

HACIA UNA HIDROELECTRICIDAD RESPONSABLE

Raúl A. Lopardo y José M. Casado

Instituto Nacional del Agua, Ezeiza, Argentina
C.C. 46 (1802) Aeropuerto Ezeiza, Tel/Fax: 4480 0867, rlopardo@ina.gov.ar

RESUMEN

El uso de fuentes renovables ha sido ya ampliamente reconocido como la alternativa más viable para solucionar los problemas asociados a la combustión térmica convencional de combustibles fósiles, tales como la ineficiencia operacional, el agotamiento de reservas limitadas y el aumento de la contaminación ambiental. A pesar de que la energía hidroeléctrica es la más utilizada energía limpia y renovable, que puede reemplazar a los combustibles fósiles aún para generación de grandes potencias y ser la energía primaria más eficiente para la producción de electricidad, diversos motivos la han sistemáticamente alejado de su consideración como alternativa válida para etapas como la actual de la Argentina, que debe hacer frente a limitación de reservas de combustibles fósiles en plazos muy cortos.

Antes 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, 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 más competitiva. 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.

En el presente trabajo se intenta revalorizar la importancia de un adecuado plan de desarrollo hidroeléctrico en la Argentina, capaz de contribuir al bienestar nacional, siempre que se inscriban las obras dentro del criterio universalmente aceptado de desarrollo sustentable, asignando costos a sus impactos, asegurando las medidas de mitigación y control y difundiendo s conocimiento de la Sociedad en tiempo y forma los alcances, beneficios y eventuales problemas de cada proyecto.

Palabras clave: Desarrollo sustentable, hidroelectricidad, presas

INTRODUCCIÓN

El uso de fuentes de energía renovables ha sido ampliamente reconocido como la alternativa más viable para solucionar los problemas asociados a la creciente demanda de energía, la necesidad de proteger el medio ambiente y el requerimiento de una mejor calidad de vida.

En la actualidad, la mayor parte de la energía que se consume mundialmente proviene de la combustión térmica de combustibles fósiles (petróleo, carbón, gas natural). La República Argentina no es una excepción, pues consume anualmente 60 millones de toneladas de combustibles fósiles, principalmente para la producción de electricidad en usinas térmicas y en el transporte vehicular.

La contribución de las distintas fuentes de energía para la generación de electricidad (potencia total instalada de 23.280 MW) es la siguiente: 45% de combustibles fósiles, 46,3% de energía hidráulica y 8,7% de energía nuclear. El aporte de energía eólica al Mercado Eléctrico Mayorista no alcanza al 0,1%.

La producción de energía eléctrica mediante combustión térmica convencional de combustibles fósiles presenta serias desventajas, ya que es un método indirecto e ineficiente que implica una etapa intermedia de conversión de calor en trabajo mecánico con un límite de eficiencia intrínseca impuesto por el ciclo de Carnot. En los motores de combustión interna, la eficiencia práctica es del 15% al 20%, desperdiándose más del 80 % de la energía química contenida en el combustible. De ese modo se desaprovechan las limitadas reservas de combustibles fósiles, que han tardado millones de años en formarse.

Además, como productos de la combustión se arrojan al ambiente principalmente agua y dióxido de carbono, que contribuye al calentamiento global, y otros contaminantes tales como monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre, hidrocarburos no saturados, material particulado y otros elementos que contribuyen a provocar desequilibrios ecológicos, tales como lluvias ácidas, reducción de la capa de ozono y formación de "smog" y dañan la salud.

Para resolver estos problemas se han desarrollado sistemas de aprovechamiento integral de fuentes primarias de energía limpias y renovables que puedan sustituir a los combustibles fósiles, tales como la energía solar, la energía eólica, la energía hidráulica, la energía geotérmica, la energía mareomotriz, la energía de las olas. Cabe señalarse que el 25% de la energía primaria se usa para generar electricidad y el 75% restante como combustible. Sin dejar de considerar la necesidad de hacer todos los esfuerzos para elevar la producción de todas las energías mencionadas, está claro que para la generación masiva de electricidad sólo puede competir en forma adecuada la hidroeléctrica, así como que como combustible esa competencia parece estar destinada al hidrógeno, por sus cualidades de almacenador y transportador de energía (Triaca, 2004).

Los países centrales, incluyendo los de más alta calidad de vida y atención del ambiente como Canadá, han aprovechado sus recursos hídricos para la generación de energía eléctrica hasta prácticamente el máximo. Europa ya casi no tiene sitios razonables para la construcción de presas, pero está estudiando la forma de elevar su rendimiento aumentando sus alturas y optimizando el manejo de los embalses. La pregunta que cabe es, en este contexto, por qué la Argentina en su década del noventa no ha replanteado la aparente eliminación de un plan hidroeléctrico, a contramano de un desarrollo sostenido que exige mayor consumo de energía y ante limitaciones concretas en el horizonte de sus reservas de combustibles fósiles.

