

# LA NECESIDAD DE CONSTRUIR PRESAS

José Antonio Maza-Álvarez

## Resumen:

Un hecho al que se enfrentan quienes tienen la responsabilidad de suministrar agua para riego y para consumo humano e industrial, de controlar los efectos de las inundaciones, y de generar energía eléctrica, es una oposición creciente a la construcción de presas. Ello se debe en gran parte a los daños que estas obras pueden causar y a no haber tomado en cuenta, en forma consciente, justa y responsable, los reclamos de las personas afectadas, los efectos sociales y los daños al medio ambiente y a los ecosistemas. Aquí se describen algunos beneficios, los cuales son poco conocidos, aun por las personas que los reciben, así como algunos impactos negativos derivados de la construcción de las presas. El conocer y reconocer los efectos perjudiciales permitirá evitar o reducir las causas que los originan. Esto ya se ha estado haciendo en algunos proyectos en las últimas décadas, aunque deberá extenderse a todas las nuevas grandes presas que sean construidas.

**Palabras clave:** Recursos hídricos, usos del agua, presas y embalses, laminación de avenidas, impacto ambiental.

## INTRODUCCIÓN

El siglo XX pasará a la historia como una época en la que se radicalizaron las ideas y los mitos. Grandes crímenes contra la humanidad se han cometido y se siguen cometiendo por simples diferencias de raza, color de piel, religión o nacionalidad, por citar unas cuantas. Ese mismo fenómeno se observa en aquellos grupos que, a ciegas y argumentando principios basados en opiniones ecológicas, sociales o políticas, han llegado a la conclusión de que las presas son extremadamente dañinas, y por tanto, no hay que construir ni una más.

El agua dulce en el mundo es finita y representa aproximadamente el 2.5% del volumen total del líquido que hay en nuestro planeta. Se estima en 9000 km<sup>3</sup> el volumen de agua dulce disponible en el mundo, y tanto en México como en otros países ese líquido y la población no se distribuyen uniformemente, por lo que para abastecer a las zonas con menor disponibilidad del recurso es necesario, de ser posible, construir presas de almacenamiento (SRH, 1970). Conviene recordar que la extracción anual de agua dulce en el mundo proveniente de lagos, ríos y acuíferos subterráneos, es de aproximadamente

3800 km<sup>3</sup>, es decir, el doble que hace 50 años y sigue en aumento, ya que se ha estimado que 50 litros diarios es el mínimo indispensable que requiere una persona para su consumo y aseo, y más de la sexta parte de la población mundial no dispone ni siquiera de esa cantidad mínima de agua.

Debe tenerse en mente que los caudales que escurren por un río varían continuamente en el tiempo y que hay épocas de varios meses en que los escurrimientos son reducidos y otras en que fluye el agua en abundancia. La única forma de regular, controlar, almacenar y aprovechar esos escurrimientos es con las presas. Con ellas es posible garantizar el abastecimiento de agua a la creciente población y el suministro del líquido para riego. Es cierto que otra fuente de dotación de agua son los acuíferos subterráneos, pero algunos de ellos están sobreexplotados, como ya sucede en México, fenómeno que se acelerará con la demanda requerida por el aumento de población, aunque cuando el agua subterránea es utilizada, siempre existe la posibilidad de hacer un uso racional de ese recurso. Si no se prevé la construcción oportuna de presas, las consecuencias de la sobreexplotación de los acuíferos, sobre todo por descuido, serán dramáticas.

Profesor de la División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México. Gerente de Estudios de Ingeniería Civil, Comisión Federal de Electricidad. MÉXICO

Artículo recibido el 11 de julio de 2003, recibido en forma revisada el 14 de septiembre de 2004 y aceptado para su publicación el 5 de noviembre de 2004. Pueden ser remitidas discusiones sobre el artículo hasta seis meses después de la publicación del mismo siguiendo lo indicado en las "Instrucciones para autores". En el caso de ser aceptadas, éstas serán publicadas conjuntamente con la respuesta de los autores.

Por tanto, si se desea contar con agua para la vida, ante el crecimiento explosivo de la población y el deseo de mejores condiciones de vida de numerosas comunidades, regiones y estados, las presas son una solución. En los países que tuvieron la oportunidad de construir presas antes de que se iniciara el rechazo a las mismas, la situación es menos apremiante, ya que cuentan, al menos en algunas regiones, con suficientes embalses para almacenar agua durante las épocas en que ésta existe en exceso, y utilizarla en los meses de estiaje, cuando no se cuenta con otras fuentes de agua disponibles.

Cuando uno trata con quienes se oponen en forma categórica a la construcción de presas, se piensan en al menos tres causas que alimentan esas opiniones: la ignorancia, la mala fe y los intereses creados.

La **ignorancia** es el desconocimiento de la realidad. Todo el mundo siente que tiene derecho a externar sus opiniones, pero no la obligación de respaldarlas con hechos. Hay personas que externalizan sus opiniones de buena fe, basadas en otras que pueden no serlo, pero que retroalimentan su pensamiento inicial. Para entender los hechos se requieren conocimientos técnicos de los cuales carecen muchas personas, a quienes no parece importarles esa falta de conocimientos, y que incluso no piensan que tienen esa carencia.

