



grandes obras de ingeniería y su impacto ambiental

La actividad del hombre ha transformado la superficie terrestre desde el principio de los tiempos, con el fin en muchas ocasiones de dominar la naturaleza. Estos cambios en la superficie de la tierra son parte del progreso, pero también son críticos para quien se siente afectado por ellos, como el ser humano o el medio ambiente.

El último premio Nobel de la Paz, Wangari Maathai realizó una feroz campaña en su país para evitar la construcción de un rascacielos de 62 pisos, en el parque Uhuru, la única zona verde del centro de la ciudad de Nairobi, lugar habitual de reunión para miles de habitantes. Maathai defendió los derechos de los ciudadanos, y finalmente consiguió que este proyecto fuera abandonado. Foto: Micheline Pelletier/CORBIS

Las grandes obras de ingeniería como presas, carreteras, canales, túneles o hasta ríos artificiales, provocan tremendas sacudidas en el equilibrio del medio ambiente. Estas construcciones humanas destruyen especies vegetales y animales, modifican los patrones naturales de drenaje del terreno, cambian el curso de las corrientes de agua, elevan hasta cotas insosteniblemente altas los niveles de ruido, contaminan el aire y obligan a desplazarse de sus hogares a miles de personas, pero con ello siempre se busca el desarrollo, el bienestar del hombre, la reducción de la pobreza y mejorar el nivel de vida del entorno.

¿Es conveniente poner en práctica un proyecto que genera tanto perdedores como ganadores?

Es la cara y la cruz del progreso, de la evolución del hombre, el eterno debate sobre los perjuicios y los beneficios. En muchos casos estará totalmente justificado y, en otros, siempre tendrá cabida la polémica.

EL IMPACTO AMBIENTAL

La primera Ley de Política Ambiental Nacional fue redactada en Estados Unidos en el año 1969; es conocida como la Carta Magna del Medio Ambiente. Esta ley introdujo por primera vez la exigencia legal de la consideración del impacto ambiental en el diseño de proyectos constructivos, además de las planificaciones económicas y técnicas habituales. A partir de ese momento, es necesario elaborar estudios en los que se detallan las consecuencias ambientales que producirían la construcción de una presa, un rascacielos... Esta ley es la norma básica de la que más de 100 países han partido, para la elaboración de sus legislaciones sobre el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA).



¿CUÁNDO UNA OBRA DE INGENIERÍA PRODUCE UN IMPACTO AMBIENTAL?

- 1- Cuando presentan un riesgo para la salud de la población, debido a la cantidad y calidad de los efluentes, emisiones o residuos.
- 2- Cuando produce efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, el agua y el aire.
- 3- Cuando es necesario un reasentamiento de comunidades humanas, o alteraciones significativas de los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos.
- 4- Cuando existen poblaciones, recursos y áreas protegidas susceptibles de ser afectadas, así como el valor ambiental del

territorio en que se pretende emplazar.

- 5- Cuando existe una alteración significativa, en términos de magnitud o duración, del valor paisajístico o turístico de una zona.

- 6- Cuando se produce una alteración de monumentos, sitios con valor antropológico, arqueológico, histórico y, en general, los pertenecientes al patrimonio cultural.

Para la realización de un estudio de impacto medioambiental se requiere la participación de un equipo multidisciplinario, formado por numerosos especialistas. Este estudio se debe realizar en las primeras fases de diseño. Si se elabora una vez que el proyecto técnico ha sido completamente desarrollado, el margen de maniobra estará totalmente limitado.

LA PRESA DE LAS TRES GARGANTAS - CHINA

Esta presa se encuentra ubicada en el río Yangtzé –el más largo de China y el tercero del mundo– entre la municipalidad Chingqing y la provincia de Hubei. Cuando finalice su construcción, en el año 2009, alcanzará cerca de 200 km y será la obra hidráulica más grande del mundo.

Con esta presa se regularán los aumentos del caudal de este río, provocados por la época de lluvias, evitando así las inundaciones de las poblaciones colindantes. El nivel del agua variará desde los 50 m hasta los 175 m, dependiendo de las estaciones. Otro de los objetivos de su construcción es la de abastecer de agua a gran parte de la población china, con una capacidad de almacenamiento de 39.300 millones de metros cúbicos, de los cuales 22.150 millones serán destinados al control de las inundaciones.

