

# **IMPACTO AMBIENTAL DE LAS GRANDES PRESAS EN CURSOS BAJOS, DELTAS Y PLATAFORMAS LITORALES: EL CASO DE ASWÁN**

Majed Barakat ATWI  
Pedro ARROJO AGUDO  
Departamento de Análisis Económico  
Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales  
Universidad de Zaragoza  
Gran Vía, 2  
50005 Zaragoza – España (Spain)

## **RESUMEN**

La construcción de grandes presas ha variado drásticamente el orden ecológico de la práctica totalidad de los ríos en el Mundo. Tradicionalmente se han levantado las presas sin tomar en consideración los impactos ambientales que estas obras suponían, ignorándose por ello las consecuencias socioeconómicas que tales impactos han acabado por generar. Los beneficios económicos que se pretendían conseguir han quedado en muchos casos cuestionados seriamente por estos costes e impactos sobre los servicios socioambientales que tradicionalmente los ríos han generado en beneficio de las poblaciones ribereñas. Estos impactos se han demostrado particularmente graves en las zonas deltáicas y plataformas litorales marinas, generando graves afecciones sobre pesquerías y otros recursos de gran relevancia económica. Estas razones junto a la creciente valoración social de valores ambientales, lúdicos y estéticos en los ríos, están llevando a los países avanzados a reconsiderar en profundidad sus políticas hidráulicas pasando del tradicional enfoque productivista a un enfoque ecosistémico en la perspectiva del desarrollo sostenible. Tal es el caso de EE.UU. y de la UE.

En el presente trabajo se analiza el emblemático caso del Nilo y los impactos socioambientales de la Gran Presa de Aswán. Esta descomunal obra ciertamente ha colaborado al desarrollo económico del moderno Egipto, pero al mismo tiempo ha quebrado importantes funcionalidades ecosistémicas del río, generándose graves consecuencias económicas y ambientales que se estudian y valoran. Particular atención se dedica a los impactos sobre la fertilidad del Delta y las pesquerías mediterráneas, especialmente las de sardina, gravemente afectadas. La misma sostenibilidad física del Delta queda hoy en cuestión ante la falta de sedimentos y la erosión marina. Se trata en definitiva de un caso sumamente significativo en el contexto mediterráneo, que debería servir de referencia a la propuesta de la Directiva Marco de Aguas, en tramitación en el seno de la UE, que exige la integración de estuarios, deltas y plataformas litorales en la gestión a nivel de cuenca de los ríos.

## **THE ENVIRONMENTAL IMPACT OF LARGE-SCALE DAMS ON DOWNSTREAM STRETCHES, DELTAS AND COASTAL PLATFORMS: THE CASE OF THE ASWAN HIGH DAM**

### **ABSTRACT**

The construction of large-scale dams has dramatically changed the ecological order of almost all the rivers worldwide. Traditionally, dams have been built without considering the environmental impact, that these projects have implied and the socio-economic results produced by this impact have been ignored. In many cases, the

expected economic benefits have become seriously questionable, due to the costs and impact on the socio-environment services that rivers have traditionally generated as benefits for the riparian populations. It has been shown that this impact is particularly serious in the delta regions and coastal platforms, generating catastrophic effects on fisheries and other resources of great economic importance. These reasons, together with the increased social assessment of the environmental, leisure and aesthetic values of rivers, have led the developed countries to reconsider their hydraulic policy in depth. As in the case of the United States and the European Community, policies have changed from the traditional productive approach to the ecosystemic approach based on the sustainable development perspective.

In the present study, we will analyse the emblematic case of the Nile River and the socio-environmental impact of the Aswan High Dam. Whilst this large scale project has clearly contributed towards the economic development of modern Egypt, it has at the same time important ecosystem functions of the river, which have produced serious economic and environmental effects, that will be studied and assessed. Particular attention is given to the impact on the fertility of the delta and on the fisheries of the Mediterranean Sea, especially the sardine population, that have been severely affected. Today, the issue of the physical sustainability of the delta itself is in question, due to the reduction of the sediments and the coastal erosion. In short, it is a highly significant case in the Mediterranean context, that should serve as a reference for the proposed EC Framework Directive on water policy, which is currently being negotiated in the core of the European Union. According to the Water Framework Directive, the estuaries, deltas, and coastal platforms, will need to be integrated in river basin management.

## **1 INTRODUCCIÓN**

Tradicionalmente se ha tendido a considerar los ríos como simples fuentes del recurso agua, desde un enfoque productivista que considera el agua como un simple factor productivo. Hoy en día, sin embargo, parece fuera de toda duda la necesidad de incorporar a la gestión de las aguas los valores, funciones y servicios tanto sociales como ambientales generados en los cauces, riberas, deltas, estuarios, humedales, así como los generados por las aguas subterráneas. Se trata en definitiva de complejos ecosistemas vivos, en continua renovación, que regeneran en cantidad y calidad las aguas que tenemos disponibles en la naturaleza. En definitiva hablar de la gestión de un río exige incluir la gestión de vegas, bosques de ribera, humedales, galachos y estanques en sus llanuras de inundación, deltas y acuíferos conectados con la cuenca (Worster, 1985).

Hoy se tienden incluso a integrar en la gestión de las cuencas hidrográficas las influencias del río sobre las plataformas litorales marinas y sus ecosistemas. De hecho la inminente Directiva Marco de Aguas que está en discusión en la UE incorpora áreas deltáicas, estuarinas y plataformas litorales a la gestión de las cuencas.

