limitación de reservas de combustibles fósiles en plazos muy cortos.

En el pasado se consideraba que los servicios de hidroelectricidad, irrigación, suministro de agua, y control de inundaciones eran suficientes para justificar las importantes inversiones que se realizaban para la construcción de presas. Sin embargo, opositores a estas obras señalan hoy sus impactos adversos, como la carga del endeudamiento, los sobrecostos, el desplazamiento de personas, la destrucción de ecosistemas y recursos pesqueros, la inequitativa distribución de costos y beneficios y hasta el incremento de la corrupción.

Es necesario revalorizar ante la opinión pública la importancia de un adecuado plan de fortalecimiento hidroeléctrico, siempre que se inscriban las obras dentro del criterio universalmente aceptado de desarrollo sustentable, asignando costos a sus impactos, asegurando

¹Instituto Nacional del Agua, Argentina. riopardo@ciudad.com.ar.

las medidas de mitigación y control y difundiendo adecuadamente, a conocimiento de la sociedad en tiempo y forma, los alcances, beneficios y eventuales problemas de cada proyecto.

2. Pasado y presente de la energía hidroeléctrica

Desde la más remota antigüedad, la cultura y el desarrollo integral de los pueblos estuvieron indisolublemente atados a las obras que permitían la utilización del agua para beneficio de la sociedad. Egipto y Asia Menor son fieles reflejo de esas afirmaciones, llegando a materializar presas de derivación, control y preservación de grandes cursos fluviales, que de construirse hoy muy probablemente estarían expuestas a severas críticas de los medios masivos de comunicación y ciertas organizaciones no gubernamentales.

Ya en el Antiguo Testamento (texto hebreo, Dos Reyes, 20, 20) se puede leer que “el resto de la historia de Ezequías, todo su poderío y que construyó el embalse y el acueducto y trajo el agua a la ciudad ¿Acaso no está todo escrito en el libro de las Crónicas de los reyes de Judá?”, haciendo mención a las grandes obras para Jerusalén durante el mandato del rey Ezequías, de 725 a 697 años antes de Cristo [1]. Luego, es posible decir que desde que el hombre ha comenzado su evolución y desarrollo social, la energía del agua, su control y aprovechamiento han estado ligados indisolublemente a su destino.

Las presas intentan satisfacer demandas de desarrollo económico y social, tales como generación eléctrica, irrigación, control de inundaciones y suministro de agua, además de otros beneficios menos relevantes. Antes se consideraba que estos servicios eran suficientes para justificar las importantes inversiones que se realizaban para la construcción de estas grandes estructuras, y a menudo se citaban también otros beneficios, como el impacto de la prosperidad económica en una región debido a las nuevas cosechas múltiples, la electrificación rural, el efecto turístico de los embalses y la expansión de infraestructuras físicas y sociales como carreteras y escuelas. Los beneficios se consideraban evidentes, y cuando se los comparaba con los costos de construcción y operación, en términos económicos y financieros, parecían justificar que las presas eran la alternativa de generación eléctrica más competitiva.

Sin embargo, la relación costo-beneficio se convirtió en una preocupación, debido a la creciente exposición pública de resultados y consecuencias de algunas obras. Existe una muy fuerte interconexión entre agua y ambiente, por una parte, y agua y desarrollo, por la otra, ambas de características opuestas. La protección de la población y no solo el mejoramiento sino el mantenimiento de su nivel de vida, necesitan obras de ingeniería del agua, en particular de producción de energía limpia de bajo costo en gran escala, que como es sabido pueden perturbar el equilibrio ecológico, altamente sensible.

Las consecuencias de obras mal diseñadas y la fuerte influencia de organizaciones no gubernamentales –no siempre independientes– han convertido los impactos de las presas sobre la gente, las cuencas y los ecosistemas, así como sus resultados económicos, en un debate global. Sin embargo, el fin que debe alcanzar cualquier proyecto de generación eléctrica es mejorar de un modo sustentable el bienestar humano, es decir, producir un avance significativo en el desarrollo sobre una base que sea viable económicamente, socialmente equitativa y ambientalmente sustentable. Por lo tanto, si la construcción de una gran presa es el mejor modo de alcanzar este objetivo, merecería ser apoyada [2].