Otra de las finalidades de esta gran presa es la de generar electricidad, para la cual contará con 26 generadores de

turbina de 700.000 kilovatios cada una. Esta central transmitirá electricidad al centro de China a través de 500 kilovoltios por conductos de corriente alterna, y al este de China a través de 500 kilovoltios por conductos de corriente continua, a la vez que se conectará con las redes eléctricas del norte y sur de China.

Durante el año 2001 España produjo una potencia hidroeléctrica de 18.060 MW. La presa de las Tres Gargantas será capaz de producir una potencia anual de 17.680 MW.

Con la construcción de esta gran presa también se mejorará la navegación fluvial en el río Yangtzé, lo que aumentará al crecimiento económico del país. Pero como parte del desarrollo y del progreso, el entorno en que se ubicará la presa de las Tres Gargantas, sufrirá grandes transformaciones.

Este proyecto inundará más de 250 km² de tierra, 13 ciudades y cientos de pequeñas aldeas a lo largo de la orilla del río. El desplazamiento por causa del de-

sarrollo obligará a más de 1.130.000 personas a abandonar sus casas, lo que significará el desalojo más grande de la historia, debido a la construcción de una presa. La economía y el empleo de la zona también se verán afectadas, ya que más de 1.600 empresas y fábricas quedarán sumergidas.

Según un estudio del Banco Mundial, evaluando los efectos de la construcción de esta presa, un tercio de la población se reasentará a niveles satisfactorios, el otro tercio sólo tendrá medios para subsistir y el último vivirá en la pobreza.

Se debe tener en cuenta que, por lo general, las poblaciones colindantes donde la población se realoja no tiene ni los medios, ni las infraestructuras, ni la capacidad de absorción de empleo necesarias.

Esclusa permanente durante la construcción, en 2001, de la presa de las Tres Gargantas en Sandouping (China). Foto: Liu Liqun/CORBIS



Dentro de los terrenos que quedarán inundados por la construcción de esta presa, existen grandes reliquias de la cultura china, como templos, tumbas... que quedarán sumergidas bajo las aguas. En esta larga lista se incluyen cuatro importantes representaciones de la historia de este país, catalogadas como Tesoros de Estado:

El pueblo de Dachang. Con más de 1.700 años de historia, es una muestra de la arquitectura del estilo de la dinastía Ming. Cuenta con una superficie aproximada de 100.000 m² y una población de 37.000 personas, que deberán ser desalojadas.

La mayoría de las casas fueron construidas a finales de la dinastía Ming (1368-1644) y principios de la dinastía Qing (1644-1911), con la construcción típica de la cultura china, en ladrillo color gris y tejas rojas, con fachadas de madera, aleros alzados y vigas pintadas o esculpidas.

En este poblado también se encuentra la mansión de la familia Wen, con una superficie de 320 m², que fue construida durante los primeros años de la dinastía Qing por el gobernador de la provincia. El Departamento Estatal para la Protección de Reliquias Históricas realizará una réplica exacta de esta mansión a cinco kilómetros de su actual ubicación.

Templo de Zhang Fei. Durante el período de los Tres Reinos (220-280 d.C.) fue edificado este templo a la orilla del río Yangtzé, en honor del general Zhang Fei. Esta construcción combina diferentes estilos arquitectónicos, que la convierten en una obra maestra, sin olvidar la cantidad de reliquias que alberga en su interior. Este edificio será desplazado y reconstruido en el municipio de Panshi, a 32 km de su emplazamiento actual.

Baiheliang. La estación hidrométrica más antigua del mundo. Es un bloque de piedra natural de 1.600 m de largo y 15 m de ancho. Sus inscripciones sólo se puede observar en las estaciones de estiaje, entre el invierno y la primavera. Varios proyectos se barajaron inicialmente para la conservación de esta obra, como la de un museo acuático, que debido a su alto coste ha sido descartada. Finalmente se ha optado por la reconstrucción de parte del Baiheliang en otro emplazamiento.

Aldea de Shibao. Una de las aldeas más antiguas de China, con una de las estructuras de madera más complicadas del mundo. Para la conservación de esta obra se ha optado por la construcción



Canal de la presa de las Tres Gargantas en Sandouping (China). Foto: Liu Liqun/CORBIS

de un dique que rodeará la aldea, con embarcaderos que permitirán su acceso.

Pero con las inundaciones no sólo se perderán grandes obras de la humanidad, miles de ecosistemas desaparecerán.

Prueba del gran del gran impacto ambiental que está originando la cons-

salidas, situadas en la parte inferior de la presa, que permitirán mantener el caudal ecológico y ayudarán a eliminar los sedimentos.

