

XX CONGRESO LATINOAMERICANO DE HIDRÁULICA

EL IMPACTO AMBIENTAL DE LAS OBRAS HIDRÁULICAS Y EL FUNDAMENTALISMO ULTRAECOLOGISTA

Raúl Antonio Lopardo
Gerente de Programas y Proyectos del Instituto Nacional del Agua
C.C. 46 (1802) Aeropuerto Ezeiza, Argentina. Tel (011) 4480 0867.
Email: rlopardo@ina.gov.ar

RESUMEN

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. La atención de los estudios y las críticas de ciertos grupos "ultraecologistas" están orientadas hacia las grandes presas, a las que consideran enemigas de la sociedad. Sin embargo, ejemplos de degradaciones ambientales sumamente serias ocasionadas por obras de aparente menor importancia sugieren de extender a ellas también el necesario estudio de impacto ambiental. Tanto para obras hidráulicas importantes como para los pequeños aprovechamientos hay que estimular los estudios cuantitativos serios acerca de la incidencia sobre el ambiente. Además, es necesario que el diseño de los aprovechamientos hidroeléctricos sea efectuado por ingenieros con concepto ambiental, con visión holística del tema, con una adecuada formación transdisciplinaria.

ABSTRACT

Human communities need hydraulic structures not only for economic development but also for the support of the quality of life. Then, it is not coherent to avoid the construction but the engineer must take into account that negative impacts must to be eliminated or strongly limited to avoid environmental degradation. The attention and criticism of some "ultra-ecological teams" are usually oriented to the large dams, considered as enemies of the society. Nevertheless, there are examples of environmental impacts caused by small hydraulic structures, usually outside of the NGO claims. For large dams or small structures it must be necessary to evaluate seriously by means of a quantitative analysis the environmental impacts. Moreover, the proposal is that engineers with environmental concept, with a holistic point of view and transdisciplinary formation, must make the design of hydraulic works.

INTRODUCCIÓN

Más del cincuenta por ciento de los puentes que han fallado en los Estados Unidos de Norteamérica han tenido como motivo básico un defecto hidráulico. Luego, la suma de roturas de puentes producidas por terremotos, tifones, errores de cálculo estructural, malas fundaciones, accidentes y terrorismo no alcanza a igualar el número de aquellos que han cedido por su mala concepción como "obra hidráulica" (9).

Por otra parte entre 1935 y 1985 se han producido 173 fallas de presas de gran altura en el mundo, es decir a razón de 3,5 fallas de presas por año. En ese período 80 presas (46 % del total) fallaron por sobrepaso, es decir defecto del aliviadero de crecidas (8). Los accidentes de grandes obras hidráulicas plantean graves consecuencias sociales tales como fuertes pérdidas de vidas humanas, desastres económicos de gran magnitud y alteraciones dramáticas irreversibles del medio natural.

Al margen de la seguridad de obras hidráulicas existen numerosas estructuras que no corren ningún peligro pero que presentan errores de diseño que impiden que cumplan las funciones para la que los proyectistas las imaginaron. El hecho de no incluir al ambiente como elemento decisivo en la concepción de las obras ha llevado a numerosas de ellas a transformarse en elementos negativos para la sociedad que las ha financiado. Sin embargo, es de hacer notar en varios casos que las opiniones negativas de grupos ecologistas han sido desmentidas por el adecuado funcionamiento de otras presas.

Si bien las grandes presas están bajo la mirada de numerosas asociaciones, las obras de menor porte que conforman los pequeños aprovechamientos hidráulicos pueden tener también efectos destructivos singulares sobre la vida y los bienes de quienes habitan la región en la que se construyen.

Existen ejemplos de fallas de estructuras hidráulicas menores que tuvieron como resultado la eliminación de la más importante fuente de trabajo en una región de déficit hídrico, el deterioro económico de la población local, la disminución de actividades de industria regional y la progresiva y dramática emigración de pobladores. No existe mayor impacto negativo sobre el ambiente de una obra hidráulica que su propia destrucción.

En la Argentina, desde el desastre del Zanjón Frías en 1937 no hubo que destacar destrucción de presas de gran altura (más de quince metros). Sin embargo, en julio de 2000 se produjo la rotura de una presa en Anillaco, provincia de La Rioja, construida diez años antes para uso industrial y riego y en octubre de 1999 se produjo la rotura de otra presa construida con propósitos similares en Fiambalá, provincia de Catamarca (3).