Resulta interesante destacar que, a pesar de las críticas ecologistas, los países centrales, incluyendo los de más alta calidad de vida y atención del ambiente, han aprovechado sus recursos hídricos para la generación de energía eléctrica hasta prácticamente el máximo disponible. En Europa ya casi no se encuentran sitios razonables para la construcción de presas. Noruega, que también cuenta con enormes reservas de petróleo, consume combustibles fósiles apenas para el 2,6% de su matriz energética eléctrica, y las plantas hidroeléctricas generan el 91,1% de la misma. En Canadá, sus grandes cursos de agua permiten la generación del 57% de la energía. En Suecia, casi la mitad de la producción de energía se basa en centrales hidroeléctricas, y un 15% en otras fuentes renovables. Argentina utiliza 59% de energía térmica y solo 33% de hidroeléctrica.

En general se ha demonizado, no siempre con razón, la construcción de “grandes presas” llegando a sorprendentes generalizaciones que, debido a su incoherencia, hacen imposible un debate racional. Por ejemplo, se adjudica a los embalses un impacto negativo por la pérdida de bosques. En el caso de la Argentina, la suma de hectáreas de bosques nativos que

pueden haberse sumergido en todos los embalses del país es absolutamente irrelevante en comparación con la deforestación de esas especies por la tala indiscriminada de más de un siglo y por el avance de la soja en los últimos años. Respecto de la pérdida de la biodiversidad acuática y los recursos pesqueros, es interesante observar que nada se dice numéricamente de este efecto en relación con la acción depredadora de la pesca masiva de especies como la merluza, el calamar y la eliminación de especies no comerciales que ingresan a las artes de pesca. En opinión del autor, la cuantificación es uno de los más relevantes aspectos que poco aparecen en las discusiones sobre impactos ambientales.

Es usual utilizar para el análisis de impactos negativos los proyectos ejecutados con anterioridad a la década de 1970, cuando las obras de infraestructura se materializaban sin contemplar la totalidad de los aspectos ambientales y sociales asociados. En la actualidad, la definición de una presa involucra necesariamente cumplir con los preceptos del desarrollo sustentable, considerando especialmente la disciplina ambiental, asignando costos a los impactos y proponiendo las medidas de mitigación adecuadas.

La Comisión para la Cooperación Ambiental elaboró hace más de quince años un informe en el que se analizaban los datos presentados a los gobiernos de Canadá y los Estados Unidos del muestreo de 21.254 plantas que monitorean sus emisiones de productos químicos, incluidos cancerígenos y neurotóxicos en aire, suelo y agua. Se expresa que cuarenta y seis de los cincuenta mayores contaminadores de América del Norte fueron durante ese año las centrales eléctricas de combustible fósil, que en su conjunto generaron 340.000 toneladas de emisiones tóxicas. Los ácidos clorhídrico y sulfúrico son los productos químicos más comunes emitidos por la quema de carbón y petróleo. Esas centrales son también responsables del 64% de todas las emisiones al aire de mercurio [3].

Por otra parte, para muchos países en vías de desarrollo, la energía hidráulica es el único recurso energético natural de que disponen. Las centrales hidroeléctricas producen más de dos millones de GWh al año, lo cual representa el 20% de la producción mundial de electricidad y aproximadamente el 7% de la producción mundial de energía. Aun contando con las hipótesis más pesimistas, el potencial de energía hidráulica explotable en el mundo es seis veces superior. Además, a menudo

la hidroelectricidad financia otros aprovechamientos que son beneficiosos también para la sociedad. Si se toma en consideración la situación energética actual de la Argentina, se asume un moderado optimismo en cuanto a crecimiento y, por otra parte, se observa su extrema debilidad ante factores que no gobiernan el país. Parece poco razonable no considerar, al menos como alternativa de estudio, con todas las mitigaciones de impacto posibles, la utilización en gran escala de energía hidroeléctrica.

3. Impactos ambientales en grandes presas de embalse

En una reciente publicación [4] fue mencionado el contradictorio caso de la presa de Asuán, sobre el río Nilo, que fuera condenado en la década de 1960 por los medios de comunicación populares y las publicaciones de divulgación. Se alegaban muchas razones, tales como la pérdida de pesca en el Mediterráneo, la expansión de la esquistosomiasis, la salinización de las tierras que serían irrigadas, la erosión de las orillas y lecho del Nilo aguas abajo de la presa, la reducción de la fertilidad en el valle debida a la ausencia de los depósitos de limo y la erosión costera del Delta del Nilo, en su salida al Mediterráneo.