– La calidad del agua también se verá afectada por la contaminación generada por las ciudades que se asientan en los

Desde 1950, la República Popular China ha construido 87.000 embalses, de los cuales 32.000 reventaron por deficiencias técnicas o fallos de gestión.

trucción de esta presa, es que la idea de este ambicioso proyecto no es reciente. Ya en el año 1919 fue propuesto, pero no sería hasta 1992 cuando se aprobaría su declaración de impacto ambiental. En este informe se destacaron los siguientes puntos:

– Mayor erosión: la construcción de la presa está reduciendo la vegetación, lo que hará que aumente la erosión de la zona.

– La capacidad de autodepuración de las aguas residuales se verá disminuida, ya que al embalsar el agua se reduce la reoxigenación y la difusión.

– Empeoramiento de la calidad del agua y del drenaje: los expertos pronostican que una vez finalizadas las obras, el embalse de la presa acumulará aproximadamente unos 530 millones de toneladas de sedimentos cada año, que también afectarán al funcionamiento de la central hidroeléctrica. Como solución a este problema se pretende descargar los sedimentos por veintidós

márgenes del río Yangtzé. Así como por los pueblos y ciudades que quedarán sumergidos bajo el agua, con sus sedimentos y vertederos.

– El paisaje natural se verá transformado, ya que las tierras de cultivo y los bosques de matorral se están convirtiendo en zonas urbanas.

– La vida acuática del río Yangtzé ya se está viendo afectada por la construcción de la presa. Según las cifras de la UICN "The World Conservation Union", en 1985 existían 300 delfines chinos o *Lipotes Vexillefer*, especie que se encuentra en peligro de extinción, pero entre 1997 y 1999, en el río Yangtze sólo se contabilizaron entre 21 y 23 delfines.

Dentro de la polémica que ha suscitado la construcción de esta gran presa, no sólo se han planteado los efectos que producirá al medio ambiente, sino también las técnicas constructivas utilizadas. Los ingenieros hidráulicos han insistido que los métodos empleados para su construcción están desfasados y que no

son los más adecuados para un proyecto de tales magnitudes. Si se produjese cualquier fallo, los daños serían incalculables, aparte del daño ecológico y humano que ya está hecho y es irreparable.

OTRAS GRANDES PRESAS

Según la escritora india Arundhati Roy: "Las grandes presas empezaron bien, pero han acabado mal. Hubo un tiempo en que gustaban a todo el mundo (...) Pero ya no es así (...) Echan a perder la tierra. Provocan inundaciones, sobresaturación del suelo y salinidad, propagan enfermedades (...)".

El álgebra de la Justicia infinita.

A continuación se indican dos de las grandes presas que más polémica han suscitado en la sociedad.

Asuán. Fue construida en la década de los 60 para regular las aguas del Nilo, el río más largo del mundo. En su construcción se inundó una gran extensión de tierra en la que se situaba gran cantidad de templos y monumentos representantes de la cultura egipcia. Algunos de estos templos fueron reconstruidos en otros emplazamientos, como es el caso del Templo de Debod (del siglo VII a.C.) que fue donado a España, en señal de agradecimiento por su contribución a la construcción de esta presa.

Pero no sólo la cultura egipcia y la población, que debió ser trasladada, se vieron afectadas por la presa de Asuán. El rico delta del Nilo se vio dañado irreparablemente y disminuyó el 80 % de la pesca de la sardina del Mediterráneo Oriental.

Sardar Sarovar. Se encuentra situada sobre el río Narmanda, en el estado de Gujarat, en la India. Su construcción estuvo cargada de polémica, debido a la gran cantidad de desplazamientos que originó. Se había estimado que 66.500 personas se tendrían que desplazar, aunque documentos extraoficiales valoran esta cifra en 200.000. Muchas de estas personas perdieron sus tierras por la red de canales asociados a esta presa, y otras se vieron obligadas a abandonar sus hogares debido a la construcción de una reserva natural, para compensar la vida silvestre que quedaría embalsada bajo el agua.

Durante cuatro años la construcción de esta presa fue suspendida, debido a las reiteradas demandas que se presentaron, pero finalmente, en 1999 fueron reanudadas las obras.

Un informe de la Comisión Mundial de Presas, en el que toma como base 125 de las presas más grandes del mundo, señala que éstas no sólo no cumplen con sus objetivos, sino que incrementan los efectos de inundaciones, daños a las tierras de cultivo y provocan la extinción de algunas especies animales.