Otra cuestión fundamental a considerar es el hecho de que un río no sólo transporta aguas, sino que arrastra y distribuye ingentes cantidades de sedimentos de diverso calibre, materiales solubles inorgánicos (sales) y orgánicos, lo que constituye en última instancia un importante transporte y distribución de nutrientes.

Por otro lado, además de los caudales que fluyen hacia el mar en superficie, que se ven claramente, hay caudales que empapan y discurren lentamente en los acuíferos, especialmente en los acuíferos aluviales asociados a las plataformas de inundación

en las zonas llanas, donde se han acumulado potentes depósitos sedimentarios. Estos caudales, no sólo son parte del ecosistema fluvial en estrecha relación con las aguas superficiales que fluyen por el cauce, sino que son indispensables para el desarrollo de la vegetación a lo largo de las riberas. Junto a estas formaciones sedimentarias características de las zonas bajas y llanas de las cuencas, son particularmente significativas e importantes las desembocaduras y especialmente las formaciones deltáicas.

Los deltas se forman en la desembocadura de muchos ríos, como fruto del equilibrio dinámico entre los sedimentos fluviales aportados y la erosión de las corrientes litorales. Estas zonas suelen ser, tanto en tierra como en el medio hídrico, las de mayor biodiversidad. Tanto la riqueza de las tierras de aluvión, con un constante enriquecimiento de nutrientes y materia orgánica en los periodos de inundación del río, como las aguas dulces en interrelación con las saladas, igualmente cargadas de ricos nutrientes, han favorecido durante miles de años hábitats de extrema riqueza. De hecho se estudia cada vez con más atención la enorme importancia que tienen estos hábitats de cara al alevinaje de especies pesqueras que luego se expanden por las plataformas litorales.

Un río es un complejo conjunto de ecosistemas vivos cuya funcionalidad dinámica depende de múltiples variables interactivas. Desde una visión tradicional simplista se ha tendido a magnificar como variables esencial el caudal, con referencia en muchos casos al caudal medio. Hoy es ineludible considerar como clave, a la hora de hablar de flujos de aguas, el régimen de caudales, con sus variaciones estacionales e interanuales y sus correspondientes funciones ecológicas, decisivas en muchos casos para la biodiversidad de los ríos (Allan, 1998).

En este sentido, las inundaciones, desde un punto de vista ecológico, son sucesos naturales, cuya influencia sobre la vida en el río es tan importante como frágil. Como es sabido, las comunidades de animales y de plantas han pasado millones de años adaptándose a las condiciones ambientales. Las inundaciones son simplemente una parte de esas condiciones en el gran ciclo ecológico de los ríos. Diversas especies piscícolas esperan como primera señal, el comienzo de las inundaciones, para empezar la reproducción. Análogamente se ha podido constatar que ocurre con diversas especies de insectos para los que los procesos periódicos de inundación son referencia clave en su ciclo procreativo y de metamorfosis.

Obviamente la vegetación ribereña, y la fauna que alberga, tiene una fuerte dependencia del régimen fluvial, especialmente en los tramos llanos de los ríos. Estas plantas están adaptadas a la regularidad de las inundaciones y a un nivel alto de humedad. El cambio en la periodicidad y envergadura de dichas inundaciones afecta notablemente a la flora y la biodiversidad de este tipo de hábitats. Si se pretende preservar tal biodiversidad será fundamental por tanto gestionar adecuadamente, desde las referencias naturales, los regímenes del río (Alan, 1998).

Otro flujo fundamental a considerar es el de nutrientes. De nuevo en este aspecto las inundaciones tienen un papel fundamental sobre la fertilidad de los terrenos en las inmediaciones de los ríos. Las llamadas plataformas de inundación generan de hecho las vegas y huertas más fértiles. No en vano durante cientos y miles de años, de forma periódica han recibido, no sólo sedimentos finos sino materia orgánica, nutrientes nitrogenados, fósforo, etc...

Pero esta riqueza en nutrientes es por otro lado la base de la fertilidad del río en sí mismo, sosteniendo una amplia fauna de invertebrados que incrementa la

producción primaria y da base a una cadena trófica sobre la que se acaba desarrollando una amplia fauna piscícola fluvial y marina.

La producción primaria de micrófitobentos, micrófitos y fitoplancton, junto a la materia orgánica procedente en muchos casos de riberas y procesos erosivos sobre suelos vegetales, son las principales bases que sustentan la vida en ríos. Una parte de esa materia orgánica es consumida por bacterias, hongos y animales de la comunidad fluvial, mientras otra buena parte se acaba depositando en sedimentos o es exportada al mar.

En este proceso de transporte de nutrientes, como base de producción primaria, tanto en los ríos como en los mares, son de nuevo fundamentales los procesos de crecida que acompañan a las inundaciones periódicas.

Es importante, por último, tener presente que esta producción primaria y la compleja pirámide biótica que se fundamenta en ella, depende además de otras múltiples variables físicas, químicas y bióticas, que caracterizan en definitiva los diversos hábitats fluviales: disponibilidad de luz en el agua y condiciones de turbidez, márgenes en la concentración de nutrientes solubles, pendiente del cauce del río, naturaleza de los fondos, tamaño y composición de los sedimentos, presencia de arbolado en las riberas...

## **2 IMPACTOS DE LAS GRANDES PRESAS**

El marco natural de gestión de las aguas continentales es la cuenca hidrográfica. En este marco la interrelación que se produce entre territorio y aguas es trascendental y compleja, entrelazando ecosistemas en cauces, riberas, llanuras de inundación, estuarios, deltas y plataformas litorales marinas.