Sin embargo, poco se relacionó la obra con una destacada planificación de rescate histórico y cultural, con el aporte de la comunidad internacional, especialmente de UNESCO. Al inundarse el valle de Abu Simbel, fue necesario trasladar piedra por piedra los dos inmensos templos rupestres de Ramsés II, que se estaban deteriorando significativamente antes de que se proyectara la obra.

En el año 1993, tras aproximadamente treinta años de funcionamiento de la obra, el Dr. Mahmoud Abu-Zeid, presidente del Centro de Investigaciones Hídricas de Egipto y reconocido investigador en la especialidad, publicó una evaluación de los efectos ambientales y sociales de la presa de Asuán [5]. Allí expuso que la presa permite almacenar el doble del caudal medio anual del Nilo, es decir que el hombre hoy controla casi totalmente su régimen, lo que salvó a Egipto de los estragos de las crecidas de 1964, 1975 y 1988 (que hubieran producido muertes y calamidades sin su presencia) y de los efectos posiblemente aún más catastróficos de nueve años de sequía, a partir de 1979. El citado experto no alcanza a imaginar cómo hubiera podido sobrevivir su país ese período sin la presa, con una

población de 58 millones de habitantes y una elevada tasa de crecimiento. Entre los impactos positivos de la presa, citó a esa fecha el incremento de su superficie irrigada en unas 500.000 hectáreas y la producción del 30% de la energía eléctrica total del país. Prestando atención a las observaciones negativas que se planteaban antes sobre la obra, Abu-Zeid informó que mediante adecuados sistemas de drenaje sobre casi dos millones de hectáreas se ha disminuido la salinización prevista, y la productividad de la agricultura ha mejorado en al menos 15%, a pesar de la retención de limos. El citado investigador destacó que la pesca en el Mediterráneo oriental efectivamente decayó en un principio por la influencia de la presa, pero ya en 1993 se había recuperado. Los análisis previos estimaban que en 25 años debían alcanzarse descensos del orden de 3 metros por erosión en el lecho del Nilo aguas abajo de la obra, pero las mediciones de treinta años después indicaron que es inferior a 25 centímetros. Es interesante destacar que la tasa de esquistosomiasis ha venido disminuyendo en la zona, pasando del 48% en 1955 (sin obra) al 5% en el año 2000 [5].

El impacto negativo efectivamente comprobado ha sido la erosión costera del Delta del Nilo, que en realidad comenzó en 1898 con la construcción de la primera presa baja en Asuán [6]. Es evidente que el “Plan General de Protección Costera”, cuya finalidad fue adoptar las medidas adecuadas para evitar o minimizar este impacto negativo, debió haber sido previsto con suficiente anterioridad. A pesar de este último aspecto, los aportes de Asuán al desarrollo general de Egipto, según quien fuera “Senior Advisor” del Director Ejecutivo del Programa de las Naciones Unidas sobre el Ambiente (UNEP, por sus siglas en inglés) por diecinueve años, merecen ser firmemente destacados [6].

Más recientemente, la República Popular China ha construido sobre el río Yangtse la famosa presa de las Tres Gargantas (Three Gorges Dam), de 183 metros de altura y un caudal de diseño de 102.500 m³/s (algo así como 8% mayor que el caudal de diseño del Paraná para la presa de Yacyretá). Es el proyecto de retención de agua más grande del mundo, equivalente a dos veces Itaipú (Brasil-Paraguay) y tiene por objetivos fundamentales el control de inundaciones, la generación hidroeléctrica (18,2 millones de kilowatts) y el desarrollo de la navegación, a través de esclusas. Su embalse cubre 17.000 hectáreas de tierras de laboreo, y ha sido necesario reubicar más de un millón de personas (equivalente al 4% de los habitantes de la ciudad

de Chongqing, una de las ciudades próximas). También se han alterado los extensos bosques de la región.