Las opiniones de **mala fe** pueden ser externalizadas por personas con conocimientos sobre el tema, pero obcecadas por ideas partidistas o gremiales. Dentro de este grupo, en ocasiones, se externalizan opiniones que aparentemente están basadas en la realidad pero distorsionando los hechos o con verdades a medias.

Por último, las opiniones basadas en **intereses creados** las expresan y defienden principalmente personas con algún interés propio o económico. Quienes las emiten, al igual que muchas del segundo grupo, no aceptan ninguna explicación o hechos que puedan tender a modificar su opinión, ya que no les conviene, ni están dispuestas a hacerlo. Para fines prácticos están cerradas al diálogo. Esa cerrazón termina cuando la oposición es generada por líderes que movilizan a la gente y que son recomendados económicamente, acción corrupta que se observa en algunos países latinoamericanos.

Es verdad que las presas, como muchas otras obras de ingeniería, han causado diversos daños,

principalmente ecológicos y sociales. Sin embargo, conviene tener en mente que los aspectos ambientales y el balance de los ecosistemas no eran conocidos, como ahora lo son, cuando muchas presas se construyeron, y que con el avance de la tecnología y con las reclamaciones justificadas de muchos afectados se ha tomado conciencia de que una obra tan importante como las presas, puede ser llevada a cabo reduciendo o evitando los aspectos negativos que pudiera causar.

En el apartado 2 de este escrito se comentan primero, en forma sucinta, las ventajas más importantes de las presas con énfasis en el control de las inundaciones, ya que existe un clamor que insiste en que las presas son también causantes de las mismas. A continuación, en el apartado 3 se indican algunas de las desventajas y aspectos negativos de esas obras, incluidas las principales que han sido señaladas por la *World Commission on Dams* (WCD, 2000), y que para corregir un daño o para evitarlo, lo primero que debe hacerse es reconocerlo. En el apartado 4 se presentan las medidas de mitigación que ha establecido y recomendado la WCD para reducir los daños y las injusticias que ha ocasionado la construcción de algunas presas (WCD, 2000), aunque la publicación mencionada da la impresión de estar más en contra de las presas y de los países en desarrollo que a favor. Finalmente se incluyen los comentarios.

## VENTAJAS DE LAS PRESAS

Como cualquier obra que construye el hombre, también las presas, en mayor o menor grado, producen diversos impactos positivos y negativos que pueden convertirse en ventajas y desventajas. A continuación se mencionarán las primeras tratando, en lo posible, de ser realistas y respetando los hechos.

Entre los propósitos principales por los cuales las presas son construidas destacan los siguientes: a) Dotación de agua a poblaciones para consumo humano y fauna doméstica, así como para la industria y servicios; b) Suministro de agua para riego y agroindustrias; c) Generación de energía eléctrica; y d) Control de inundaciones.

Del reconocimiento de sus múltiples propósitos y beneficios, se pueden destacar las siguientes ventajas.

### Almacenan agua durante la época de abundancia para disponer de ella durante el estío

El agua almacenada tiene diversos usos: doméstico y agrícola, para procesos industriales y para generación de energía eléctrica, por citar los más importantes (SRH-CFE, 1976). Con referencia al consumo humano, agrícola y animal, en algunas regiones el agua es tan escasa que sería imposible suministrar la requerida a lo largo de todo el año, si no se tuviera una presa con agua almacenada. Cuando no hay presas cercanas, el abastecimiento a poblaciones se resuelve con agua subterránea, y como es de vital importancia proporcionar ese servicio, con frecuencia, en los países subdesarrollados se llegan a sobreexplotar los acuíferos subterráneos, con riesgo de agotarlos, o bien de alterar la calidad de sus aguas, cuando no hay un organismo que controle eficaz y eficientemente las extracciones. En las regiones cercanas al mar, esta acción propicia la contaminación de los acuíferos por intrusión salina.

Con referencia al riego, hay en el mundo unos 270 millones de hectáreas irrigadas, de las cuales entre 81 y 110 millones son regadas con agua previamente almacenada en presas. Así, el propósito principal del 50% de las presas que se han construido ha sido el riego, lo que contribuye entre el 12% y el 16% a la producción de alimentos (datos de la WCD). Por otra parte, los volúmenes requeridos para riego son muchísimo mayores que los demandados para consumo humano. Así por ejemplo, una población de un millón de habitantes puede requerir entre 20 y 200 millones de metros cúbicos por año, mientras que un millón de hectáreas de riego puede consumir entre 10,000 millones y 20,000 millones de metros cúbicos por año, sobre todo cuando no se establecen prácticas adecuadas de riego, como ocurre en algunas regiones de México.