La ruptura de la continuidad del cauce que supone una gran presa, modifica drásticamente caudales, regímenes, dinámicas de transporte y sedimentación de materiales,..., alterando profundamente la vida en amplios espacios de las correspondientes cuencas (Pottinger, IRN).

Hoy en día, casi no hay ningún río no haya sido represado en el mundo. Se estima en más de 40.000 las grandes presas, cubriendo una superficie equivalente a la de California.

En el informe *World Resources 2000-2001: People and Ecosystems: The Fraying Web of life*, publicado por el Programa de Desarrollo de las Naciones Unidas (UNDP, UNDP), el Programa de Medio Ambiente de las Naciones Unidas (PMANU, UNEP), el Banco Mundial y el Instituto de los Recursos del Mundo (WRI), se señalan múltiples parámetros que marcan un claro retroceso en la capacidad de los ecosistemas para regenerar aguas limpias y potables en el Mundo, advirtiendo que si tal declive continua, las consecuencias pueden llegar a ser devastadoras. Según las estadísticas publicadas en este informe el 60% de los cauces fluviales están gravemente afectados, el 20% de los peces de aguas dulces extinguidos o en grave peligro de extinción.

Tal y como señala Mark Malloch Brown, administrador del UNDP, durante las últimas décadas el modelo de desarrollo vigente ha impulsado, tanto en países ricos como pobres, un tipo de política de gestión de aguas de corte productivista en el que se ha prestado escasa o nula atención a los impactos ambientales y sus consecuencias socioeconómicas de medio y largo plazo. El presidente del Banco Mundial, Mr. James D. Wolfensohn, insiste en que gobiernos y empresas deben repensar el

enfoque que debe darse al crecimiento económico, ya que de lo contrario las poblaciones más pobres, que son quienes dependen más directamente de los ecosistemas (en este caso fluviales) para su sustento, van a sufrir graves quiebras en sus modos y medios de vida.

El hombre represa los ríos para almacenar aguas y regular los caudales en función de sus necesidades o conveniencias: necesidades urbanas, industriales, de riego y otros usos, control de inundaciones, generación de energía hidroeléctrica, etc... Durante el siglo XX, y muy especialmente en las cinco últimas décadas, la capacidad tecnológica ha permitido tales actuaciones sobre el orden hidrológico natural que los impactos ambientales resultan hoy alarmantes.

Cada río tiene su propia comunidad biológica, que depende tanto de las interrelaciones entre sus miembros como de las condiciones físico-químicas y geológicas que la dinámica fluvial establece sobre los respectivos hábitats.

La construcción de presas ha producido profundos cambios en esos ecosistemas. En cierta forma se podría decir que un embalse es la antítesis de un río. Lo esencial de un río, es el dinamismo de sus caudales, mientras que lo esencial de un embalse es su inmovilidad (Worster, 1985). Un río en estado natural es dinámico, genera continuos cambios en su cauce, erosiona unas zonas, deposita los sedimentos en otras, abre nuevos cursos, moviliza nutrientes... Las presas buscan controlar el río, su régimen estacional, sus crecidas e inundaciones, sus estiajes... Pero al hacerlo, retiene los sedimentos, rompe y desnaturaliza los flujos de nutrientes y altera gravemente los hábitats en cauces, riberas.

La retención masiva de sedimentos en las grandes presas, especialmente si éstas están en zonas bajas o medias de la cuenca, suponen una grave quiebra de los equilibrios geodinámicos derivados de los fenómenos naturales de erosión, transporte y sedimentación. Los cauces pueden llegar a erosionarse varios metros en una década, aguas abajo de una presa desde su construcción. Esta profundización de cauces repercute en una disminución del nivel freático, amenazando la vegetación y los pozos locales en las llanuras de inundación, bajo las que se generan los acuíferos aluviales. A menudo, la alteración de los fondos fluviales - gravas de diverso calibre y arenas- afecta gravemente los hábitats en los que alevinan peces e invertebrados (insectos, moluscos y crustáceos), rompiendo la pirámide biótica del río. El propio cambio de régimen de caudales del río, afecta también las dinámicas estacionales a las que están acopladas las especies que viven en el cauce y sus riberas. Es decir las irregularidades, que el hombre suele considerar negativas, cumplen funciones ecosistémicas en ocasiones trascendentes a las que se ha prestado escasa atención hasta el presente.

Uno de los objetivos más relevantes de muchas presas es evitar procesos de crecida que produzcan inundaciones en las zonas medias y bajas de la cuenca. Ello sin duda favorece un uso controlado, e intensivo en ocasiones, de esos espacios (urbanización, usos agrarios etc...). Sin embargo se tienden a olvidar las funciones positivas que durante milenios han cumplido esos procesos periódicos de inundación. La propia fertilidad de esas llanuras de inundación (vegas), es uno de los frutos de esas inundaciones periódicas, en las cuales se han ido depositando los materiales y nutrientes que hoy constituyen las claves de esa fertilidad.

La flora y la fauna están adaptados a ese ciclo de inundaciones, acoplado a él sus funciones reproductoras, de incubación, migración, etc... Muchos humedales, hábitats de extraordinaria riqueza en biodiversidad cuyas funciones de regeneración en la calidad de las aguas son trascendentales, dependen en gran medida de estos procesos periódicos de inundación, tanto en los flujos de aguas como de nutrientes.



Mediterráneo, donde forma un enorme Delta en el se ramifica en dos canales principales, la Rosetta al oeste y la Damietta al este. Durante miles de años el Nilo ha alimentado y formado con sus sedimentos este Delta, extendiéndose mar adentro.