Por otra parte, China es un país de una superficie de 9.600.000 km², lo que implica ser el tercer país del planeta en ese aspecto. Sin embargo, lidera en el mundo en cuanto a su población, ya que cuenta en la actualidad con 1374 millones de habitantes. Ante esa situación demográfica, la demanda de agua (según estimaciones del Banco Mundial) crecerá en un 60% cada diez años. China presenta muy baja capacidad de respuesta ante posibles desastres de origen hídrico, pues el 70% de las ciudades y el 50% de los mayores terraplenes de protección no alcanzan las normas usuales de control de inundaciones, posee una muy irregular distribución espacial y temporal de los recursos hídricos (el sur por exceso y el norte por defecto) y basa su producción energética en centrales altamente contaminantes. En tal sentido, los 98,8 millones de MWh producidos durante el año 2014, que superan en 10 millones la energía producida por la presa de Itaipú, equivalen a ahorrar 49 millones de toneladas de carbón, que sigue siendo la principal fuente de energía en China, y evitar la emisión al ambiente de 100 millones de toneladas de dióxido de carbono (CO₂). Sin embargo, no sería correcto dar opinión sobre los posibles impactos positivos y negativos de una obra de tal envergadura para quien solo ha tomado algunos modestos conocimientos de los aspectos vinculados con factores de hidráulica estructural y escasamente ha leído las opiniones controvertidas sobre temas ambientales. Esas opiniones parecen en todos los casos lamentablemente influidas por dos visiones muy discutibles: la de los “beneficiarios” en las inversiones de infraestructura, que minimizan la importancia de los aspectos ambientales, y la de los fundamentalistas ultraecologistas, que olvidan por su interés mediático y el aporte de sus *sponsors* que el ambiente incluye el medio social, que tiene relación con la calidad de vida del ser humano. En ambos casos no se dan valores ciertos para cuantificar los parámetros que intervienen o se omiten cifras inconvenientes a las conclusiones que se pensaron de antemano [7].

En la República Argentina, en el período 1992-2013, la demanda de energía anual se incrementó a un ritmo de 4,26%, por lo que se triplicó la generación térmica convencional y solo se duplicó la hidroeléctrica. Específicamente, para el año 2013 la contribución térmica tuvo un aporte del 63,91%, la hidráulica del 31,07% y la nuclear de 4,42%, a pesar de que se poseen

recursos hidráulicos importantes no aprovechados a la fecha [8]. Si bien se han construido algunas obras en el lapso señalado, la contribución más importante en ese período ha sido motivada por la elevación de la cota del embalse de Yacyretá, para llevarlo a su condición de proyecto original, para la que las turbinas fueron diseñadas y las obras de descarga fueron verificadas. Ese aumento de nivel fue importante, debiéndose recordar que un incremento del salto entre el embalse y aguas abajo es directamente proporcional a la energía generada. Sin embargo, hubo una marcada oposición con fuerte respaldo pseudocientífico, que creía haber demostrado la presencia de las filtraciones desde el embalse de la presa hacia la Laguna Iberá. Ello fue descartado por especialistas provenientes de organismos científicos serios de la Argentina y, en la actualidad, obviamente verificado por la realidad, ya que afortunadamente el embalse fue llevado a su cota final. La mala información, los intereses de sectores locales y el fundamentalismo ecologista tuvieron activa participación en haber demorado un poco más la culminación de esta obra.

La Argentina debe rápidamente dar un ejemplo de sentido común y replantear la factibilidad ambiental de obras hidroeléctricas de enorme importancia, como la del río Paraná en Corpus, (que con un adecuado cambio de traza no es cierto que inunde las tierras de Misiones y menos las ruinas de San Ignacio) y las obras de Chihuidos en el río Neuquén, que además de aspectos energéticos son vitales para la seguridad de los habitantes de las importantes poblaciones de aguas abajo. Ellas deberían sumarse a las importantes inversiones para la construcción de presas sobre el río Santa Cruz (Kirchner y Cepernik), sobre el río Grande de Mendoza (Portezuelo del Viento), sobre el río Tunuyán (complejo Los Blancos) y sobre el río Uruguay (Garabí y Panambí) estas últimas en conjunto con Brasil. Obviamente, en todos estos casos, será necesario tanto su verificación y optimización hidráulica como así también de su verificación de carácter ambiental.

Es menester confesar que gran parte de las obras hidráulicas argentinas, muy especialmente las de mediano y menor porte, vinculadas al control de crecidas y derivación para riego, fueron construidas con anterioridad o durante el desarrollo de las teorías hidrológicas modernas que permiten evaluar con cierto grado de certeza una adecuada "crecida de diseño". Simultáneamente, el diseño hidráulico de esas estructuras fue efectuado con las mejores técnicas disponibles en su momento, sobre la

base de una “hidráulica de los valores medios”, superada desde la década de 1970 a partir de la introducción de técnicas para una “hidráulica de los valores instantáneos”, especialmente relevante para el caso de los aliviaderos de crecidas [9]. En virtud de lo expuesto, se considera oportuno proponer una adecuada y progresiva revisión de las condiciones de diseño hidrológico e hidráulico de los aliviaderos argentinos. A efectos de lograr un enfoque más amplio y una mayor atención de las autoridades, podría sumarse a esta propuesta la influencia eventual de los procesos debidos al cambio climático global.