### Controlan las avenidas reduciendo total o parcialmente el pico de las mismas

En muchas regiones del mundo, y en nuestro medio en el sureste mexicano, la gente asentada aguas abajo de una presa se opone a que las presas descarguen por sus obras de excedencias, cuando éstas tienen compuertas; si se produce una inundación inmediatamente le echan la culpa al organismo que opera la presa. Esta opinión es alimentada y soportada por algunos políticos y por los medios de comunicación. Cuando ello ocurre nadie se pregunta

¿Por qué se abrieron las compuertas? ¿Qué pasaría si esa operación se retrasa o no se lleva a cabo? ¿Qué hubiera ocurrido si la presa no existiera? Sin embargo, conviene señalar que cuando una presa tiene un vertedor libre, la población sí está consciente de que hay derrames cuando la presa se llena.

Todas las presas, en mayor o menor grado, cualquiera que sea el propósito principal de los antes señalados ayudan al control de las avenidas, ya que los caudales que descargan sus obras de excedencias son menores que los máximos caudales que entran al embalse. (Maza-Álvarez y Franco, 1997).

Algunas presas se diseñan y construyen con el propósito inicial de controlar avenidas y de reducir o evitar inundaciones; tal es lo ocurrido en México con las presas La Amistad y Malpaso, aunque ambas posteriormente se aprovecharon para generación eléctrica. En el mundo, en 75 países se ha construido al menos una presa para controlar avenidas como propósito principal. El grado de control depende de la relación entre el volumen de la avenida,  $V_E$ , que entra al embalse, y el volumen disponible que hay en el mismo,  $V_C$ , entre el "nivel de aguas máximas de operación" (NAMO) y el "nivel de aguas máximas extraordinarias" (NAME), denominado comúnmente "volumen para regulación de avenidas" o "capacidad de control". En las presas para generación de energía eléctrica, la cota del nivel mínimo de operación (NAMINO) corresponde a la elevación mínima de la superficie del embalse que permite la operación de las turbinas, mientras que en las presas para riego o abastecimiento de agua potable, el NAMINO coincide con el nivel inferior de la entrada de la obra de toma.

Si en una presa el volumen disponible para el control de avenidas es mucho mayor que el volumen de una creciente o avenida determinada y el vertedor tiene compuertas, todo ese volumen puede quedar retenido en el embalse. Si el volumen de la avenida es mayor y por tanto no almacenable en el embalse, parte de él se tiene que dejar pasar por la obra de excedencias. Sin embargo, casi siempre el volumen vertido y siempre el caudal descargado son menores que el volumen y caudal máximo de la avenida que entra al embalse. Si el vertedor es libre (sin compuertas) los volúmenes de los hidrogramas de entrada y de salida al embalse pueden llegar a ser iguales, pero el caudal máximo descargado por el vertedor es siempre menor que el caudal máximo de la avenida o hidrograma de entrada.

Recuérdese que las obras de excedencias se construyen con objeto de dar seguridad a la presa en su conjunto, e impedir que el agua llegue a verter sobre el dique, dañándolo o destruyéndolo totalmente. Lo que no se puede olvidar es que cuando se vierte agua por una obra de excedencias, su hidrograma de descarga es menor o mucho menor que el hidrograma de la avenida de entrada al embalse, siendo esta última la que escurriría hacia aguas abajo, sin ninguna modificación o amortiguamiento, si la presa no se hubiera construido.

### **Favorecen el desarrollo de la piscicultura**

En algunos embalses y mediante la siembra inicial de algunas especies, que en ocasiones no existían en esa zona del río, se logra un desarrollo piscícola importante. Este beneficio lo reciben las comunidades cercanas al embalse. También las presas pueden ocasionar daños a la piscicultura, sobre todo cuando se trata de peces migratorios, como se indica más adelante.

### **Favorecen el desarrollo de centros turísticos**

El turismo encuentra en las presas un potencial muy amplio, por las posibilidades que ofrece un lago artificial. Se pueden citar entre otras, las siguientes: lugares de descanso y de esparcimiento y sitios para acampar, además de la posibilidad de practicar deportes como esquí acuático, velleo, canotaje, natación y buceo. Todo ello requiere además la necesidad de mano de obra para todos los servicios asociados, principalmente hoteles y restaurantes, alquiler de lanchas y venta de diferentes bienes. Gran parte de esos nuevos puestos de trabajo es ocupada por las personas que viven en las cercanías al embalse o cuyas propiedades pueden haber sido afectadas por el mismo.

### **Vía de comunicación**

Cuando los embalses de las presas son muy grandes, ofrecen amplias posibilidades de comunicación, muy difíciles de lograr en otras circunstancias, facilitando así el tránsito de personas y de productos entre las poblaciones y caseríos formados a la orilla del nuevo lago artificial, sobre todo cuando los caminos alrededor del embalse son inexistentes. Esto ocurrió, por ejemplo, en forma sorprendente en la presa Aguamilpa en el estado de Nayarit.

### **Generación hidroeléctrica**

Ésta es una de las formas más limpias de generar electricidad. Toda la que así se produce evita que ella sea generada quemando hidrocarburos o utilizando combustible nuclear (para los cuales también hay oposición por parte de los ecologistas). Téngase en cuenta que del total de la energía eléctrica generada en el mundo, aproximadamente el 19% corresponde a energía hidroeléctrica. Además, un 33% de los países surte más del 50% de su demanda con energía hidráulica y en 24 de ellos, la generación hidroeléctrica representa más del 90% de la energía consumida, siendo Noruega el país que prácticamente genera el 100% de su electricidad con energía hidráulica. Desde el punto de vista de operación de un sistema eléctrico, la flexibilidad de operación de las centrales hidroeléctricas, en cualquier sistema, supera también cualquier contingencia que se produzca en otras plantas de generación. Tampoco hay que olvidar que en la generación de energía hidroeléctrica se utiliza el agua, pero ésta no se consume y queda disponible para otros usos posteriores aguas abajo de las presas.