LA ENERGÍA DEL AGUA Y EL IMPACTO DE LAS PRESAS

Desde la antigüedad más remota la cultura y el desarrollo integral de los pueblos estuvo indisolublemente atada 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.

En un texto en escritura nagari , Rigveda, compuesto en sánscrito entre 1.500 a 2.000 antes de Cristo, pero que según cálculos recientes corresponde a fenómenos que ocurrieron entre 6.500 a 3.500 años antes de Cristo se lee (Centro de Estudios Históricos de Obras Públicas y Urbanismo, 1993): "Aguas que sois las confortadoras, dotados con vuestra energía, para que veamos la mayor felicidad.." Además, entrando en la formación judeo cristiana, es posible observar en el Antiguo Testamento (texto hebreo, Dos Reyes, 20,20) 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, (725-697 antes de Cristo).

En definitiva, desde que el hombre ha comenzado su evolución y desarrollo la energía del agua, su control y aprovechamiento, han estado ligados indisolublemente a su destino.

Las obras hidráulicas son indispensables no sólo para el desarrollo sino para el mantenimiento de la calidad de vida del ser humano, por lo que no es coherente negarse a materializarlas, sino que es necesario hacer el máximo esfuerzo para que los aspectos adversos sean en lo posible eliminados o disminuidos a grados aceptables y así evitar deformaciones significativas para el ambiente. Las presas intentan satisfacer demandas de desarrollo económico y social, tales como irrigación, electricidad, control de inundaciones y suministro de agua.

Antes se consideraba que estos 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, 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 más competitiva.

La relación costo-beneficio se convirtió en una preocupación pública, debido a la creciente exposición pública de resultados y consecuencias de algunas represas. La oposición comenzó a crecer, invocando los impactos de las presas sobre la gente, las cuencas y los ecosistemas, así como por los datos sobre sus resultados económicos, convirtiendo el debate en una cuestión global.

Con el trasfondo de estos conflictos y presiones, un equipo de la Comisión Mundial de Represas comenzó su trabajo en mayo de 1998, concluyendo que el "fin" que debe alcanzar cualquier proyecto de desarrollo es el mejorar de un modo sustentable el bienestar humano, es decir, producir un avance significativo en el desarrollo humano, sobre una base que sea viable económicamente, equitativa socialmente y ambientalmente sustentable. Por lo tanto, si la construcción de una gran presa es el mejor modo de alcanzar este objetivo, merecería ser apoyada (World Commission on Dams, 2000).

Sin embargo, tras algo más de dos años, la citada Comisión opina que aunque las presas hayan contribuido de un modo importante y significativo al desarrollo humano y los beneficios que se han derivado de ellas han sido considerables, en demasiados casos se ha pagado para ello un precio inaceptable, y frecuentemente innecesario, especialmente en términos sociales y ambientales, por parte de las personas desplazadas, las comunidades río abajo, los contribuyentes fiscales y el medio ambiente.

Se señala como uno de los elementos críticos la pérdida de bosques y de hábitat naturales, de poblaciones de especies, y la degradación de las cuencas río arriba debido a la inundación de la zona de los embalses. En esa publicación no se analiza este impacto (obviamente existente) en relación con la deforestación para uso agropecuario, por ejemplo en el sur de Brasil, con los problemas de poblaciones de especies en el río Limay (uno de los ríos con mayor aprovechamiento hidroeléctrico de la Argentina) y en valores numéricos ciertos el área de cuencas degradadas por