De entre las grandes civilizaciones conocidas en la historia de la humanidad, la egipcia supone uno de los casos más emblemáticos de relación y dependencia respecto a un gran río como es el Nilo. Esta civilización, desde su aparición 3000 años antes de Cristo, asoció su vida y su alma a las aguas del río. El Nilo ha sido así, durante miles de años, el motor principal de desarrollo y clave de referencia sociocultural para los pueblos ribereños, y de forma muy especial para lo que hoy es Egipto y Sudán.

Pero a diferencia de lo que se suele pensar, tal importancia no reside sólo en sus aguas, necesarias para el riego, sino también en la función de renovación y enriquecimiento anual de suelos que han supuesto tradicionalmente los sedimentos y nutrientes aportados a estas tierras por las inundaciones.

En su tramo egipcio, el Nilo fue denominado en la antigüedad “Ar” o “Aur”, que significaba “Negro”, por los ricos sedimentos negros, que periódicamente se depositaban sobre la llanura en tiempos de inundación, procedentes fundamentalmente del río Atbarah y del Nilo Azul. Los griegos y los egipcios también dieron a esas ricas tierras de cultivo el nombre de “Kem” o “Kemi”, cuyo significado era de nuevo “negro” (Think Quest Team, 1998).

Desgraciadamente, hoy en día, la famosa Gran Presa de Aswán retiene casi todos estos sedimentos, rompiéndose los lazos ecológicos entre el río y las tierras de su llanura de inundación.

Las crecidas anuales son originadas por las lluvias tropicales del África Central y la fusión de las nieves en las montañas de Etiopía. En mayo, justo antes del periodo tradicional de inundaciones, el Nilo alcanzaba el nivel más bajo. Desde Junio a Agosto, el río empezaba a subir rápidamente cargándose de sedimentos que oscurecían sus caudales. Llegaba a su nivel máximo a mitad de Septiembre, y en Octubre el nivel de las aguas empezaba a bajar. Los antiguos egipcios esperaban hasta que las tierras habían absorbido las aguas, para entonces sembrar sus cultivos en el lodo.

El control de las inundaciones y el riego han sido las principales preocupaciones tradicionales desde tiempos de la antigüedad en Egipto. Ya en la época del rey Menes (3200 a. C.) se controlaban y gestionaban los procesos de inundación mediante sistemas de lagunaje apoyados en procesos de bombeo (sistema Kilon), comunes en Egipto hasta el periodo de Mohamad Ali (1805-1849).

En tiempos de Mohammad Ali, fundador del Egipto moderno, se construyeron presas que sustituyeron el sistema de balsas preexistente por un sistema de regulación de periodo anual que permitió mejorar el riego, aumentando la disponibilidad de caudales durante más amplios periodos de tiempo.

Con las nuevas tecnologías hidráulicas en 1902 se construye la primera presa moderna en Egipto, llamada la Antigua o Pequeña Presa de Aswán. Posteriormente sería recrecida en dos ocasiones, en 1912 y 1933.

Más adelante, el proceso de desarrollo, tanto en el ámbito urbano como en las actividades industriales y agrícolas, multiplicó las demandas de caudales regulados

y la necesidad de controlar los procesos de inundación con el fin de ganar opciones en la gestión del territorio. En este sentido, al igual que en otras muchas partes del mundo, se planteó la necesidad de hacer nuevas regulaciones en un orden de magnitud muy superior al realizado hasta entonces. El proyecto de la Gran Presa de Aswán fue presentado en 1948. Su construcción se empezó en 1960 y se terminó en 1970. Costó más de mil millones de dólares americanos de entonces, que fueron en buena medida financiados por la Unión Soviética, en una coyuntura geoestratégica en la que los factores políticos llegaron a ser más significativos que los propiamente técnicos y económicos.

### **3.1 La Gran Presa de Aswán**

Está situada en el sudeste de Egipto a 800 Km de la capital, El Cairo. Tiene una altura de 111 metros y un grueso de casi un kilómetro y una longitud de 2325 metros. El embalse se conoce como "Lago Nasser", en honor al Presidente Gamal Abdel Nasser. Es el lago más grande del mundo construido por el hombre. Ocupa 500 Km a lo largo del cauce del Nilo, con una superficie de 6000 Km<sup>2</sup>. Dos tercios de ellos se sitúan en Egipto, y un tercio en Sudán, en donde recibe el nombre de "Lago de Nubia". La capacidad total del embalse es de 162 Km<sup>3</sup> (ILEC, 1995).

Los beneficios resultantes de la construcción de grandes presas son de sobra conocidos, pues durante décadas se han explicado, e incluso magnificado en ocasiones por encima de la realidad. Controlan las inundaciones, abastecen demandas urbanas, agrícolas y industriales, producen energía hidroeléctrica etc... Pero también generan y han generado efectos negativos que en la actualidad nos hacen reflexionar y poner en duda el balance y oportunidad de muchas de estas grandes obras hidráulicas. Hace 50 años los impactos ambientales y sociales de la construcción de grandes presas, especialmente en la desembocadura de los ríos, no habían sido siquiera considerados. Incluso en 1991, una encuesta interna del Banco Mundial, mostraba que el 58% de los proyectos hidroeléctricos habían sido planificados sin tener en cuenta, siquiera formalmente, los efectos ambientales río abajo (Pottinger, IRN).