LA INTERACCIÓN ENTRE HIDRÁULICA Y AMBIENTE

Desde hace más de treinta años se viene produciendo una toma de conciencia a nivel mundial referida a la necesidad de resguardar al planeta de la creciente degradación ambiental. Tal actitud ha comenzado a tener efecto en los países pioneros en la materia, tendiendo a rever conductas pasadas y a iniciar estudios sistemáticos de todos los proyectos de desarrollo.

Existe una muy fuerte interconexión entre agua y ambiente, por una parte, y agua y desarrollo, por la otra, ambas de características totalmente opuestas. Por lo tanto, el uso del agua para el desarrollo puede entrar en conflicto con la preservación del ambiente. La

protección de la vida humana y no sólo el mejoramiento sino el mantenimiento de su nivel de vida necesita de obras de ingeniería que, como es sabido, pueden perturbar el entramado natural, altamente sensible.

Se comprende entonces la necesidad de compatibilizar desarrollo con ambiente. A ello es que se dirige el intento del denominado "desarrollo sustentable", que tiene como premisas fundamentales la concreción de los proyectos de inversión y la conservación del ambiente.

Por otra parte, la ingeniería tiene un rol protagónico en los estudios de impacto ambiental, en particular la rama hidráulica, ya que se ocupa de los fluidos y en especial del agua, medio que acoge continuamente obras de infraestructura.

De acuerdo a lo expuesto, la tarea de la ingeniería actual no se limita simplemente a concretar la obra de la forma más económica para la sociedad y con la mayor calidad técnica. En efecto, con el surgimiento de los estudios de impacto ambiental y la capacidad natural de la profesión, los alcances de la labor ingenieril se ven ampliados, ya que puede desempeñar un rol destacadísimo en la cuantificación de los impactos ambientales a fin de asignarles un costo. La decisión sobre si un proyecto es viable o no debe contemplar hoy en día 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 sólo es un problema económico-financiero tradicional.

Siguiendo con el precepto de la visión holística necesaria para caracterizar el ambiente, el recurso agua debe ser analizado como un sistema global que contiene numerosos elementos relacionados entre sí y con el resto del ambiente. Esto hace inexorablemente necesaria la complementación de los ingenieros con los especialistas de otras numerosas disciplinas (4) (6).

LAS PRESAS Y EL FUNDAMENTALISMO ECOLÓGICO

Los ingenieros hidráulicos destacan las demandas de desarrollo económico y social que las presas intentan satisfacer, como irrigación, electricidad, control de inundaciones y suministro de agua. Sus opositores señalan los impactos adversos de las presas, como la carga del endeudamiento, los sobrecostos, el desplazamiento y empobrecimiento de personas, la destrucción de importantes ecosistemas y recursos pesqueros, y la inequitativa distribución de costos y beneficios.

Con el trasfondo de estos conflictos y presiones, un equipo de la Comisión Mundial de Represas (World Commission on Dams) 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 (10).

Sin embargo, tras algo más de dos años, la Comisión opina (10) que si bien las presas han 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.

Según su criterio, la falta de equidad en la distribución de los beneficios ha puesto en tela de juicio el valor de muchas presas a la hora de satisfacer las necesidades de agua y energía para el desarrollo. Por ello, proponen incluir en la discusión a todos aquellos actores cuyos derechos están implicados y que corren los riesgos asociados con las diferentes opciones para el desarrollo de los recursos de agua y energía, con el supuesto objetivo de crear las condiciones para una resolución positiva de los conflictos entre intereses contrapuestos a efectos de descartar proyectos perjudiciales en una fase temprana, y ofrecer como alternativa sólo las opciones que los principales interesados coincidan en considerar como las mejores para satisfacer las necesidades en cuestión.

En opinión de numerosos profesionales, el Informe de la Comisión (10) 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.

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.

Por otra parte, el Informe desconoce que las necesidades de los países en procesos de desarrollo son muy diferentes a la de los países ya desarrollados. Por ejemplo, no menciona clara y explícitamente cuales son las "alternativas" existentes para generar energía en las enormes magnitudes que nuestros países 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, etc.) es 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 ultraecologistas parece estar "de moda" sugerir medidas que invitan al reemplazo y desmantelamiento de usinas hidroeléctricas, lo que es particularmente útil a los intereses de los grandes grupos económicos vinculados a la energía termoeléctrica, indudablemente más contaminante y de más alto costo por Kwh).