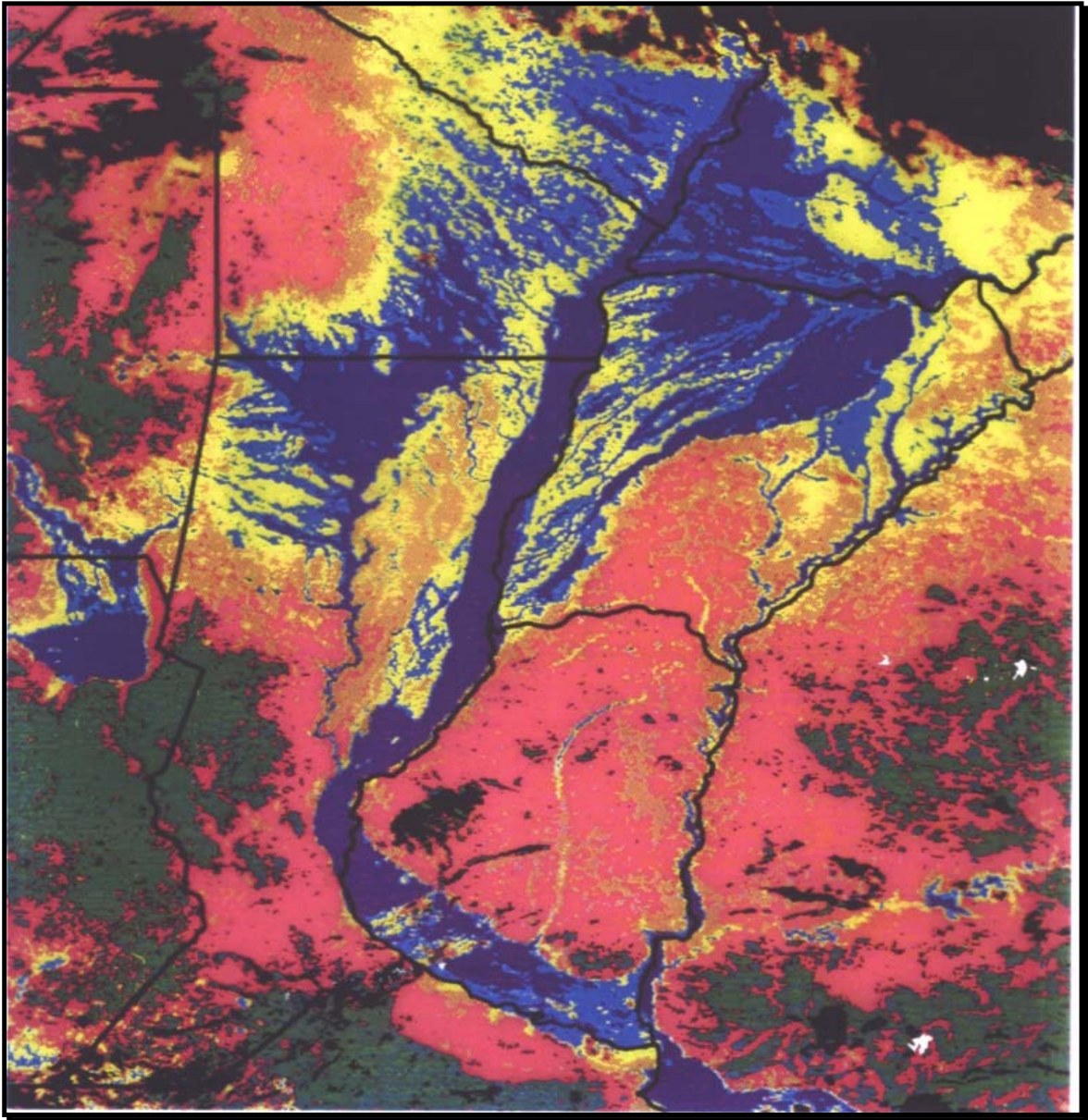
embalses en relación con las demás ocupaciones del suelo que las diversas actividades del hombre han requerido para su subsistencia. Se dice que en general los impactos sobre los ecosistemas son más negativos que positivos y han provocado, en muchos casos, pérdidas significativas e irreversibles de especies y ecosistemas. Sin embargo, ello no puede generalizarse pues numerosos casos han producido el enriquecimiento de ecosistemas, mediante la creación de nuevos humedales, hábitat para peces y oportunidades de recreación generadas por los embalses.

Según el Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales (Represas, bosques y gente), "cuando se pregunta acerca de las causas de la deforestación, seguramente pocas personas mencionarán a las represas hidroeléctricas como siendo una de ellas. Aún menos las incluirán como causa de violaciones de los derechos humanos. Sin embargo, las represas constituyen una de las principales causas directas e indirectas de pérdida de bosques y la mayoría han sido causantes de violaciones de los derechos humanos". Ello es totalmente inexacto, al menos en Argentina.

Esta demonización indiscriminada de la energía hidroeléctrica llega a sorprendentes generalizaciones, que debido a su absoluta incoherencia, hacen imposible un debate racional. Cuando se hacen afirmaciones de este tipo, deberían acompañarse con valores numéricos acerca de hectáreas de bosques "deforestados" por los embalses y las hectáreas de bosques arrasadas por la agricultura. Es ocioso tratar de compensar en algo así como un dígito por ciento el avance de la deforestación que ha producido el avance de la soja en los últimos años con la totalidad de bosques nativos que pueden haberse sumergido en todos los embalses del país. Los autores de ese texto no mencionan aspectos comparativos de los embalses con las violaciones de los derechos humanos a que se ha sometido históricamente a la sociedad argentina.

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. La cuantificación es uno de los más relevantes aspectos que poco aparecen en las discusiones sobre impactos ambientales.

Finalmente, el citado informe menciona que los embalses analizados emiten gases que potencian el efecto invernadero, como una consecuencia de la descomposición de la vegetación y el aporte de carbono procedente de la cuenca, informando que se ha verificado en Brasil que esta



emisión es superior a la de una alternativa térmica equivalente. La opinión de científicos independientes hace innecesaria la discusión de este aspecto. La fotografía satelital que se adjunta, Figura N° 1, perteneciente a una crecida importante del río Paraná en 1998 no permite apreciar los embalses en relación con su valle de inundación, por lo que ese análisis es francamente difícil de comprender.