### **Desarrollo local y regional**

Este desarrollo se debe en forma indirecta a las presas y en forma directa al uso del agua almacenada. Por ejemplo, si ella se destina a irrigación y se construyen grandes distritos de riego, el desarrollo agrícola deriva en la formación de nuevos centros urbanos y en el crecimiento de los ya existentes, por requerir mayor actividad comercial, industrial y de servicios. El noroeste de México, principalmente en los estados de Sinaloa y Sonora, es un ejemplo de lo aquí señalado. De no haberse construido las presas que actualmente están en operación, muchas ciudades y poblados simplemente no existirían. El desarrollo citado representa una fuente de empleos y mejor calidad de vida. Así mismo, los productos agrícolas, ganaderos e industriales que son exportados ayudan en algo a compensar la balanza de pagos de algunos países. El desarrollo regional indicado y la ventaja que representa para el país correspondiente son beneficios no tomados en cuenta en las evaluaciones socioeconómicas de una presa. Y aún más, muchas de las personas favorecidas por el efecto multiplicador en actividades ligadas a la actividad agrícola original, no conocen ni sospechan la causa principal del beneficio del que gozan.

### DESVENTAJAS DE LAS PRESAS

Al tratar sobre las desventajas de las presas o sobre sus efectos negativos, se deben tener en mente las condiciones y los conocimientos tecnológicos existentes en la época en que muchas de ellas fueron diseñadas y construidas. Con frecuencia se juzgan los hechos de la historia o a sus principales personajes desde el punto de vista de nuestros comportamientos, principios y valores actuales.

Aunque algunas de las ventajas de las presas por obvias y mayores que las desventajas, el estudiar, analizar y reconocer los daños que pueden causar las grandes obras de ingeniería, es el primer paso para reducir o evitar sus efectos negativos. Por ello, en lo que sigue se indica un mayor número de esos efectos comparativamente con las ventajas presentadas; muchos de ellos han sido tomados del informe del Comité Mundial de Represas (WCD, 2000). Conviene señalar que en las últimas dos décadas se ha tenido una mayor conciencia de los probables daños que puede ocasionar la construcción de una gran presa y se han tomado medidas para minimizar sus impactos negativos, así como escuchar y atender las necesidades de las comunidades afectadas.

Además de los efectos negativos, se indicarán algunas medidas que se han implantado o que se están aplicando para remediarlos, sin dejar de reconocer que en muchas ocasiones han sido escasas e insuficientes.

Entre los principales efectos negativos atribuidos a las presas, se pueden mencionar los que a continuación se indican. Dichos efectos se han agrupado en: Económicos y financieros; Problemas sociales; A la arqueología; Afectación al medio ambiente; Problemas fluviales; y Problemas de operación e hidráulicos.

#### Efectos económicos y financieros

Al analizar únicamente los beneficios económicos tomados en cuenta durante la planeación y el estudio de factibilidad de una presa y al compararlos con los beneficios realmente alcanzados, se ha encontrado lo siguiente:

- Las presas diseñadas para riego generalmente no han alcanzado sus objetivos, ni se ha recuperado el costo de inversión, y su rentabilidad ha sido menor que la prevista. Así mismo, algunas presas hidroeléctricas tampoco han alcanzado los niveles de generación previstos en el proyecto

- Las presas construidas para dotar de agua a la población y a la industria, generalmente no alcanzan los objetivos en cuanto a las fechas y volúmenes de suministro de agua, y por tanto exhiben bajos desempeños económicos y financieros

- Las grandes presas normalmente muestran una marcada tendencia a sufrir retrasos en su construcción y a tener sobrecostos significativos

Para aseverar lo antes indicado, el WCD analizó varios proyectos y consideró los objetivos productivos y económicos que fueron establecidos durante la planeación y conceptualización de los mismos y los comparó con los que realmente se alcanzaron. *No consideró ninguna otra ventaja de carácter económico, social, técnico o de desarrollo, en el área de influencia de las presas.* En otras palabras, todas las externalidades benéficas debidas a la construcción de una presa, usualmente no se cuantifican en los análisis financieros.

Tampoco se ha tomado en cuenta que una vez recuperada la inversión erogada en la construcción de una presa, la obra sigue proporcionando grandes beneficios por varias decenas de años más. Si los requisitos exigidos por los grandes grupos financieros se hubieran requerido en el pasado, México no hubiera podido construir muchas de las presas para riego con que actualmente cuenta y que siguen aportando beneficios no cuantificados durante su planeación.