Por otra parte, es interesante destacar que el riesgo en las grandes obras está en general adecuadamente analizado, pero en las obras menores, cuya destrucción puede resultar también catastrófica para vidas humanas y economías regionales, resulta prácticamente desconocido. A ellas no apuntan en general las críticas, pues no tienen prensa masiva.

4. La formación de profesionales para el futuro

Desde hace ya varios años se viene produciendo una toma de conciencia a nivel mundial, referida a la necesidad de resguardar el planeta de la inminente degradación ambiental. Tal actitud ha comenzado a tener efecto en países pioneros en la materia, tendiendo a rever conductas pasadas y a iniciar estudios sistemáticos de todos los proyectos de desarrollo. Es por ese motivo que en los claustros universitarios definir la mejor manera de formar profesionales capacitados para las diversas actividades que plantean esos estudios ambientales es tema actual de debate.

La característica más saliente de los estudios ambientales es que requieren una interrelación fluida de especialistas de variadas disciplinas, *a priori* de difícil compatibilidad. Es por ello que se habla de “grupos transdisciplinarios”, que implican mucho más que la acción individual de personas que ponen en juego los conocimientos de su especialidad independientemente del resto. En efecto, se trata de que, con base en un objetivo común, cada profesional haga su aporte procurando comprender y compatibilizar las posiciones de todos. Para ello, si se desea dotar al país de una matriz energética racional hay una única salida: debemos formar ingenieros para el desarrollo sustentable.

El desarrollo sustentable ha de ser visto como el inevitable corolario de la cultura de la sustentabilidad, que es un nuevo

paradigma emergente de relaciones entre los humanos entre sí y con su entorno. Supone un cambio de mentalidad y de objetivos socioecológicos muy considerable, con una subsiguiente rejerarquización de valores. La sustentabilidad es un laborioso proceso de cambios pactado, un camino hacia un objetivo asintótico, dotado de nuevos códigos de conducta.

En primera instancia, la tecnología deben ser compatibilizada con el ambiente, por lo que la ingeniería adquiere una participación evidente en su relación con el medio. Por otra parte, la ingeniería tiene un rol protagónico en los estudios de impacto ambiental. En efecto, con el surgimiento de los estudios de impacto ambiental y la capacidad natural de la profesión, los alcances de la labor del ingeniero se ven ampliados, ya que puede desempeñar un rol destacado e insustituible en la cuantificación de los impactos

La decisión sobre si un proyecto es viable o no debe contemplar aspectos ambientales. De esta forma, deben asignarse costos a los impactos, deberán cuantificarse las medidas de control y mitigación y, en función de ello, se alterará el balance costos-beneficios. Así, la decisión en cuestión no solo es un problema económico-financiero tradicional.

El campo de estudios clásico de la ingeniería tradicional, ligado con proyectos de obras, máquinas e industrias, está limitado a una parte del sistema abiótico. Sin embargo, como cualquier variación en el sistema abiótico causa impactos en el sistema biótico (debido a la estrecha vinculación entre ambos), deben compatibilizarse los puntos de vista de los ingenieros y de los ecólogos. Del mismo modo surgen las necesidades de contacto con las ciencias sociales. Los sistemas educativos deben responder, entonces, a los múltiples retos que les lanza la sociedad de la información en función, siempre, de un enriquecimiento continuo de conocimientos y del ejercicio de una ciudadanía adaptada a las exigencias de la época.

Dado lo vertiginoso de los cambios que se producen, cabe pensar que solo un profesional con una sólida formación básica puede afrontar con éxito el devenir actual. En consecuencia, se sugiere poner el énfasis en las materias formativas de la carrera de ingeniería (que habitualmente ocupan los primeros años) más que en aspectos tecnológicos, habitualmente denominado "prácticos", que sufren variaciones notables en tiempos muy cortos. Incumbe a la educación la tarea de inculcar las bases culturales que permitan descifrar, en la medida de lo posible, el

sentido de las mutaciones que se están produciendo aceleradamente. Para ello se requiere efectuar una cuidadosa selección en la masa desbordante de informaciones disponibles para poder alcanzar una mejor interpretación.