Surtidor de agua en las obras de construcción del Gran Río Artificial en Libia. Foto: Akwa Betote

EL GRAN RÍO ARTIFICIAL DE LIBIA

Hace unos 10.000 años el Sáhara era verde, bosques tropicales cubrían montañas y en las llanuras se cultivaba trigo. Cocodrilos, jirafas y elefantes eran los habitantes de este paisaje natural, con ríos y lagos, que eran colmados de agua por las lluvias. Pero esta agua se filtraba bajo la tierra, saturando las capas de arenisca. A cuatro kilómetros de profundidad, hay aguas de millones de años. El cambio climático, producido hace unos 3.000 años,

puso fin a las lluvias y el Sáhara dejó de ser verde, para convertirse en el desierto que todos conocemos.

Pero los acuíferos han permanecido intactos durante miles de años, hasta hoy en día en que los libios beben de estas aguas "fósiles", gracias a uno de los proyectos más ambiciosos del hombre: El Gran Río Artificial. En 1983 comenzó su construcción, y todavía hoy este proyecto no ha finalizado. En la actualidad, dos conductos subterráneos de grandes dimensiones conectan los pozos situados en pleno desierto, con la zona costera

donde vive el 85 % de la población, y por ellos están discurriendo medio millón de metros cúbicos de agua diariamente.

Bajo el desierto del Sáhara existen cuatro acuíferos de arenisca, que podrían llenar una piscina de varios cientos de metros de profundidad del tamaño de Alemania.

Este proyecto surgió como solución a la escasez de agua, el gobierno descartó la solución de la desalinización, ya que era demasiado cara y siempre estarían a merced de la tecnología de especialistas del exterior. Con unas reservas de unos 120.000 m³, se decidió trasladar el agua hasta los núcleos urbanos. Durante años se dinamitaron túneles e instalaron tuberías de hormigón de cuatro metros de diámetro, que permitirían incluso el paso de un tren subterráneo.

Se necesita un promedio de nueve días para que cada gota de agua viaje de las áreas de perforación hasta la costa.

El gran debate de este proyecto es el riesgo que supone la utilización de un recurso no renovable. ¿Se debe realizar una extracción de agua a gran escala, para el máximo beneficio de la generación actual, o una extracción limitada que garantice la conservación de este recurso natural? Una política conservadora garantizaría el suministro de agua potable y las necesidades de la industria, pero la prioridad del gobierno es la autosuficiencia agrícola. Durante los próximos cincuenta años, se estima que El Gran Río Artificial deberá suministrar unos seis millones de metros cúbicos de agua por día, de los cuales aproximadamente un 80 % serán para uso de regadío. Durante este tiempo las reservas de agua no se agotarán, pero probablemente será más difícil explotarlas.

Libia importa trigo y cebada para satisfacer el 60 % de su demanda, con la construcción del Gran Río Artificial el gobierno quiere cambiar esta tendencia. A esta política cabe la pregunta: ¿por qué no se importa el trigo, y así se ahorra un bien preciado que podría utilizarse para la industria, que tiene menor consumo y genera empleos? Pero el gobierno pretende diversificar el mercado de trabajo, subvencionando las plantaciones agrícolas.

Según los pronósticos, en el año 2025 Libia contará con una población de doce millones de personas y las necesidades de agua del país absorberán el 55 % de la capacidad del Gran Río Artificial. Y aunque toda la capacidad de esta gran obra de ingeniería, se dedicará a la agricultura, Libia necesitará seguir impor-

tando cerca de la mitad de los alimentos que consume.

Otro factor a tener en cuenta es la intrusión del mar, la presencia de aguas subterráneas refuerza la resistencia de la tierra al ataque de las olas. La disminución del nivel de aguas es un visado libre para que el mar penetre.

Libia cuenta con un problema de escasez de agua, que a medio plazo quedará solucionado con la construcción de este río, pero la crisis del agua no podrá solucionarse eternamente con la construcción de grandes obras de ingeniería.

