
IMPACTOS ECONÓMICOS, SOCIALES Y AMBIENTALES GENERADOS POR LAS GRANDES HIDROELÉCTRICAS. UNA REVISIÓN

JUAN MANUEL ANDRADE NAVIA Y ALFREDO OLAYA AMAYA

RESUMEN

En esta revisión se identificaron, a través de una búsqueda de publicaciones especializadas en la base de datos Scopus, los impactos económicos, sociales y ambientales más comunes, importantes o frecuentes de las grandes centrales hidroeléctricas, y se reconocieron las principales similitudes y diferencias de tales impactos encontrados en el estudio ex-ante que se realizan para el trámite de la licencia ambiental del proyecto y los registrados en el estudio ex-post, es decir el que se efectúa después de la fase constructiva del proyecto.

Las plantas hidroeléctricas son construídas para producir beneficios o impactos positivos; sin embargo, en la mayoría de los casos se generan impactos negativos que deben ser prevenidos, mitigados, corregidos o compensados de manera ostensible de conformidad con la legislación que en cada país regula los estudios de impacto ambiental, previo a la fase de construcción, los cuales se conocen como estudios ex-ante. No obstante, existen casos de estudios de impacto ambiental que se realizan después de la fase constructiva, los cuales se conocen con el nombre de estudios ex-post.

Generalmente, las investigaciones sobre el tema reconocen impactos frecuentes y altamente problemáticos asociados a este tipo de proyectos, tales como la pérdida de tierras fértiles aptas

para la agricultura, la disminución del recurso pesquero y, por tanto, la afectación del sustento para las comunidades, así como el cambio de la vocación productiva del área afectada y la disposición de aguas para riego de cultivos, entre otros. Sin embargo, no hay consenso sobre el tipo, la magnitud y la naturaleza de los impactos vinculados con la construcción de represas alrededor del mundo (Ledec y Quintero, 2003).

Las represas se construyen para suministrar agua para consumo humano, abastecer de agua a sistemas de riego, generar energía, o para controlar inundaciones. También son multipropósito, cuando se combinan dos o más de estos objetivos (Sternberg, 2006; Richter y Thomas, 2007).

Represas pequeñas con fines de suministro de agua potable, riego o control de inundaciones se han estado

construyendo desde hace varios siglos; pero la construcción de embalses para producir hidroelectricidad, según *International Rivers* (2013) y el Banco Mundial (WB, 2009, 2013), inició a finales del siglo XIX en Europa occidental y Estados Unidos y se afianzó en la segunda mitad del siglo XX. Ello se debió a la demanda de energía que experimentaron especialmente los países emergentes como consecuencia de la expansión demográfica y la relocalización de las grandes factorías e industrias en sus territorios.

Según la *World Commission on Dams* (WCD, 2000), las grandes represas son aquellas cuyo muro principal es $\geq 15\text{m}$ de altura, o en su defecto tiene un embalse con capacidad para almacenar más de $3 \times 10^6 \text{m}^3$ de agua y una capacidad de generación de energía $> 100\text{MW}$. Las represas medianas poseen un muro principal con una altura que

PALABRAS CLAVE / Estudios de impacto ambiental ex-ante y ex-post / Hidroeléctrica / Impacto ambiental /

Recibido: 17/10/2018. Modificado: 14/01/2021. Aceptado: 19/01/2021.

Juan Manuel Andrade Navia. Candidato a Doctor en Agroindustria y Desarrollo Agrícola Sostenible, Universidad Surcolombiana, Colombia. Profesor, Corporación Universitaria Minuto de Dios, Colombia. Dirección: Cra. 73b #81-23, Bogotá, Colombia. e-mail: jandradenav@uniminuto.edu.co.

Alfredo Olaya Amaya. Doctor en Ingeniería de Recursos Hidráulicos, Universidad Nacional de Colombia. Profesor, Universidad Surcolombiana, Colombia. e-mail: alolaya@usco.edu.co.

oscila entre los 10 y 15m, un embalse con capacidad para almacenar menos de $3 \times 10^6 \text{m}^3$ y una capacidad de generación de energía entre 10 y 100MW. Finalmente, las pequeñas represas poseen un muro principal con altura $<10\text{m}$, un embalse con capacidad para almacenar menos de $1 \times 10^6 \text{m}^3$ y una capacidad de generación de energía $<10\text{MW}$.

El objetivo del presente artículo consistió en identificar los impactos económicos, sociales y ambientales más comunes, frecuentes o importantes de las grandes centrales hidroeléctricas en el mundo, para lo cual se hizo una búsqueda y consulta de publicaciones especializadas, principalmente en inglés, relacionadas con los impactos generados por grandes represas en todo el mundo.

Método

Selección de documentos y unidad de análisis

La ecuación de búsqueda utilizada en el presente trabajo fue: (TITLE-ABS-KEY (environmental AND impacts) AND TITLE-ABS-KEY (economic AND impacts) AND TITLE-ABS-KEY (social AND impacts) AND TITLE-ABS-KEY (dams)) AND PUBYEAR >1994 AND PUBYEAR <2017 .

En una búsqueda inicial se encontraron 2710 artículos, de los cuales fueron seleccionados aquellos que cumplían con los requisitos propuestos, tras la revisión de sus resúmenes. Se incluyeron finalmente 46 artículos publicados e incluidos en la base de datos Scopus en el periodo comprendido entre 1995 y 2016.

Resultados

El mundo pasó de tener 9.056 grandes represas en 1960 a contabilizar más de 32.500 en el 2010 (WB, 2013), aunque otras fuentes aseguran que durante el siglo XX se construyeron más de 47.000 grandes represas y 800.000 pequeñas alrededor del planeta (WCD, 2000; Rosenberg *et al.*, 2000; Richter y Thomas, 2007). Destaca Asia como el continente con más represas (WB, 2013), en especial por el desarrollo hidroeléctrico de China (Miao *et al.*, 2015).