Figura N° 1 Imagen NOAA-AVHRR mayo 1998 (Banda térmica) . Fuente: INA-INTA-CONAE

Se dice que por tratarse de obras de gran envergadura, favorecen la corrupción... pero ello sería atribuible de igual o mayor manera a puertos, autopistas, aeropuertos, etc. sin que se discuta su necesidad o su pertinencia. Por otra parte, es evidente que la energía hidroeléctrica compite

directamente con los intereses de las empresas petroleras. Ello merece replantear el problema y preguntarse ¿Quién asume la responsabilidad, como hecho de la más absurda corrupción, acerca de la guerra del Golfo y la posterior toma de Irak?

Por otra parte, el informe citado (World Commission on Dams, 2000) desconoce que las necesidades de los países en procesos de desarrollo son muy diferentes a la de los países centrales. Por ejemplo, no menciona clara y explícitamente cuales son las "alternativas" existentes para generar energía en las enormes magnitudes que los países en desarrollo necesitan, pareciendo que (a pesar del mensaje ecologista) se manifiestan partidarios de la energía termoeléctrica con combustibles fósiles, pues es obvio que ninguna de las otras supuestas "alternativas" (eólica, solar, mareomotriz, de olas) es todavía técnica ni económicamente viable para generar en gran escala en la actualidad. Tampoco el informe analiza los eventuales problemas ambientales que son las características distintivas de los otros tipos de usinas directa o indirectamente sugeridas como "alternativas" a las hidroeléctricas.

En respaldo al accionar de las organizaciones ultra ecologistas parece estar "de moda" sugerir medidas que invitan al reemplazo y desmantelamiento de usinas hidroeléctricas. Sus opositores señalan los impactos adversos de las presas, como la carga del endeudamiento, los sobrecostos, el desplazamiento de personas, la destrucción de ecosistemas y recursos pesqueros y la inequitativa distribución de costos y beneficios. Parece estar de moda sugerir medidas que invitan al reemplazo y desmantelamiento de aprovechamientos hidroeléctricos, lo que es particularmente útil a los intereses de los grandes grupos económicos vinculados a la energía de combustibles fósiles, indudablemente más contaminante y de más alto costo por Kwh.

En opinión de numerosos profesionales, ese informe (World Commission on Dams, 2000) constituye un claro retroceso en el criterio del desarrollo sustentable utilizando parámetros difícilmente cuantificables y, por lo tanto, cuanto menos opinables. Es interesante señalar que ha utilizado para el análisis proyectos ejecutados en las décadas del sesenta al ochenta, 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.

Las centrales térmicas de generación eléctrica resultan para América del Norte las mayores responsables de la contaminación tóxica del aire, alcanzando en el año 2001 prácticamente la mitad de todas las emisiones atmosféricas industriales, según un informe de la Comisión para la Cooperación Ambiental (IRC/WSSCC, 2001). El informe analiza los datos presentados a los gobiernos de Canadá y los Estados Unidos tomando el 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 (IRC/WSSCC, 2001).

Finalmente, William Kennedy, en su carácter de director Ejecutivo de esa Comisión, indica que "es preciso que la industria, los ciudadanos y el gobierno se esfuercen por emplear combustibles más limpios, conservar nuestro medio ambiente y usar una proporción mayor de energía renovable".

La energía hidráulica no es otra cosa que la energía solar bajo una forma natural y concentrada que se explota por medio de una tecnología experimentada y conocida, con un rendimiento inigualable, que permite no privar de materias primas a las futuras generaciones y no agobiarlas con contaminantes o residuos. Para muchos países en vías de desarrollo, la energía hidráulica es el único recurso energético natural de que disponen. Hoy las centrales hidroeléctricas producen 2,1 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. Teniendo en cuenta todo lo anteriormente expuesto y sumando todos los costes resultantes de los impactos medioambientales y sociales, la hidroelectricidad resulta favorable comparada con otras fuentes de energía.

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 gobierna el país (caída de reservas de gas, costo del petróleo, etc.). Es entonces poco razonable no considerar, al menos como alternativa de estudio con todas las mitigaciones de impacto posibles, la utilización de energía hidroeléctrica.

EL CONTRADICTORIO CASO DE LA PRESA DE ASUÁN

El proyecto de la gran presa de Asuán, finalizado en 1964 en su primera fase, fue condenado por los medios de comunicación populares y las publicaciones de carácter semi-científico, alegando muchas razones, tales como la pérdida de pesca en el Mediterráneo, la expansión de la esquistosomiasis (enfermedad parasitaria transmitida por caracoles acuáticos y ligada a los sistemas de riego), 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 todo el valle del Nilo debida a la ausencia de los depósitos de limo y la erosión costera del Delta del Nilo, en su salida al Mediterráneo.

Debe destacarse que hubo 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. Sin embargo, quedaron abiertas las críticas ecológicas antes señaladas.