HOLANDA: LA LUCHA CONTRA EL AGUA

Durante muchos siglos los holandeses se han protegido del mar y de los ríos con diques, canales, esclusas de presas y estaciones de bombeo, que forman parte de un sistema de drenaje de agua, que data de la época medieval. Sin este sistema, Holanda sería objeto de constantes inundaciones, no sólo por parte del mar, sino de los ríos que la atraviesan. Los holandeses no olvidan cuando, en 1953, el suroccidente holandés se vio invadido por las aguas y 1.800 personas murieron. Tras esta catástrofe se

desarrolló El Plan Delta. Su construcción terminó en el 1986. Este sistema de protección contra inundaciones y tempestades combina magistralmente seguridad y protección medioambiental. Dos enormes portones de acero, permanecen elevados en situaciones de normalidad marítima. De esta manera, el curso de la vida submarina no se altera. Sin embargo, en situaciones de alerta, es cuando los portones caen y escudan el paso desmedido del mar. El dique amuralla las tierras holandesas, y protege a un millón de personas que habitan la región de Rotterdam.

Pero los holandeses siguen en estado de alerta. Durante la década de 1990 se produjeron nuevas inundaciones, los ríos Rin y Mosa se desbordaron. Tras esta nueva situación de alarma se comenzó la reforma de los diques, que se prevee estén totalmente reforzados en el año 2008.

Ante el cambio climático, que trae consigo un aumento de temperaturas y de precipitaciones y, por consiguiente, un aumento del nivel del mar de unos 85 cm, Holanda va a dejar más espacio para el almacenaje de agua para futuras épocas de sequía, pero en el caso de emergencia, se permitirá que los ríos se desborden de una manera controlada.

Tanques de petróleo en el puerto Europort de Rotterdam. Foto: Michael St. Maur Sheil/CORBIS



LA CONSTRUCCION SOSTENIBLE

En la década de 1980, surgió un nuevo concepto llamado el "Desarrollo Sostenible", que hoy en día es una de la bases de la política socioeconómica. Nace con la finalidad de garantizar la continuidad del desarrollo económico y social, pero sin agotar los recursos naturales y proteger el medio ambiente.

Las nuevas prácticas de construcción sostenibles deberán reducir al mínimo el impacto ambiental, controlar los residuos generados, prevenir la contaminación y utilizar los recursos naturales de forma eficiente, sin olvidar los aspectos socio-

y analistas de costes crearán diseños de calidad comprometidos con la reducción del impacto ambiental y con las políticas de conservación de los recursos naturales. Este equipo de profesionales deberá hacer un estudio completo sobre los siguientes aspectos que afectarán al diseño del proyecto:

- Los efectos sobre el medioambiente.
- Los efectos sobre la calidad del aire.
- La contaminación del suelo y su sanación.
- La conservación de los recursos hídricos y su reciclado.
- La gestión y la prevención de emisión de residuos.
- La selección de productos y mate-

trario a lo que ocurrió en Sydney donde el suministro energético, el transporte y la gestión del agua y los residuos, se realizó según las pautas del desarrollo sostenible. La Villa Olímpica australiana fue ubicada sobre unos terrenos muy contaminados que se recuperaron para este proyecto. Esta ciudad con una capacidad para 15.000 personas es la mayor comunidad del mundo alimentada por energía solar.

Quizás no en todas las construcciones pueda evitarse dañar el entorno, pero si se podría intentar reducir al máximo el impacto que sobre él se realice y repartir con equidad el peso de los perjuicios y el disfrute de los beneficios.

La construcción sostenible constituye una manera de satisfacer las necesidades de vivienda e infraestructura de la sociedad actual sin comprometer el futuro de próximas generaciones.



El proyecto de Oosterschelde Dihe, para la gestión del agua cerca de Rotterdam. Foto: Michael St. Maur Sheil/CORBIS

económicos y culturales. Es la manera en que la industria de la construcción debe actuar para conseguir los logros del desarrollo sostenible.

Los proyectos sostenibles deben combinar la experiencia de la arquitectura, la ingeniería y la construcción, adquirida a lo largo de los siglos, junto con los nuevos enfoques, con el fin de que generaciones futuras puedan satisfacer sus necesidades.

Un equipo de expertos formados por diseñadores, ingenieros, científicos

riales para la construcción, según los requerimientos medioambientales.

- La atenuación de los niveles de ruidos.

Los últimos Juegos Olímpicos, celebrados el pasado verano en Atenas, han sido un claro ejemplo de una construcción no sostenible. Grecia prometió unas olimpiadas con paneles solares, materiales de construcción reciclados y no tóxicos, y la reutilización del agua de la lluvia, pero no ha sido así. Todo lo con-

Bibliografía

Arundhati Roy. *El álgebra de la Justicia infinita*. Editorial Anagrama. Madrid. 2002

Internet

www.unesco.org
www.elpais.com
www.elmundo.com
www.greenpeace.org
www.monografias.com
www.miliarium.com
www.rnw.nl