Como es natural la Gran Presa de Aswán, construida hace 30 años, adoleció de esta falta de estudios y valoraciones ambientales. Sus objetivos y beneficios en todo momento han quedado muy claros. Ha jugado un papel muy importante en el desarrollo económico de Egipto. Ha ayudado a expandir la superficie agrícola, ha permitido la generación de energía hidroeléctrica y ha laminado las tradicionales crecidas reduciendo drásticamente los procesos de inundación en las tierras bajas del Nilo, reduciendo los impactos negativos de tales inundaciones.

### **3.2 Las consecuencias ambientales de la Gran Presa de Aswán**

Sin embargo, por otro lado, en el reverso de la medalla, los impactos ambientales han sido, y son, serios. La masiva acumulación de depósitos, especialmente en la cola del embalse, está colmatando aceleradamente el vaso del llamado Lago Nubia. La erosión ha aumentado en tramos bajos, mientras se ha producido un grave y acelerado proceso de regresión en el Delta del Nilo. Es notable la pérdida en fertilidad de los suelos y los fenómenos de salinización, con las correspondientes pérdidas de productividad en los campos. Se han generado graves impactos sobre la pesca fluvial de especies comerciales, que ha disminuido aproximadamente en dos tercios, mientras en el mar los impactos sobre las pesquerías han sido demolidores: la captura de sardinas disminuyó en más del 80% (World Resources 1998-1999).



## **Los efectos sobre suelos, delta y litora**

Antes de la construcción de la Gran Presa de Aswán el Nilo transportaba aproximadamente 124 millones toneladas de sedimentos cada año, depositando parte de ellos, cerca de 10 millones toneladas, en las llanuras de inundación y en el delta. Desde la construcción de la Presa de Aswán, la mayoría de estos sedimentos, el 89%, quedan retenidos en el Lago Nasser (Pottinger, IRN). Como consecuencia de ello se ha producido una reducción en la productividad y la profundidad del suelo fértil en las llanuras de inundación. Para compensar este impacto, se abonan los suelos con fertilizantes artificiales, lo que supone un notable gasto en trabajo y energías fósiles para producir los correspondientes fertilizantes nitrogenados (Soffer, 1999). En 1990, la tasa de consumo en Egipto de fertilizantes inorgánicas fue de 340 Kg./hectárea/año; más del triple del consumo en EE.UU. (100 Kg./hectárea/año) y cercano al Japón con sus 390 Kg./hectárea/año (Wentworthe, 1998).

Estos fertilizantes han contribuido, como efecto secundario, en los procesos de salinización de suelos, contaminando por otro lado a través de los retornos las aguas del Nilo. La erosión de las tierras ribereñas ha causado la pérdida de miles de hectáreas de excelentes campos de cultivo.

La disminución de sedimentos ha dañado también la industria de ladrillos. Antes de la construcción de la presa, la limpieza de los canales de riego, tras las inundaciones, proveía de materia prima a esta industria. Hoy algunos agricultores venden sus tierras para esta industria (Soffer, 1999).

Otros graves impactos se vienen produciendo como consecuencia de la quiebra del equilibrio entre el progreso del delta, al recibir nuevos sedimentos, y la erosión costera generada por el oleaje y las corrientes litorales. Tal fenómeno afecta no sólo al Delta sino a la plataforma costera.

Hoy en día el delta está en peligro, no sólo por falta de sedimentos frente a la erosión marina, sino como consecuencia de un fenómeno de subsidencia (hundimiento del delta), particularmente claro en el noreste. En esta situación, la amenaza de entrada del agua del mar en los lagos del delta es grave, al tiempo que la cuña salina subterránea avanza, salinizando los acuíferos de la zona, con sus correspondientes impactos sobre usos agrarios y urbanos.

No obstante las razones de la crisis del Delta no residen sólo en la trampa de sedimentos que supone Aswán. Según los estudios de Stanley (Penvenne, 1996), la propia gestión de las aguas de riego en el Delta es clave en el proceso. Daniel Jean Stanley, de la Institución de Smithsonian, especialista en Geología Marina, señala como una causa clave de agravamiento de la crisis de sedimentos costeros, la diversión de aguas para la agricultura con la consiguiente retención de sedimentos en los sistemas de riego. Stanley argumenta que, dada la lentitud de los caudales, los sedimentos se depositan en los canales de riego y de drenaje del delta, impidiendo su salida al Mediterráneo y colaborando de forma notable en la crisis de sedimentos costeros.

Stanley señala la conveniencia de recuperar cierto dinamismo fluvial que recomponga en parte el fenómeno de las inundaciones, aunque sea desde una regulación artificial con el fin de reemplazar las funcionalidades de las que sucedían antes de la construcción de la Gran Presa de Aswán de forma natural. Tales procesos de crecida mejorarían la gestión de las aguas, limpiando los canales del delta y dinamizando flujos sólidos hacia el Mediterráneo. Este enfoque implica en definitiva recuperar caudales para funciones ambientales, lo que implicaría reducir ciertos usos actuales de las aguas del Nilo. Al respecto las opciones de incremento

en la eficiencia de uso, e incluso la desalación de aguas marinas en las zonas de costa, si fuera preciso, ofrecerían posibilidades alternativas.

Siegel, de la Universidad de George Washington, insiste en la necesidad de que las organizaciones internacionales sensibles a los problemas ambientales presten atención en la región no sólo a los problemas de erosión y de contaminación del delta del Nilo, sino también a los impactos sobre los ecosistemas de la costa Mediterránea (Penvenne, 1996).