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 Abu-Zeid, presidente del Centro de Investigaciones Hídricas de Egipto y reconocido investigador en la especialidad (1), 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, el Dr. Mahmoud 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.

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

El impacto negativo efectivamente comprobado ha sido la erosión costera del Delta del Nilo, que comenzó en 1988. La presencia de la presa de Asuán ha 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 (1) una mayor consideración de la opinión internacional.

ESCALAS DE LOS ANALISIS AMBIENTALES

Como es conocido, las presas de Salto Grande, Piedra del Águila, Yacyretá o Corpus son proyectos de inversión de gran envergadura. En general, para materializar obras de

semejante nivel se hace necesario contar con financiamiento externo, que proviene de los grandes bancos con fines de fomento, en particular del Banco Mundial y del Banco Interamericano de Desarrollo.

Para el acceso a dichos préstamos, desde hace ya varios años se comenzaron a exigir estudios de impacto ambiental. Este requisito ató, inevitablemente, las evaluaciones ambientales a los macroemprendimientos, mientras que las construcciones menores quedaron relegadas en el tema.

Es por ello que la "atención ambiental" se centrara en primera instancia en las grandes presas (muy atacadas por ciertos grupos ecologistas). Cabe mencionar aquí que en la Argentina, desde Salto Grande se efectúan evaluaciones de posibles impactos de los embalses; esos estudios pueden ser incompletos, erróneos o directamente ignorados, pero son ejemplos concretos de intentos por morigerar la degradación que sin duda algunas obras de tamaño magnitud generan.

Otras obras de interacción agua-estructura, como la conexión vial Rosario-Victoria a través del valle de inundación del río Paraná, también tuvieron que sortear el análisis transdisciplinario en el que se analizaron numerosos efectos sobre la morfología fluvial,

En líneas generales, nadie pone en duda en la actualidad la necesidad de estudios de impacto ambiental para el caso de obras de gran envergadura. Tal como se detalló, la concentración de la consideración general por parte de estas construcciones motiva que queden sin ningún análisis ciertos proyectos más modestos, que pueden derivar en degradaciones tanto o más severas que las obras monumentales. Es posible escribir una larga lista de emprendimientos de menor cuantía que no recibieron ni una mínima consideración ambiental. Puede procurarse alguna explicación: no tienen contenido político, no parecen afectar el paisaje y la geografía.

Para salvar las inundaciones en la ciudad de San Ramón de la Nueva Orán fundada en 1794 debidas a las crecientes del Río Blanco o Zenta, se desvió su principal afluente (el Río Iruya) a pico y pala en el verano de 1865, vertiendo sus aguas a la vecina cuenca del Río Pescado. Las fuerzas erosivas del río eliminaron progresivamente el enorme desnivel que había entre ambos cauces, de más de 100 metros, transportando volúmenes inconmensurables de sedimentos en suspensión, que aportaron a la cuenca del Bermejo (5). Aún hoy se observa una progresiva elevación del nivel del cauce del río Pescado en su desembocadura al Bermejo y que la mayor descarga sedimentaria de ese curso tiene como fuente la cuenca del Río Iruya. Si bien se ha demostrado que gran parte de la responsabilidad de producción de sedimentos en la alta cuenca del Iruya responde a razones naturales, la acción descontrolada que dio lugar a una pequeña causa aceleró notoriamente el tremendo efecto resultante. Naturalmente se comprende que en su tiempo nadie hubiera analizado el posible impacto de tal acción sobre el ambiente, que llega hasta el actual dragado de la ruta de navegación en el río de la Plata, pero es fuertemente posible que tampoco hubiera sido tenida hoy en cuenta si razones políticas o económicas muy fuertes la exigieran.

Otro tanto puede argumentarse respecto de la zanja que abriera a pala un vecino del Delta para atravesar con canoa una isla y que hoy (llevando su nombre: Zanja Mercadal) es ruta de navegación de los grandes buques que remontan el Paraná de las Palmas hacia la destilería de Campana. En ese caso no puede decirse que el impacto fuese negativo, sino implemente desmesurado respecto de la causa. Por ello, toda acción de aprovechamiento en regiones de baja pendiente debe ser muy cuidadosamente analizada.

Es importante destacar que, a pesar de que la sociedad no lo alcanza a apreciar, muchas obras viales (especialmente en zonas de llanura y valles de inundación) presentan impactos ambientales sensiblemente mayores que obras de aprovechamiento hídrico, muchas veces injustamente rechazadas u objetadas.