Tras aproximadamente treinta años de funcionamiento de la obra, resulta posible hacer una evaluación de los efectos ambientales y sociales que ella ha tenido. Según el Dr. Mahmoud Abu-Zeid, presidente del Centro de Investigaciones Hídricas de Egipto y reconocido investigador en la especialidad (Abu-Zeid, 1993), la presa permite almacenar el doble del caudal medio anual del Nilo, es decir que el hombre hoy controla casi totalmente su régimen, por 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 catastróficos de nueve años de sequía, a partir de 1979. El citado experto no alcanza a imaginar cómo hubiera podido sobrevivir su país sin la presa, con una población de 58 millones de habitantes y elevada tasa de crecimiento. Entre los impactos positivos de la presa cita 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 sobre la obra, Abu-Zeid informa 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 destaca que la pesca en el Mediterráneo oriental efectivamente decayó de 22.600 toneladas en 1966 a 10.300 toneladas en 1972, con la influencia de la presa. Sin embargo, para 1993 la suma de pesca en el embalse más el este del Mediterráneo casi duplica la cifra previa a la construcción de Asuán. Los análisis previos estimaban que en 25 años debían alcanzarse descensos del orden de 3 metros en el lecho del Nilo aguas abajo de la obra, pero las mediciones actuales indican que es inferior a 25 centímetros (Abu-Zeid, 1993).

Es interesante destacar que la tasa de esquistosomiasis ha venido disminuyendo en la zona, pasando del 48% en 1955 (sin obra) al 10% en la actualidad. El Dr. Abu-Zeid estimaba que posiblemente ya estaría limitada al 5% en el año 2000.

El impacto negativo efectivamente comprobado ha sido la erosión costera del Delta del Nilo, que comenzó en 1898, con la construcción de la primera presa baja en Asuán (Biswas, 2000). La presencia de la presa de Asuán ya había roto el equilibrio sedimentológico y el mar Mediterráneo entonces ha avanzado sobre el Delta, a un promedio de 2,5 metros por año, haciendo desaparecer terrenos sumamente aptos para la agricultura y ganadería. Es evidente que el actual "Plan General de Protección Costera" cuya finalidad es 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 merecen según este artículo de UNESCO (Abu-Zeid, 1993), una mayor consideración de la opinión internacional. Es interesante destacar que Asit K. Biswas, Presidente del Centro de Gestión del Agua del Tercer Mundo, con sede en México, que fuera "Senior Advisor" del Director Ejecutivo de UNEP (Programa de las Naciones Unidas sobre el Ambiente) por diecinueve años, formula idénticas conclusiones sobre el tema (Biswas, 2000).

LA PRESA DE TRES GARGANTAS

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 contaba con 1.300 millones de habitantes a comienzos del año 2000, pero en diez años ella crecerá aproximadamente en otros 126 millones de habitantes.

Ante esa situación demográfica, la demanda de agua (según estimaciones del Banco Mundial) crecerá en un 60%. Entre los problemas fundamentales de China en relación con el agua cabe mencionar los dos siguientes (Erming, Zhu, 2001): a) la baja capacidad de respuesta ante posibles desastres de origen hídrico (70% de las ciudades y 50% de los mayores terraplenes de protección no alcanzan las normas nacionales de control de inundaciones); b) la irregular distribución espacial y temporal de los recursos hídricos (el sur por exceso y el norte por defecto).

En relación con este último aspecto, China tiene profundas diferencias regionales que condicionan su capacidad de dar respuesta. Por ejemplo, en la provincia de Heibei (corazón de la planicie norte de China) el acuífero desciende a razón de 3 metros por año, con valores del doble alrededor de algunas ciudades. La demanda a los tres grandes ríos de la región (Hai, Amarillo y Huai) es excesiva y no escurren en la estación seca. Particularmente, el río Huanghe o Amarillo, de 5.464 Km de longitud, llega sin agua a la desembocadura el 50% del año. De los 1.052 lagos de la provincia de Heibei sólo en la actualidad tienen agua 83. La producción de granos en la provincia de Shandong se ha reducido en un 40% en diez años (Brown, L., 2001).

Por otra parte, el río Yangtze, de 6.175 Km de longitud, resulta pues indispensable no sólo para el desarrollo del centro de China sino para la supervivencia de sus habitantes. Tal vez pocos conozcan que una ciudad poco renombrada como Chongqing, a orillas del río Yangtze, es la más habitada de China con más de 30 millones de habitantes.



Figura N° 2: El río Nilo en las proximidades de la presa de Asuán



Figura N° 3: Los guerreros de terracota en Xi'an (China)

Es sobre esta corriente de agua que se encuentra en avanzado estado de construcción la famosa presa de las Tres Gargantas (Three Gorges Dam), de 183 metros de altura y un caudal de diseño de $102.500 \text{ m}^3/\text{s}$ (algo así como 8% mayor que el caudal de diseño del Paraná en 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 cuando esté finalizada) y el desarrollo de la navegación, a través de esclusa. La construcción de la presa comenzó el año 1994 y se prevé su terminación para el año 2009. Entonces, su embalse cubrirá 17.000 hectáreas de tierras de laboreo y habrá 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 sufrirán daño los extensos bosques de la región.