### **Problemas de degradación en la calidad de aguas y suelos**

La contaminación derivada de usos urbanos, industriales y agrícolas vienen contaminando los regadíos y los lagos del delta, lo que afecta tanto a la productividad de agraria como a la de las pesquerías. Los fertilizantes procedentes de la agricultura vienen afectando la calidad de las aguas en los lagos del delta por eutrofización, estimulando el crecimiento de algas que afecta su riqueza pesquera.

La falta de renovación de suelos y la elevada evaporación en un clima desértico, favorecen procesos de salinización de los campos, reduciendo su productividad. Por otro lado estos fenómenos se ven agravados por procesos de creciente intrusión marina.

Debido al riego intensivo y a los sistemas de drenaje, la salinidad del suelo en Egipto ha aumentado. Otro fenómeno que colabora en este proceso es el incremento de la salinidad en el Lago Nasser como consecuencia de la enorme evaporación. Según recientes estimaciones, el 35% de las tierras y el 90% de las aguas egipcias tienen problemas preocupantes de salinidad (Soffer, 1999).

La deficiente calidad ambiental de las aguas del Nilo tiene consecuencias que van más allá de sus utilidades y funciones en el propio río y sus entornos. Los sedimentos suministran nutrientes para las pesquerías no sólo del propio Nilo y de los lagos del delta, sino también del Mar Mediterráneo. La quiebra de calidad de los caudales fluviales ha producido enormes daños sobre esas pesquerías.

### **Efectos sobre las pesquerías**

Al igual que en la generalidad de sistemas deltáicos y estuarinos, en el delta del Nilo, allí donde las aguas dulces se encuentran con las del mar, se genera un ecosistema de la máxima riqueza y biodiversidad. Un 80% de los recursos pesqueros en el mundo provienen de estos hábitats, que dependen del volumen, calidad y régimen de las aportaciones fluviales, con los correspondientes nutrientes. La alteración de esos caudales, por construcción de presas y derivación masiva de aguas, es la principal causa del fuerte declive sufrido por pesquerías como las del Golfo de Méjico, los mares Negro y Caspio, la Bahía de San Francisco en California y, en particular el Mediterráneo Oriental (Pottinger, IRN).

En un contraste con mares ricos en nutrientes como el Mar del Norte y el Mar de Omán (Mar Árabe), las aguas del Mar Mediterráneo son mucho más pobres, lo que induce una menor productividad primaria (Es la síntesis de las sustancias orgánicas de las no inorgánicas a través del fenómeno de fotosíntesis por organismos unicelular llamados fitoplancton (El-Sayed y Dijkken, 1995).

Esta baja productividad se debe a muy diversos factores. La circulación general del mar tiene un carácter lagunar. Una corriente superficial en dirección Oeste-Este trae aguas relativamente mermadas en nutrientes del Atlántico del Norte a través del

Estrecho del Gibraltar, induciendo un flujo inverso de salida hacia el Atlántico de aguas profundas más ricas en nutrientes.

Por otro lado, el clima árido del entorno continental produce un nivel relativamente bajo en nutrientes en los caudales de los ríos que desembocan en el Mediterráneo.

La disminución de sustancias orgánicas en el Mediterráneo oriental, viene generando una situación extremadamente oligotrófica con disminución de turbidez y una creciente transparencia de sus aguas.

Desde tiempo inmemorial, el Ecosistema Mediterráneo del Este ha mantenido parámetros ecosistémicos relativamente estable. Sin embargo la puesta en marcha de la Gran presa de Aswán en 1970, ha causado enormes cambios en los caudales del Nilo, tanto en cantidad como en calidad y régimen, generándose quiebras cuyas consecuencias ni siquiera se habían sospechado.

Antes de la construcción de la Gran Presa de Aswán, el 50% de las caudales del Nilo llegaban al mar. En media, durante los periodos de inundación, la descarga total de sales se estima era, aproximadamente, de unas 5.00 toneladas de fosfatos y 280.000 toneladas de silicatos. Las aguas de esas inundaciones, ricas en nutrientes, vertidas al mar, se extendían luego con una anchura de unos 15 km a lo largo de la costa egipcia, hasta llegar a las costas israelitas e incluso a veces al sur de Turquía (El-Sayed y DijKen, 1995).

El efecto de fertilidad de la entrada de esas aguas del Nilo durante las inundaciones en el mar se traducían en una alta densidad de fitoplancton frente al Delta de Nilo, clave para el sustento de las sardinas y otros peces o especies de valor comercial como los camarones.

La disminución de la fertilidad de estas aguas en el Sudeste del Mediterráneo causada por la construcción de la Gran presa de Aswan ha tenido un efecto catastrófico sobre las pesquerías marinas. Las capturas disminuyeron de unas 35.000 toneladas en 1962 y 1963 a unas 8.000, es decir una cuarta parte, en 1969. Resulta especialmente significativa la caída en capturas de sardina, principalmente *Sardinella aurita*, sumamente dependiente del fitoplancton generado durante el periodo de inundaciones. En concreto la pesca de sardinas disminuyó de 18.000 toneladas en 1962 a tan cantidades que oscilan entre 460 y 600 toneladas en 1968 y 1969 respectivamente. La pesca de camarones tuvo también un descenso muy fuerte, de 8.300 toneladas en 1963 a 1.128 toneladas en 1969 (El-Sayed y DijKen, 1995).