### 3.2 Problemas sociales

Como problemas sociales más importantes atribuidos a las presas, pero cuyo grado de daño varía de país a país y depende de la época de su construcción, se encuentran los siguientes:

- Entre 40 y 80 millones de personas han sido desplazadas en todo el mundo, debido a la construcción de las presas, y muchas de ellas no fueron reinstaladas ni indemnizadas. Además, en muchas ocasiones no se les restituyeron sus medios de subsistencia y aunque existieron programas de reasentamiento, no se tuvo en cuenta el desarrollo económico futuro y social de los afectados

- Millones de personas localizadas aguas abajo de las presas, sobre todo las que dependen de las planicies de inundación naturales y de la pesca, han visto sus medios de subsistencia seriamente dañados

- Las decisiones unilaterales que toma un país al construir una gran presa alteran los flujos de agua en la cuenca, con consecuencias considerables para los demás países ribereños

Sin embargo, sería injusto dejar el señalamiento únicamente como negativo. Sin conocer el porcentaje relativo de situaciones favorables y negativas, se señalarán algunas en las que se trató de minimizar el daño o donde incluso las personas desplazadas fueron ampliamente beneficiadas. Como ejemplo se puede citar la presa Zimapán (1994) en el estado de Hidalgo. En muchas presas para riego, las personas que vivían en la zona del futuro embalse recibieron un área de cultivo en el nuevo distrito de riego.

Muchos poblados construidos para las personas desplazadas fueron formados con casas mucho más amplias y cómodas que las que tenían anteriormente, además de contar con energía eléctrica, agua potable y drenaje, así como con escuela, hospital, iglesia y jardines.

En otras presas, debido a que el embalse permite la creación de lugares de esparcimiento y en él se practican diversos deportes acuáticos, los lugareños encuentran nuevas formas de trabajo y subsistencia al desarrollar pequeños restaurantes, tiendas de comestibles, venta de lubricantes o talleres de servicio, al mismo tiempo que hay una mayor necesidad de mano de obra. Ejemplo de lo anterior es, entre muchas, la presa El Carrizo en el estado de Sinaloa.

Para tener un mejor conocimiento de los efectos que una gran presa puede causar en la población tanto en el sitio de la obra como aguas abajo, y así encontrar las medidas de mitigación más eficaces y justas, se requiere que las autoridades y gobiernos tomen conciencia de la necesidad de invertir en estudios previos que deben realizarse con varios años de antelación a la construcción de una presa, además de la necesidad de invertir en las medidas de remediación necesarias y no considerar esas erogaciones dentro del costo total de la obra, sino como un costo adicional que debe invertir el país. Muchos gobiernos están interesados en construir obras que puedan capitalizar políticamente en el corto plazo, pero no en estudios, siendo que los estudios bien realizados y a tiempo conducen casi siempre a mejores soluciones, obras más económicas y medidas de mitigación más eficaces. En muchos países iberoamericanos no se invierte lo suficiente en estudios previos.

## Efectos a la arqueología

La formación de los embalses puede llegar a cubrir sitios arqueológicos y patrimonios culturales. Se han hecho esfuerzos para rescatar algunos de ellos, y otros se han estudiado con mayor o menor detalle antes de ser cubiertos por las aguas. Sin embargo, se considera que muchos sitios arqueológicos han sido inundados y posteriormente otros han sido cubiertos por los sedimentos depositados en los embalses.

## Afectación al medio ambiente

A medida que transcurre el tiempo, se conocen mejor los efectos que tienen las grandes presas sobre los ecosistemas, la biodiversidad y los medios de subsistencia río abajo. Al conocerlos, se han detectado los problemas que a continuación se señalan:

- Descuido en la mitigación de los daños ecológicos en el sitio de las obras y la no restitución de las condiciones iniciales, al concluir la construcción de una presa

- Las presas reducen la cantidad de agua dulce y de nutrientes que llegan al mar. En algunos casos extremos de ríos con grandes presas en cascada, la aportación de agua dulce al mar puede ser nula; como ejemplo de lo anterior está el río Colorado y el río Bravo (río Grande). Se desconoce el efecto ecológico de esta acción cuando no hay peces migratorios. Cuando los hay, siempre se debería dejar un cierto caudal que garantice dicha migración. Así mismo, si existen lagunas litorales con intensa actividad acuícola que requiera agua dulce, se deben destinar caudales que garanticen los nutrientes y la calidad del agua que necesitan dichas lagunas

- Se han perdido bosques, hábitats naturales y poblaciones de especies, debido a la formación de los embalses

- Los esfuerzos requeridos para rescatar la flora y la fauna existentes en los futuros embalses han tenido poco éxito a largo plazo. La utilización de elevadores y de escaleras para peces migratorios también ha tenido éxito reducido. Se han hecho esfuerzos plausibles sobre este tema y también es justo reconocer que ha habido proyectos, aunque escasos, con resultados favorables

- Aunque no existen mediciones de las emisiones de gases invernadero de los hábitats naturales antes de la creación de un embalse, se sabe que todos ellos los emiten, como lo hacen los lagos naturales, debido a la descomposición de la vegetación y a la entrada de carbono (materia orgánica) procedente de la cuenca. Sobre este punto hay aún mucho por conocer e investigar

Actualmente se cuenta con más y mejores técnicas para lograr un mejor conocimiento de la naturaleza, tanto en el entorno de la presa como río abajo. El adecuado manejo de todas y cada una de las variables ambientales debe ser considerado en el planteamiento de las obras de ingeniería. En México, previo a la construcción de una obra debe presentarse una manifestación de impacto ambiental (MIA), la cual es aprobada hasta que se cumplan todos los requisitos solicitados. Se debe llegar a comprender que las obras hidráulicas no deben ser únicamente para el hombre; deben ser contribuyentes importantes para la vida. Esto implica un cambio de paradigmas en todas aquellas personas relacionadas con la planeación, diseño, construcción y operación de las presas, ya que deben ser los principales defensores de la naturaleza.