No sería correcto dar opinión sobre los posibles impactos positivos y negativos de una obra de tal envergadura para quien sólo 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 ultra ecologistas, que olvidan por su interés mediático (Sorman, G., 2001) 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 (Lopardo, 2003).

Por ello, se propone al tocar el tema de Tres Gargantas se analice la magnitud del proyecto en relación con la magnitud de país, con la magnitud de los problemas a resolver y con la necesidad de desarrollo de un pueblo con una milenaria cultura. Three Gorges es un "mega proyecto" pero en un "mega entorno" muy especial.

Si no se conoce China, si no se entiende lo que significa un elevadísimo porcentaje de población rural con severas restricciones económicas a la espera de participar del desarrollo del país que se hace notable en Shanghai, Beijing, Guilin o Guangzhou, si alguien que vive la vida de occidente puede explicar porqué no quieren continuar las excavaciones en Xi'an para llegar a la tumba del emperador cuidada por los siete mil guerreros de terracota... poco derecho se tiene a discutir "impactos ambientales". Aunque indudablemente queden grandes dudas sobre la capacidad de la ingeniería china de incluir aspectos ambientales en el diseño de una gran presa cuando el poder político y el medio social la reclaman (Lopardo, 2003).

MEDIDAS DE MITIGACIÓN PARA PRESAS DE EMBALSE

A efectos dar una idea diferente respecto de la posibilidad de generar energía hidroeléctrica con el mínimo posible de impactos adversos, se pasará revista a conceptos vertidos por una entidad internacional (International Commission on Large Dams, 1997), que comparten los autores.

La consideración de los problemas ligados al medio ambiente natural y social deberá aparecer claramente desde el principio de los estudios del anteproyecto de una presa y en el curso de todas las fases de definición y de realización del proyecto, así como también durante todo el período de explotación de la obra. Además, debido a que los recursos son cada vez más limitados o de difícil acceso, se deberá prestar mayor atención a la gestión de la demanda del agua para el riego y la industria por medio de una reducción de pérdidas en las redes de distribución, el tratamiento y reciclado de las aguas residuales y la toma de medidas para economizar el agua y la energía.

Del mismo modo, desde el planteamiento del anteproyecto de una presa, deben estudiarse diferentes soluciones alternativas que puedan, eventualmente, responder a los mismos objetivos, en condiciones más aceptables a corto o largo plazo, en lo que se refiere al medio ambiente natural y social. Es de destacarse que muchos ingenieros se han distinguido por su responsabilidad respetuosa con el medio ambiente y por ello muchas presas y sus embalses, armonizan de manera tan excelente con su entorno medioambiental.

A pesar de ello, con el enorme incremento de conocimientos con que se cuenta en la actualidad, entre los que se encuentran las ciencias del ambiente, se hace necesario todo un equipo de especialistas para reunir y poner en práctica sus conocimientos a la hora de proyectar cualquier tipo de aprovechamiento hidráulico. Esto hace inexorablemente necesaria la complementación de los ingenieros con los especialistas de otras numerosas disciplinas (Lopardo y Bombardelli, 1999).

Los proyectos deberán ser evaluados, siempre y sin excepción, según los últimos conocimientos y los criterios modernos de protección ambiental. Los medios para reducir todo tipo de impacto negativo deberán ser estudiados, evaluados y puestos en práctica cuidadosamente. Entre estos medios se pueden citar: soluciones alternativas, modificación del proyecto según las necesidades específicas y acciones correctoras, así como el monitoreo de la efectividad de las medidas de mitigación planteadas. Deberá prestarse una atención especial a los efectos sobre la biodiversidad o sobre el hábitat de las especies raras o amenazadas.

La decisión de efectuar inversiones importantes y necesarias para la realización de una presa, se deberá basar en un análisis económico de un realismo indiscutible, sobre todo para grandes proyectos en países en vías de desarrollo, que podrían inmovilizar durante varios años gran parte de sus recursos financieros. Es necesario rechazar cualquier tentación de sobreestimar los beneficios y de subestimar los costos. Con este fin hay que tener en cuenta los impactos ambientales naturales y sociales.

Las ventajas secundarias, aunque no generen beneficios que contribuyan a la rentabilidad financiera del proyecto, deberían ser tomadas en cuenta para la evaluación de cada proyecto, así como también en los estudios comparativos de alternativas. En estos estudios comparativos, se destacarán las ventajas de la generación de hidroelectricidad sobre la producción térmica, en lo que respecta al medio ambiente.

El desplazamiento de poblaciones debe ser tratado con un cuidado especial, con sentido de la organización y con sensibilidad política. El plan propuesto deberá estar basado en estudios sociales completos y la organización del programa deberá ser perfecta con el fin de lograr su puesta en práctica. Para estas poblaciones su reinstalación debe significar de manera ineludible una mejorar en su nivel de vida, puesto que los afectados directamente por el proyecto deben ser los primeros beneficiarios. Se deberá prestar especial atención a los grupos étnicos vulnerables.