A pesar de los estudios referenciados, los efectos de los caudales de descarga del Nilo sobre la biología oceanográfica y las pesquerías marinas a lo largo de las costas de Egipto y de Israel, aún no están claros o bien valorados. Los drásticos cambios en las condiciones físicas, químicas y biológicas en la Cuenca Mediterránea Oriental ciertamente han producido quiebras impresionantes, pero aún queda mucho por investigar. Por el momento sabemos muy poco de las fluctuaciones estacionales de la productividad primaria en este mar. Además no sabemos si la reducción de los caudales del río han causado cambios en la composición de las especies del reino del plankton que conducirían a impactos en las cadenas tróficas todavía inexplorados. Lo que ciertamente se sabe es que las sardinas que migraban hacia el Delta del Nilo para alimentarse de fitoplancton, han alterado esos movimientos después de la construcción de la Gran Presa de Aswán (El-Sayed y DijKen, 1995).

Hace 50 años, los EE.UU. llevaron a cabo grandes programas de construcción de presas y desarrollo de grandes regadíos sin previsión alguna sobre posibles impactos ambientales negativos sobre ríos, deltas, estuarios y plataformas litorales. Hoy la propia Administración norteamericana reconoce “los costes imprevistos” en forma de reducción en capturas pesqueras, degradación de calidad en las aguas de los ecosistemas fluviales, déficit de arenas en las playas en las costas etc...

Ya en 1994 el señor Daniel P. Beard, Director del Bureau of Reclamation, sin duda la más importante y prestigiada institución pública norteamericana en materia de planificación y gestión hidráulica, en su discurso ante la Comisión Internacional de grandes presas reunida en Durban (Sudáfrica), declaraba ante la sorpresa de muchos delegados de todo el mundo:

*“La Agencia Federal de Recuperación de los Estados Unidos (USBR-Bureau of Reclamation) fue creada como un organismo de construcción de obra pública hidráulica. Los resultados de nuestro trabajo son bien conocidos: las presas de Hoover, Glen Canyon, Grand Coulee y otras fueron construcciones monumentales que son motivo de orgullo para nuestro país y nuestros empleados. Sin embargo en los últimos dos años hemos llegado a la conclusión de que debemos efectuar cambios significativos en el programa de la USBR.*

*Una premisa para nuestro programa fue que los costes de los proyectos fueran reembolsados. Ahora nos hemos dado cuenta que los costes de construcción y operatividad de proyectos de gran envergadura no pueden recuperarse....Con el tiempo, nuestra experiencia práctica nos ha dado una apreciación más clara sobre los impactos medioambientales de los proyectos de gran envergadura que desarrollamos. Fuimos lentos en reconocer estos problemas, y aún estamos aprendiendo cuán agresivos son y como corregirlos. También nos hemos dado cuenta de que existen diferentes alternativas para solucionar los problemas de uso del agua, que no implican necesariamente la construcción de presas. Las alternativas no estructurales son a menudo menos costosas de llevar a cabo y pueden tener un menor impacto ambiental... El resultado ha sido que la época de construcción de presas en los EEUU ha tocado a su fin....”*

Citaremos en esta línea, y de forma específica en lo referente a los impactos sobre las pesquerías, la siguiente referencia de L.Pottinger:

*“Ahora estamos gestionando nuestras presas de otra forma, dejando más caudales para usos ambientales en un esfuerzo por frenar los nuevos impactos sobre los ecosistemas y preservar las valiosas pesquerías al tiempo que nos disponemos incluso a quitar algunas presas obsoletas, aunque hacerlo sea costoso. Hoy se tiende a parar la construcción de nuevas presas. Es muy difícil hoy plantear proyectos destructivos en los ríos de EE.UU.” (Pottinger, IRN).*

### **Problemas en la gestión del embalse**

Un problema que a largo plazo será muy serio es el de la acumulación de sedimentos en el embalse, lo que produce su progresiva colmatación y la correspondiente disminución de capacidad de regulación.

Otro problema sumamente relevante de notable prioridad para Egipto es el de la evaporación de las aguas del Lago Nasser. Según las estimaciones del gobierno egipcio, las pérdidas a causa de la evaporación y de la filtración son de 10 mil millones metros cúbicos por año; según estimaciones no oficiales, estas pérdidas llegan a ser en algunas circunstancias de hasta 18 mil millones metros cúbicos.

Cada vez toma mayor relevancia a nivel internacional, en materia de grandes presas, la cuestión de los riesgos y la seguridad. En caso de catástrofe, el embalse de Aswán se puede liberar 162.000 millones de metros cúbicos de aguas, lo que conduciría a una catástrofe humana sin precedentes. Una de las capitales más poblada del mundo, el Cairo de 17 millones habitantes, quedaría arrasada.

En los últimos tiempos se vienen estudiando los riesgos de destabilización sísmica del área. La posibilidad de que el peso del embalse provoque movimientos bajo la tierra (*underlying*) amenazan incluso la seguridad de la propia presa. Este efecto se llama *reservoir - triggered seismicity*.

Hoy cuando menos se sospecha que este efecto fue el culpable de varios desastres en el pasado. Hay dos casos, que merece la pena mencionar: uno fue Xinfengjian cerca de Cantón en China, otro el de El Koyna cerca Poona en la India. En Xinfengjian, un embalse parecido al de Aswán, fue sacudido en 1961 por un terremoto de magnitud de 6,1. La Presa de El Koyna fue destruida en 1967 por una sacudida de magnitud de 6,5.

En Egipto, en 1981, se sufrió un seísmo corto de magnitud de 5,3. Su epicentro estaba justo a 55 kilómetros de la Gran Presa de Aswán y a 10 kilómetros del embalse (Werner, 1997).