### Problemas fluviales

A continuación se señalan los principales cambios que sufre un cauce natural al ser modificadas sus características y su transporte natural de sedimentos:

- Retención de sedimentos. Este fenómeno ocurre necesariamente ya que los embalses funcionan también como grandes tanques de sedimentación. Dependiendo de las condiciones de la cuenca—relieve y pendiente del terreno, tipo de suelos, vegetación, régimen de lluvias, etc.—será el volumen de partículas de suelo y de roca que llegue a un embalse. Además, hay que aceptar que ya sea en años o en siglos, muchas presas terminarán su vida útil cuando sus embalses se colmen de sedimentos

- Erosiones del fondo del río en los primeros tramos aguas abajo de la cortina. Estos tramos afectados tienen una longitud que con el tiempo puede alcanzar de 30 a 50 km. A la fecha no se considera como un daño, pero es un fenómeno que ocurre y por eso se señala

- La geometría de las secciones transversales de cada tramo de los ríos (anchura y profundidad) así como su pendiente hidráulica dependen,

entre otros factores, del caudal formativo o dominante (que representa al hidrograma real) y del transporte de sedimentos que proviene de los tramos de aguas arriba. Cuando se construye una presa se modifica el hidrograma y por tanto el caudal dominante, el que usualmente es menor. Ello tiende a modificar la geometría de las secciones transversales de los tramos de aguas abajo, y su efecto final es una pérdida de capacidad hidráulica por “azolvamiento” del cauce, y por tanto pueden llegar a ocurrir desbordamientos con caudales menores que los que pasaban sin desbordar antes de la construcción de la presa.

- Desequilibrio de la línea de costa. Este fenómeno tiene lugar cuando al reducir las descargas de agua, por ser utilizada principalmente en riego, disminuye también el aporte de sedimentos al mar. El primer efecto que se aprecia, en algunas zonas, es la reducción o suspensión del avance de la línea de costa hacia el mar. Cuando ocurre erosión de la costa existen soluciones para evitarla y controlarla

### Problemas de operación e hidráulicos

Aquí se mencionan algunos efectos ocasionados por la operación de una presa y los cambios hidráulicos que ello genera, sin considerar el transporte de sedimentos.

- Falla de la cortina. Puede ocurrir como sucede con cualquier obra o aparato construido por el hombre. Sin embargo, su ocurrencia es baja, ya que se construyen con el mayor cuidado posible, y tanto en el diseño como en la construcción se siguen procedimientos que garantizan la confiabilidad de las obras. Algunas estadísticas sobre falla de presas se exponen en la tabla 1

Aunque el número de presas falladas, indicado en la tabla 1, parece pequeño con respecto al total de presas en operación en 1983 y cuyo número total no pudo ser obtenido, es un fenómeno que debe ser reducido con diseños más confiables y sobre todo con inspecciones más frecuentes y cuidadosas

- Garantizar la seguridad de las presas requerirá mayor atención, personal más capacitado y mayores inversiones, a medida que las obras envejecen

- Las grandes presas, a pesar de que sirven para el control de inundaciones, como ya se ha señalado,

han incrementado la vulnerabilidad ante inundaciones debido al desarrollo, propiciado por esas obras, que ha ocasionado el incremento de asentamientos humanos aguas abajo y un aumento de población en zonas que aún corren el riesgo de ser inundadas. Sin embargo, las avenidas siguen ocurriendo, tanto por la descarga de las presas, como por lluvia local en las cuencas aguas abajo de ellas. Conviene tener en mente que cuando los caudales descargados por una presa causan una inundación, quienes son afectados nunca piensan en lo que les habría ocurrido si la presa no hubiera sido construida. Esas inundaciones, que como se ha indicado afectan a personas y obras, en ocasiones no se deben a las descargas de las presas en sí, sino sobre todo a que las autoridades y gobiernos no delimitan ni regulan las zonas confiables para futuros asentamientos humanos, o debido a que muchas obras de infraestructura, principalmente caminos y ferrocarriles, entorpecen el libre escurrimiento de las aguas desbordadas, ya sea por la existencia de sus terraplenes o por la falta de capacidad hidráulica de muchos de sus puentes.