IMPACTO DE OBRAS MENORES

Las obras menores (presas de derivación, canales, protección de márgenes, alcantarillado, etc.) tienen también efectos destructivos singulares sobre la vida y los bienes de quienes habitan la región en la que se encuentran.

A modo de ejemplo, se puede considerar la caída de la presa La Puntilla, una pequeña estructura de contención localizada en las proximidades de la localidad de Copacabana, en la provincia de Catamarca, vecina a la riojana ciudad de Tinogasta, destinada a derivar agua para riego de una pequeña región dedicada a vid y membrillo.

La desaparición de la obra hidráulica por efecto de una subestimación de la crecida de diseño y una sobrestimación de la resistencia a la erosión del lecho aguas abajo, trajo aparejada la eliminación de la más importante fuente de trabajo en la zona, haciendo imposible el riego por gravedad y por ende la posibilidad económica de los cultivos. Este efecto económico a su vez resultó asociado a un obvio deterioro económico de la población local, una fuerte disminución de actividades de industria local (elaboración de vino casero y dulces regionales) y la consecuente emigración de pobladores. En un tiempo notablemente breve el número de habitantes en edad productiva descendió de forma realmente alarmante, dando el aspecto de un caserío fantasma.

Como se señalara previamente un impacto decisivo de un pequeño aprovechamiento es su destrucción, pero hay otros impactos también relevantes que en general no se tienen en cuenta y producen severos problemas. En realidad, las obras pequeñas y otras acciones de alteración hidráulica de desarrollan prácticamente sin evaluación ni control ambiental, se proyectan con "expertos locales", se construyen por "empresas no idóneas" y tienen relativa inspección y casi nulo mantenimiento.

Como ejemplo de acción antrópica negativa es posible mencionar el efecto de la toma de agua de un río inestable para cualquier tipo de aprovechamiento (generación energética, riego, suministro de agua potable). Es obvio que el proyectista trata de ubicar la obra de modo tal de que capte el caudal necesario de agua sin que ello modifique las condiciones de escurrimiento del curso y la localiza en un sitio "estable" donde el río no tenga alteraciones tales que pueda dejarla en seco o condenarla a destrucción por erosión de la margen. Las precauciones mencionadas quedan fuertemente lesionadas cuando el río está en una etapa de cambios profundos, como el ya mencionado río Pescado, afluente del Bermejo, en la provincia de Salta. La obra de toma diseñada por los Ings. Michaud en la década del cincuenta (2) en la margen derecha, cuya misión esencial es el riego de una extensión de más de 25.000 hectáreas de importantes plantaciones de caña de azúcar del ingenio El Tabacal, requirió durante muchos años la acción del hombre para evitar que en época de aguas bajas el río se apartara de esa margen.

Sin embargo, en caso de crecidas importantes, esa tendencia del río podía ser fatal atacando los terrenos linderos y erosionando la margen, cuya resistencia a la acción del flujo es despreciable. Por ello, se planificaron obras de defensa de margen, consistentes en una especie de protección lineal de margen ("espaldero") de la que se desprendían tres espigones inclinados en dirección descendente de longitud diferente construidos con

troncos y piedra (en "pata de gallo") que desviaban el flujo hacia el centro del cauce sin cortar la corriente que circulaba en aguas bajas frente a la zona de toma.

Durante el mes de marzo de 1980, en oportunidad de un evento climático que generó grandes crecidas en la mayoría de los ríos afluentes por margen derecha del Bermejo en su Alta Cuenca (Iruya-Pescado, Blanco-Zenta y San Francisco) se produjo un fenómeno de erosión severa en correspondencia con la margen izquierda del río Pescado en el tramo ubicado aguas arriba de la ruta nacional N° 50, que motivó la expansión lateral del cauce de inundación del río Pescado y la pérdida de tierras útiles para diversas actividades agrícolas, en especial para la producción de bananas. Al haberse desviado las aguas del Iruya al Pescado a fines del siglo pasado se ha conformado un nuevo río con más del doble de cuenca y una producción excepcional de sedimentos, de modo que el tramo se encuentra en permanente evolución. Dentro de una escala de tiempos de orden geológico, poco más de cien años (como se tiene en este caso) es un período inusualmente breve.