5. Conclusiones

La crisis energética requiere de acciones inmediatas y de planificación a mediano y largo plazo. Sin embargo, por motivos expuestos en el texto, se ha degradado progresivamente la imagen de la energía hidroeléctrica, que de todos modos es en la actualidad la única renovable y no contaminante de carácter masivo. Esa acción negativa contra las presas tiene particular influencia sobre América Latina, India y China. Esta última está en una etapa de gran desarrollo de obras hidroeléctricas, sin las cuales no puede garantizar la vida de gran parte de su población.

Resulta obvio que no pueden construirse obras de gran porte sin que se afecte en alguna medida no solo el medio natural, sino también el medio social. En tal sentido, está claro que el desplazamiento de poblaciones debe ser tratado con un cuidado especial, con sentido de la organización y con sensibilidad política. La planificación de las obras debe basarse en estudios sociales completos. Para estas poblaciones, su reinstalación debe significar, de manera ineludible, una mejora en su nivel de vida, puesto que los afectados directamente por el proyecto deben ser los primeros beneficiarios. En tal sentido, se deberá prestar especial atención a los grupos étnicos vulnerables.

Por otra parte, los tomadores de decisión reciben a menudo mensajes opuestos acerca de los beneficios de tales medidas o proyectos por parte de diversos actores que, sin la adecuada formación científica, hacen pesar su influencia, provocando confusión en cuanto a las prioridades y las actividades críticas de una gestión ordenada de los recursos hídricos. Por ello, los eventuales éxitos del sector científico y tecnológico no podrán ser incorporados al desarrollo social sino a través de un cambio muy importante en los aspectos de gestión, para lo que sería muy apropiado que los especialistas y profesionales capacitados, con niveles superiores de estudio, tengan una participación activa en la toma de decisiones fundamentales. Ello solo será posible si algunos científicos se involucran en los estamentos políticos en los que se definen los procesos.

Para crecer y aspirar al bienestar socioeconómico, hay que optimizar el uso de nuestros recursos con el mejor aprovechamiento de nuestras fuentes energéticas sin planteos fundamentalistas que nos lleven, sin desearlo, a una suerte de “subdesarrollo sustentable”. Desde el Estado nacional se ha comenzado a transitar el camino de la viabilidad de la materialización de esta política de crecimiento, pero la tarea recién comienza y presenta lógicas dificultades. Con un ataque irracional a la construcción de obras hidroeléctricas, lo que de por sí es dificultoso se tornará imposible.

Bibliografía

- [1] **Centro de Estudios Históricos de Obras Públicas y Urbanismo** (1993). “El agua en el mundo antiguo”, en: *Obras Hidráulicas en América Colonial*. Madrid, Tabapress.
- [2] **World Commission on Dams** (2000). *Dams and development. A new framework for decision-making*. London, The Report of the World Commission on Dams.
- [3] **International Water and Sanitation Centre** (2004). *Norte América: centrales eléctricas son la principal fuente de contaminación atmosférica*. IRC/WSSCC, Noticias.
- [4] **Lopardo, R. A.** (2016). “Energía hidroeléctrica, desarrollo y ambiente”, en Laborde, A. y Williams, J. J. (eds.): *Energías renovables derivadas del aprovechamiento de aguas, vientos y biomasa*. Buenos Aires, Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Publicaciones científicas N° 9, pp. 13-24.
- [5] **Abu-Zeid, M.** (1993). “Una evaluación de la presa de Asuán”, *Todos, Cuadernos de Educación Ambiental* 4, UNESCO.
- [6] **Biswas, A. K.** (2000). *Aswan Dam revisited. The benefits of a much-maligned dam*. Frankfurt, D-C Development and Cooperation 6, pp. 25-27.
- [7] **Lopardo, R. A.** (2003). “Una reflexión polémica sobre la construcción de la presa de Tres Gargantas”, *Revista Ambiente, Boletín* 19, La Plata, disponible en: revista-ambiente.com.ar/destacados/des_3. Htm.
- [8] **Malinow, G. V. y Goyenechea, C.** (2015). *Las presas y el desarrollo. Fundamentos para un debate necesario*. Buenos Aires, Cámara Argentina de Consultoras de Ingeniería.
- [9] **Lopardo, R. A.** (1988). “Stilling basin pressure fluctuations”, en Burghi, P. (ed.): *Model-Prototype Correlation of Hydraulic Structures*. Proceedings of the International Symposium ASCE, Colorado Springs, American Society of Civil Engineers, New York, pp. 56-73.