**Tabla 1. Principales causas de fallas en presas**

CAUSA DE LA FALLA	NÚMERO	%
Tubificación de la cimentación	66	23.16
Tubificación del terraplén	37	12.98
Rebosamiento	37	12.98
Deformación excesiva	37	12.98
Deslizamiento	35	12.98
Erosión	34	11.93
Deterioro de taludes	13	4.56
Deterioro general	11	3.86
Falla de las compuertas	7	2.46
Construcción defectuosa	5	1.75
Sismo	3	1.05
Total de fallas reportadas	285	100.00

Elaborada con datos del Committee on the Safety of Existing Dams (1983)

### MEDIDAS DE MITIGACIÓN

Debido al alto costo de las presas y de las medidas necesarias de mitigación de sus efectos negativos, se han propuesto opciones para aumentar la eficiencia de la oferta y crear nuevas opciones de suministro, tanto de agua como de

energía eléctrica, entre las que se pueden señalar las siguientes (WCD, 2000):

- Promover la reducción del consumo de agua y el reuso de este recurso, así como un uso más eficiente de la energía eléctrica

- Si se mejora la gestión de los sistemas de abastecimiento de agua y de energía, se pueden aplazar las necesidades de nuevas fuentes de suministro; esto incluye mejorar la eficiencia en la producción y transporte de los sistemas existentes y reducir y evitar pérdidas innecesarias de agua y de energía

- Reducir la sedimentación de los embalses actuales mediante acciones de reforestación y de construcción de obras para retener azolves en las cuencas. Así mismo, cuando técnicamente sea factible, dotar a las nuevas presas de descargas de fondo para extracción de sedimentos

- Estudiar y construir obras que permitan la recarga de los acuíferos subterráneos

- Han surgido opciones para el suministro de agua y de energía que son adecuadas localmente desde el punto de vista ambiental, viables económicamente y aceptables para la población, como son el reuso del agua, el almacenamiento de agua de lluvia, la energía eólica y la energía solar

Para reducir los impactos y los conflictos sociales y ecológicos, se pueden tomar en cuenta algunas de las siguientes acciones:

- Aumentar la eficiencia de los sistemas existentes

- Realizar estudios serios sobre las diferentes variables ambientales que participan en el entorno al sitio del proyecto y aguas abajo de él, con el propósito de conocer los posibles daños y llevar a cabo las acciones para minimizarlos o controlarlos

- Realizar un análisis de opciones en el que participen los técnicos, los gobiernos y la sociedad

- Garantizar la mejora de los medios de subsistencia y atender las necesidades tanto de los desplazados como de los afectados directa o indirectamente, compensando los daños con otros medios productivos, de ser posible relacionados con el embalse, ya que podrían recibir una compensación de los directamente beneficiados durante el tiempo que sea necesario



- Efectuar inspecciones periódicas y cuidadosas del estado de cada uno de los componentes de una presa

- Desarrollar, aplicar e imponer incentivos, sanciones y mecanismos de apelación, especialmente en las áreas de desempeño ambiental y social

Por lo antes expuesto, una mitigación adecuada de posibles daños parte de una buena base de información, de la cooperación temprana y continua entre los especialistas en medio ambiente, los diseñadores de las presas y las personas afectadas, y del control e información continua y veraz respecto a la eficacia y eficiencia de las medidas de mitigación.

Muchas de las acciones comentadas, aunque con ciertas limitaciones, ya se han puesto en práctica en muchos países.

### COMENTARIOS FINALES

Cabe hacer mención que se han indicado con mayor detalle y en forma más exhaustiva los efectos negativos y los problemas causados por las presas. La posición anterior es adecuada, ya que señalar, conocer y reconocer los impactos negativos de las presas es el primer paso para, en un futuro inmediato, evitarlos o reducirlos lo más posible. Es paradójico que entre los países que más luchan por conservar el ambiente y la naturaleza se encuentran los que ya destruyeron su biodiversidad y extinguieron mucha de su fauna local. Sin embargo, los conocimientos actuales se empezaron a adquirir hace unos 20 o 30 años y el haber tomado conciencia de nuestro deber de conservar a la naturaleza y reducir al máximo su destrucción es loable, plausible, y de vital importancia, pero sin llegar al fanatismo y sin recurrir a la mentira.

Conviene tener en mente que los efectos negativos de las presas son más o menos conocidos porque son evidentes, por los reclamos de las personas y comunidades que han sido afectadas, o por los estudios que se han realizado, *pero las ventajas no han tenido difusión en la misma proporción. Así, en muchas comunidades y regiones no se ha tomado conciencia de los beneficios indirectos que ellas han recibido por la construcción de una presa, simplemente porque las personas beneficiadas no los conocen, ni nadie les ha hecho saber los beneficios que han recibido, ya sea pocos o muchos, asociados a la existencia de ese tipo de obras.*

Al llegar a este punto se debe reflexionar que la planeación, estudios y diseño de una presa no puede ser responsabilidad de un grupo, autoridad local, o dependencia gubernamental, sino que estas obras deben ser consideradas como proyectos nacionales. Tampoco los beneficios y sus costos deben ser analizados y cubiertos desde el punto de vista de un único dueño o responsable de la obra. Así, si el propósito principal de una presa es el riego, no se debe analizar su factibilidad económica considerando únicamente la productividad de las hectáreas por regar, o los kilowatt-hora por generar si la obra la emprende una empresa eléctrica, ya que los beneficios directos e indirectos llegan a extenderse a un mayor número de personas que las aparentemente relacionadas directamente con la construcción de la presa. Por ello, en los estudios de factibilidad se deben considerar todos los beneficios directos atribuidos a la nueva presa, así como los costos de mitigación de sus posibles efectos locales negativos. Muchos de esos estudios, que deben ser profundos y realizados con antelación a la construcción de una presa, no necesariamente deben ser costeados por el responsable o propietario de la obra, sino cubiertos por el gobierno central del país beneficiado. Lo mismo aplica a las medidas de mitigación ambientales y sociales no asociadas directa y localmente con la obra (Acosta-Rodríguez, 2000).