La presencia de una obstrucción en un cauce activo lateral y la protección de una de las márgenes de un cauce que progresivamente va aumentando la dificultad de escurrir por su parte central, ya que la va llenando de material de arrastre y creciendo en su nivel relativo a lo largo del tiempo, presenta al flujo la inevitable necesidad de recostarse sobre la margen opuesta. Debe tenerse presente que la destrucción de las márgenes (de material fácilmente degradable) requiere menor esfuerzo de la corriente que el arrastre de las piedras que alcanzaron la zona y allí se estacionaron por carecer el flujo de la necesaria energía para su transporte. Es evidente que el efecto de la crecida con la acción de los espigones ha cambiado la fisiografía del lugar, pues el cauce activo de margen derecha ha disminuido su potencia y se ha desplazado el cauce de inundación hacia margen izquierda, invadiendo terrenos que estaban fuera del área alcanzable por las grandes crecidas, formando un brazo activo en correspondencia con esa margen. Este nuevo cauce activo originó que una parte de los terrenos margen izquierda (utilizables económicamente antes del evento) formara parte del cauce de inundación del río, con lecho de piedra (7).

CONCLUSIONES

Las obras de infraestructura 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. El desarrollo sustentable es la aparente solución a las controversias que contraponen los proyectos de inversión y la conservación del ambiente.

A fin de llevar adelante el desarrollo sustentable son necesarios los estudios de riesgo ambiental. La labor de la ingeniería en esos estudios es la inherente del proyecto de las obras a la que se agrega la de predecir los posibles impactos ambientales mediante modelos matemáticos y físicos.

Ejemplos de degradaciones ambientales sumamente serias ocasionadas por obras de aparente menor importancia sugieren de extender a ellas también el necesario estudio de impacto ambiental. Tanto para obras hidráulicas importantes como 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.

Pero mucho más importante que efectuar una "evaluación de impacto ambiental" de una obra generalmente ya decidida por otros factores (y es casi imprescindible que resulte positiva) es que el diseño de los aprovechamientos hidroeléctricos en general y los pequeños en particular, sea efectuado por ingenieros con concepto ambiental, con visión holística del tema, con una adecuada formación disciplinaria.

Ante los dramáticos cambios que se producen en los campos económico y social en todo el mundo, resulta necesario introducir alteraciones conceptuales en la formación de los ingenieros hidráulicos, incorporando desde el inicio los factores ambientales como elementos indispensables a tener en cuenta en cada obra de infraestructura propuesta para el desarrollo social.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- (1) ABU-ZEID, M. (1993): "Una evaluación de la presa de Asuán", Todos, Cuadernos de Educación Ambiental, UNESCO, N° 4, pág. 6.
- (2) ANÓNIMO (1972): "Obras de riego en el río Pescado, Orán, Provincia de Salta", Boletín del Cemento Portland, Buenos Aires, Año VI, N° 26, pág. 2-3.
- (3) COMITÉ ARGENTINO DE PRESAS (2000), "Presa en Anillaco: segunda presa rota en menos de un año", Boletín electrónico del CAP, cap@argensoft.com.ar, Cipolletti, Argentina.
- (4) HJORTH, P., KOBUS, H., NACHTNEBEL, H.P., NOTTAGE, A. y ROBERTS, R. (1991): "Relating hydraulics and ecological processes", Journal of Hydraulic Research, Vol. 29, extra issue, pág. 8-19.
- (5) KONZEWITSCH, N. (1958): "Cantos rodados y material en suspensión de los ríos Bermejo, Pescado e Iruya", Agua y Energía Eléctrica.
- (6) 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.
- (7) LOPARDO, R.A. y BREA, J.D. (2000): "Natural and anthropic impacts of a basin in the Andes", en New trends in water and environmental engineering for safety and life: eco-compatible solutions for aquatic environments, editado por Ugo Maione, Beatrice Majone Lehto y Rossella Monti, Editorial Balkema, Rotterdam, Brookfield, pág. 124.
- (8) MALINOW, G.V.(1991): "La seguridad de presas existentes durante crecidas extraordinarias", D C, Ministerio de Defensa, Dirección Nacional de Defensa Civil, Año I, N° 1.
- (9) MURILLO, J.A.: (1987) "The scourge of scour", Civil Engineering, ASCE, New York, pág. 66-68.
- (10) WORLD COMMISSION ON DAMS: "Dams and development. A new framework for decision-making", The Report of the World Commission on Dams, Londres, 2000.