### **Impactos culturales**

La presa de Aswán causó la destrucción de importantes tesoros arqueológicos en la región, y arruinó muchos paisajes en Egipto. La zona del lago era rica en ruinas de las anteriores civilizaciones desde el periodo paleolítico. Algunas, como el templo de Abu Simbel y el templo de Kalbasha, fueron rescatadas por la UNESCO, pero muchos otros tesoros culturales se perdieron o resultaron seriamente dañados (Kasr Ibrim, antigua fortaleza faraónica, los templos de Addar y Amda...).

## **4 CONCLUSIONES**

Hoy en día está a debate la vigencia y sentido de las grandes presas como claves de desarrollo, en la medida que se empiezan a conocer y valorar sus enormes impactos socioambientales. La construcción de la Gran presa de Aswán es en este sentido una de las referencias más polémicas de este debate sobre la que confluyen esfuerzos valorativos y estudios científicos a nivel nacional e internacional. En principio este ambicioso proyectó se justificó, y se justifica, como el remedio de la sociedad egipcia para controlar las inundaciones, aumentar la superficie de riego y generar la energía hidroeléctrica que el país necesita para su desarrollo. Pero hoy en día las consecuencias han sido más graves de lo que nadie podía imaginar en lo que se refiere a los problemas ambientales. La presa ha retenido no sólo las aguas, sino también los sedimentos y nutrientes que enriquecían las tierras egipcias y fertilizaban el Mar Mediterráneo.

No cabe la menor duda de que Aswán ha promovido y permitido en buena medida el desarrollo de Egipto actual. Pero el proyecto fue más costoso de lo que se esperaba, recortando los beneficios previstos. A la hora de planificar la presa, no se tuvo en cuenta su impacto sobre la fertilidad del mar mediterráneo, lo que ha supuesto de hecho un drástico declive en la pesca de sardina en la región. Además, la presa ha retenido casi todos los sedimentos que fertilizaban el delta y las llanuras de inundación, lo cual ha puesto por otro lado al delta en peligro de desaparición ante la erosión costera.

El empobrecimiento de los campos, al no recibir los sedimentos ricos en materia orgánica de las inundaciones, ha forzado a emplear fertilizantes artificiales, lo cual, a su vez, ha favorecido procesos de salinización en los suelos.

Otro impacto a considerar también es el generado en la industria de ladrillos.

Los impactos son de tal envergadura que hoy se presupuestan y gastan millones de dólares para investigar las consecuencias ambientales sobre los ecosistemas del río Nilo, de sus entornos y de las plataformas costeras.

Ciertamente, desde los nuevos enfoques de política de aguas vigentes en EEUU e incluso en Europa, sería improbable la construcción de presas como la de Aswán. Hoy, ante las realidades consumadas, el problema se centra en rediseñar la gestión de este tipo de grandes sistemas de regulación incorporando la necesaria consideración de las funciones y servicios ambientales generados por los ecosistemas, investigando las posibilidades de recomponer su funcionalidad en la medida de lo posible. Hoy parece evidente que Egipto debería pensar en un nuevo modelo de gestión que deje fluir más caudales hacia el mar. Otra clave en forma de reto es sin duda, al igual que en gran parte de las presas del mundo, la gestión de los sedimentos retenidos en el embalse.

En definitiva el reto del Desarrollo Sostenible en un país con 64 millones de habitantes en una zona desértica, ciertamente no es cuestión sencilla cuando de gestión de aguas se está hablando.

## 5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allan, J.D. 1998. El Régimen Natural de los ríos. Un Paradigma para su conservación y Restauración. En: El Agua a Debate desde la Universidad: *Hacia una Nueva Cultura del Agua*. Celebrado 14-18 de Septiembre de 1998 en Zaragoza. Publicación de la Institución "Fernando el Católico" - Zaragoza, Spain, 888 Pág.

Comisión de las Comunidades Europeas (1999). Propuesta de la Directiva Marco de Aguas, en tramitación en la UE. Bruselas, UE.

El-Sayed, S.Z. y van Gert L., v.D. 1995. The southeastern Mediterranean ecosystem revisited: Thirty years after the construction of the Aswan High Dam. *Quarterdeck*. 3(1), 4-7. Department of Oceanography, Texas A&M University.

International Lake Environment Committee Foundation for sustainable Management of world lakes & reservoirs (ILEC, 1995). Aswan High Dam Reservoir. ILEC, Japan.

Penvenne, L.J. 1996. Disappearing Delta. *American Scientist*, Volume 84, No. 5.

Pottinger, L. The Environmental Impacts of Large Dams. International Rivers Network (IRN), Berkeley, USA.

Soffer, A. 1999. Rivers of Fire: *The Conflict over Water in the Middle East*. Rowman & Littlefield Publishers, INC., Lanham, Maryland, USA, 303pp.

Think Quest Team. 1998. The Living Africa: The Land – The Nile River.

Wentworthe, T.R. 1998. Why & How to Study Ecology. Lectura de la Asignatura BO360 impartida durante el semestre de Primavera en College of Agriculture & Life Sciences en NC State University, USA.

Werner, L. 1997. Dam Safety. *Scientific American: Technology and Business*. No. 7.

Worster, D. 1985. A Short History of Rivers: Rivers of Empire. in Silenced Rivers: The Ecology and Politics of Large Dams. International Rivers Network (IRN), Berkeley, USA.

World Resources Institute (WRI), World Resources 1998-1999. Resources at Risk: The Decline of Freshwater Ecosystems, WRI, Washington, USA.

World Resources Institute (WRI), World Resources 2000-2001: People and Ecosystems: The Fraying Web of life, WRI, Washington, USA.