Aunque no exista el problema de relocalización, el impacto provocado en la población local por un proyecto puede ser a veces importante tanto durante las obras, como después de la terminación de las mismas. Estos proyectos serán estudiados, realizados y explotados con el pleno consentimiento de la población afectada. Por esta razón, la organización que se ocupe del proceso de elaboración del proyecto debería llegar a un acuerdo, desde los primeros estudios preliminares, con los grupos afectados por el mismo.

Deberá efectuarse una auditoria completa tras la construcción para determinar el nivel de cumplimiento de los objetivos del proyecto en el aspecto ambiental. Desde la puesta en servicio del proyecto se deberá proceder, con intervalos regulares, a una evaluación de sus impactos por comparación con la situación existente antes del comienzo de las obras.

En este contexto, es importante el desarrollo de la investigación ecológica y social en las presas y embalses que llevan muchos años en servicio. Si se procediera a recopilar, procesar, evaluar y publicar, en un cuadro de investigaciones minuciosamente dirigidas, el gran bagaje de conocimientos resultantes de nuestra larga experiencia en la explotación de tantas presas y embalses, errores e insuficiencias podrían ser descartados, las polémicas continuas sobre el impacto de proyectos de presas se podrían prevenir y los problemas correspondientes podrían ser aclarados y resueltos más fácilmente. Además, de los resultados de estos programas, se extraerían las bases de una estrategia de colaboración intensa con los expertos ambientales.

LA DIFUSIÓN DE LOS PROYECTOS DE INGENIERÍA

Uno de los problemas que enfrenta hoy la Ingeniería en general y la hidráulica en particular, y no es en modo alguno de menor relevancia, es el que corresponde a la adecuada difusión de sus logros en relación con los requerimientos de la sociedad.

El Ingeniero ha sido y es sistemáticamente observado con precaución por parte de los medios masivos de información, que lo consideran como una suerte de mercenario dependiente de un cliente todopoderoso que atenta contra el resto de la población. Su voz y su opinión son permanentemente puestas en tela de juicio por profesionales de otras disciplinas, los propios periodistas y, muy a menudo, cantautores, cuentistas, pilotos de turismo carretera o representantes ambientalistas de fundaciones de financiamiento desconocido (Lopardo, 2004).

Gran parte del problema es insoluble: hacer es mucho más difícil que no hacer. Estar en contra de una obra es infinitamente más sencillo que proyectarla y construirla. Pero, debe también reconocerse que existe una falla del ingeniero en su capacidad de difundir a los medios en tiempo y forma los alcances, beneficios y eventuales problemas de sus proyectos.

Esta condición de comunicación permanente debe ser una línea indispensable de la Ingeniería que no puede esperar más tiempo. También es necesario que los especialistas se involucren para evitar la confusión entre un proyecto del Estado y una acción de Gobierno. Una opinión de una agencia estatal debería ser considerada (por lo menos a priori) como imparcial a los efectos de la sociedad, que hoy considera más serio o independiente un juicio vertido por grupos que en algunos casos merecen ese respeto pero en otros no cuentan con condiciones técnicas ni independencia de criterio para expresarse.

El mayor de los esfuerzos debe estar centrado en revertir esta debilitada imagen de la energía hidroeléctrica. Con posiciones duras, con escasa explicación que sea entendible por los actores sociales que intervienen en cada proyecto, con actitudes corporativas, difícilmente se pueda arribar a buen puerto.

Ello no implica que haya que dejar de exponer concretamente y muy severamente las conclusiones de los cálculos y las opiniones técnicas, sino que además habrá que buscar la metodología adecuada para hacerlas accesibles y creíbles para la Sociedad, en una difícil confrontación con las entidades representantes del fundamentalismo ecológico.

CONCLUSIONES

La crisis energética requiere de acciones inmediatas y de planificación a mediano y largo plazo. La influencia de los "lobbys" de las empresas petroleras y su acción sobre las fundaciones ecologistas han degradado la imagen de la energía hidroeléctrica, que de todos modos es la en la actualidad la única de carácter masivo que es renovable y no contaminante.

Los países desarrollados han utilizado hasta el máximo sus recursos hidroenergéticos, quedando en Europa sólo posibilidades de ampliación u optimización de antiguas centrales. Canadá, el país supuestamente con mayor calidad de vida, posee el máximo porcentaje de energía hidroeléctrica. En definitiva, la acción negativa contra las presas tiene 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.

En opinión de especialistas de la UNESCO, América Latina requiere de una nueva etapa de vigorosa tendencia a la energía hidroeléctrica, como necesidad básica para el crecimiento industrial y la mejora de calidad de vida. Es posible así que se retorne al diseño y construcción de presas en Argentina, para lo que será necesario tanto su verificación y optimización hidráulica como así también de su verificación de carácter ambiental, temas para los que el Instituto Nacional del Agua ya se ha preparado convenientemente.