Para la construcción de presas en el mundo, y México no es la excepción, es indispensable contar con fondos que no procedan del mercado financiero existente, que tiene términos y condiciones prácticamente incumplibles. Adicionalmente, los aprovechamientos hidroeléctricos compiten en forma desventajosa con otras tecnologías que requieren de una inversión mucho menor por kilowatt instalado, que las hace preferibles a los ojos de los financieros. Son los gobiernos los que, al tener como responsabilidad velar por el beneficio de la sociedad en su conjunto, deben afrontar las necesidades de fondeo inherentes a una presa.

En conclusión se desea señalar que la población mundial sigue en aumento. Ello exige la producción de alimentos, principalmente de origen vegetal, tanto para consumo humano como animal, así como dotarla de agua y de energía eléctrica para cubrir todas sus necesidades. Además del crecimiento que tiene la población mundial, una gran parte de ella sueña con elevar su calidad de vida y para ello requieren de agua. Por ello, necesariamente se tendrán que hacer grandes inversiones para disponer de ella, así como para mitigar los efectos de las acciones y obras que se requieran para almacenarla y usarla.

Conviene recordar que el agua más cara es la que no se tiene.

¿Cómo podrá garantizarse lo anterior en las regiones y países en los que durante seis a nueve meses del año no hay agua en los ríos, ni agua de lluvia, si no es guardando en el embalse de una presa la que existe en exceso durante los otros tres a seis meses? Por supuesto que la planeación, estudio, diseño, construcción, operación y posible desmantelamiento o destrucción de una presa, requerirá de mayor participación, comunicación e intercambio de ideas entre todos los grupos participantes y afectados, y para ello, quienes tienen la responsabilidad del manejo de los ríos y de las obras que en ellos se construyan, así como los gobiernos centrales, regionales y locales, deben ser más justos, más participativos y más responsables social y ecológicamente hablando para lograr un verdadero desarrollo sustentable.



Fotografía 1. Presa Miguel Hidalgo, Sinaloa (1956). Cortina de materiales graduados de 81 m de altura y longitud de corona de 2905 m. Se sobreelevó en 1964. Vertedor de abanico, Hiriart (1949) al que se le añadió una zona con siete compuertas. La longitud de la cresta libre es de 346.9 m y la controlada con compuertas de 63 m. El caudal máximo del conjunto es de 16,450 m<sup>3</sup>/s. Se aprovecha para el riego de 240,000 ha. La capacidad instalada de la central hidroeléctrica es de 60 MW.

## REFERENCIAS

- Acosta-Rodríguez, J. (2002). Comunicación personal, México, D.F.
- Committee on the Safety of Existing Dams (1983). "Safety of Existing Dams. Evaluation and Improvement", National Research Council, National Academy Press, Washington, D.C.
- Hiriart, F. (1949), "Vertedores en abanico". Ingeniería Hidráulica en México, Vol. III, No. 2, Publicación de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, México, D.F., pp 46-67.
- Maza-Álvarez, J.A. y Franco, V. (1997). "Obras de protección para el control de inundaciones", Capítulo 15 del Manual de Ingeniería de Ríos, Publicación No. 591 del Instituto de Ingeniería, UNAM, México, D.F., 185 pp.
- Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH, 1970), "Presas construidas en México", México, D.F., 579 pp.
- Secretaría de Recursos Hidráulicos y Comisión Federal de Electricidad (SRH-CFE, 1976), "Grandes Presas de México", México, D.F., 243 pp.
- World Commission on Dams (WCD, 2000). "Represas y desarrollo: Un nuevo marco para la toma de decisiones. Una síntesis".

*\* El artículo completo, no resumido, será expuesto ante la Academia Nacional de Ingeniería de Argentina, por haber sido aceptado el autor como miembro correspondiente de México.*



Fotografía 2. Presa Nezahualcóyotl, Chiapas (1964). Cortina de materiales graduados de 138 m de altura y longitud de corona de 478 m. Vertedores controlados con compuertas. El de servicio (más cercano a la cortina) tiene una longitud de 45 m y su caudal máximo es de 11,100 m<sup>3</sup>/s, y termina en un tanque amortiguador. El segundo vertedor es el de excedencias; su longitud es de 60 m, su caudal máximo de 10,650 m<sup>3</sup>/s y termina en un deflector. Se construyó inicialmente para control de avenidas; también se aprovecha para el riego de 350,000 ha y genera anualmente 2754 GWh.