Entre las posibles soluciones de corto plazo, merecen citarse aquellas acciones no estructurales, que pueden resolverse en tiempos breves y dependen más de decisiones y correctas explicaciones a la Sociedad que de grandes inversiones u obras. Por ejemplo, aumentar la cota de operación normal de un embalse importante no implica mayores inundaciones ni impactos, con excepción del mayor riesgo ante una crecida del río, que podría no tener los resguardos originales. Si se asegura un sistema de alerta eficaz y seguro y se garantizan las medidas de mitigación para los otros eventuales problemas que podrían aparecer, se tendría la misma seguridad y un incremento de energía anual muy considerable. En el caso de la presa de Yacyretá, el incremento del nivel de embalse llevaría a la obra a su estado de diseño original, para la que las turbinas fueron diseñadas y las obras de descarga fueron verificadas. Ese aumento de nivel es importante, debiéndose recordar que un incremento del salto entre el embalse y aguas abajo es directamente proporcional a la energía generada. El análisis de las filtraciones sugeridas de la presa hacia la Laguna Iberá, en su estado actual, está descartado por los organismos científicos serios de la Argentina, y las que podrían ocurrir con el aumento del embalse están acotadas y pueden determinarse en un estudio inmediato, pero no implican seguramente la falta de factibilidad de la elevación del embalse a su cota final. Queda claro que en este caso no es una sobreelevación del embalse, pues todos los estudios técnicos, económicos y ambientales desarrollados en el pasado se refieren a esa cota final. La mala información, los intereses de sectores locales y el fundamentalismo ecologista han detenido esta obra.

Gran parte de las obras hidráulicas argentinas, muy especialmente las de mediano y menor porte, vinculadas a 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 del setenta a partir de la introducción de técnicas para una "hidráulica de los valores instantáneos", especialmente relevante para el caso de los aliviaderos de crecidas. El Instituto Nacional del Agua ha desarrollado técnicas modernas que actualmente se utilizan en diversas partes del mundo para el estudio en modelos físicos de aliviaderos.

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.

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 las instituciones no gubernamentales, pues no tienen fondos para distribuir.

BIBLIOGRAFÍA

- Abu-Zeid, M.** (1993): *"Una evaluación de la presa de Asuán"*, Todos, Cuadernos de Educación Ambiental, UNESCO, N° 4, pág. 6.
- Biswas, A.K** (2000): *"Aswan Dam revisited. The benefits of a much-maligned dam"*, D-C Development and Cooperation, Frankfurt, Alemania, N° 6, pág. 25-27.
- Brown, L.** (2001): *"Worsening water shortages threaten China's food security"*, Eco-Economy Update 2201-1, Copyright Earth Policy Institute, epi@earth-policy.org.
- Centro de Estudios Históricos de Obras Públicas y Urbanismo** (1993): *"El agua en el mundo antiguo"*, Separata en Obras Hidráulicas en América Colonial, Madrid, España, Tabapress.
- Erming, Zhu** (2001): *"The main progress in the hydraulic research in China"*, Chairperson Presentation, XXIX IAHR Congress, Beijing, China.
- International Committee on Large Dams** (1997): *"Declaración sobre Las Presas y el Medio ambiente"*, ICOLD.

- IRC/WSSCC International Water and Sanitation Centre** (2004): "*Norte América: centrales eléctricas son la principal fuente de contaminación atmosférica*", Noticias, http://www.medioambienteonline.com/site/root/resources/industry_news/2299.html)
- Lopardo, R.A.** (2002): "*El impacto ambiental de las obras hidráulicas y el fundamentalismo ecologista*", Memorias del XX Congreso Latinoamericano de Hidráulica de la IAHR, La Habana, Cuba, ISBN 959-7160-17-X.
- Lopardo, R.A.** (2003): "*Una reflexión polémica sobre la construcción de la presa de Tres Gargantas*", Revista Ambiente, Boletín N° 19, La Plata, Argentina, revista-ambiente.com.ar/destacados/des_3.htm
- Lopardo, R.A.** (2004): "*Environmental impact of hydraulic structures: a controversial vision*", en Advances in Hydrosience and Engineering, Volume VII, edited by M.S. Altınakar, S.S. Wang, K.P. Holz & M. Kawahara, Brisbane, Australia, pp. 186.
- Lopardo, R.A. y Bombardelli, F.** (1999): "*On the interdisciplinary formation for the water-environment engineering*", The Learning Society and the Water-Environment, UNESCO, París, pág. 158-162.
- Sorman, G.** (2001): "Las organizaciones ecologistas ¿son morales?", Diario La Nación, Buenos Aires, 1 de julio, Opinión, pág. 19.
- Triaca, W.E.** (2004): "*Hidrógeno: almacenador y transportador de energía*",
- World Commission on Dams** (2000): "*Dams and development. A new framework for decision-making*", The Report of the World Commission on Dams, Londres, 2000