Asia

El proyecto hidroeléctrico de las Tres Gargantas (capacidad instalada de generación de 22500MW) sobre el río Yangtzé en China inició su construcción en 1993 y terminó en 2009 (Xu *et al.*, 2013); por ende, el informe oficial

mediante el cual se estimaron los impactos ambientales potenciales data de principios de la década de 1990. Xu *et al.* (2013) realizaron un estudio con el objetivo de comparar las estimaciones consignadas en dicho informe oficial con los resultados obtenidos en estudios posteriores como los de Wu *et al.* (2003), Stone (2008, 2011), Tullos (2009) y Fu *et al.* (2010).

En su estudio, Xu *et al.* (2013) hicieron énfasis en los aspectos más problemáticos que generó el proyecto, tales como la calidad del agua (Bi *et al.*, 2010), el recurso pesquero (Duan *et al.*, 2009; Gao *et al.*, 2010), la sedimentación y la erosión en la ribera del río aguas abajo (Yang *et al.*, 2006; Lu *et al.*, 2011), la sismicidad y la inestabilidad geológica provocada en el embalse (Wang *et al.*, 2004), así como el desplazamiento humano y la capacidad de carga del ambiente en la zona del embalse (Tan, 2008; Xu *et al.*, 2011).

Así, Xu *et al.* (2013) descubrieron que: 1) la población desplazada aumentó alrededor de 190.000 personas en comparación con los resultados arrojados por el estudio de impacto ambiental oficial; 2) la sedimentación fue de $142 \times 10^6 \text{t}$, un 40% de las $335 \times 10^6 \text{t}$ estimadas en el estudio oficial, y 3) el inventario de ejemplares de las cuatro especies de truchas de mayor presencia se redujo en un 78%, frente al 50% estimado en el informe oficial.

De igual manera en Irán, Rahmati y Nazarian (2010) hallaron impactos económicos, sociales y medioambientales negativos como consecuencia de la construcción de las represas de Gotvand Olia (capacidad de generación de 1000MW) y Karoon (capacidad de generación de 1020MW) sobre el río Karún, con afectaciones especialmente en las poblaciones aguas arriba de los embalses.

De otra parte, Siciliano *et al.* (2015) estudiaron las afectaciones post-construcción del embalse de Kamchay (capacidad de generación de 400MW) en Camboya, en 2006, a partir de las percepciones de los miembros de las comunidades afectadas y los actores institucionales a nivel local y nacional. Entre los impactos ambientales más significativos se encontraron la baja calidad del agua del río Kamchay, que abastece la ciudad de Kampot y la salinización del agua debido a la proximidad del embalse con el mar. Entre los recolectores locales de bambú, el 47% de las familias ganaban más de 20.000 rielos y 53% menos de 20.000 rielos por día, mientras que después de la construcción el 21% ganaron más de 20.000 rielos y 79% ganaron menos de 20.000 rielos por día, lo que

evidencia el deterioro de su situación económica. De igual manera, las familias dedicadas a la recolección de leña pasaron de 20 a más de 50 luego de la construcción, y los productores de fruta pasaron de ser del 19 al 2,5% de la población. Finalmente, la población con ingreso >30.000 rielos disminuyó del 86 al 23%, y la afluencia de turistas se redujo de 280.000 a 65.000 personas por año (Siciliano *et al.*, 2015).

África

África es uno de los continentes donde el mayor número de represas son destinadas a la irrigación de cultivos, siendo en menor medida dedicadas a la generación hidroeléctrica. Strzepek *et al.* (2008) estudiaron el impacto de la represa de Aswan (capacidad de generación de 2100MW) sobre la economía egipcia. Los autores tuvieron en cuenta aspectos como cambios positivos en el suministro de agua para riego de cultivos, el suministro de energía eléctrica, los rendimientos de la producción y el uso de tecnologías (especialmente fertilizantes). Al respecto, encontraron que los aportes de Aswan sobre la economía nacional fueron significativos, representado en alrededor del 3% del PIB, en comparación con los ciclos tradicionales de cultivos sin la represa.

De otra parte, Ahmed y Fogg (2014) evidenciaron el impacto generado por el aumento de los niveles de agua subterránea como consecuencia de la construcción de la presa de Aswan, ocasionando el deterioro de los sitios arqueológicos por cuenta de la humedad y la salinización.

Tilt *et al.* (2009) estudiaron los impactos de grandes proyectos como el complejo de represas denominado Tierras Altas de Lesoto, con cinco represas (tres terminadas y dos en construcción para la época) entre Sudáfrica y Lesoto. El complejo de Lesoto tenía las represas de Katse, Muela y Mohale totalmente terminadas, mientras las represas de Mashai y Tsoelike aún estaban en la fase de planeación para finales de la década del 2010. El proyecto Tierras Altas tiene entre sus objetivos el suministro de agua a la región industrial de Sudáfrica y la generación de energía eléctrica al nivel nacional. Los autores clasificaron los impactos encontrados en tres categorías, a saber: sobre la economía rural; sobre la cultura, la salud y género; y sobre la infraestructura, el transporte y la vivienda. En la primera categoría predominó la pérdida del acceso a la tierra y otros recursos, como fuentes de agua potable, manantiales naturales, hierbas y vegetales, todos necesarios para

el bienestar de las comunidades. Frente al empleo, se presentó un alto nivel de migración de las partes bajas hacia las tierras altas de Lesoto y, por tanto, una presión sobre las posibilidades de empleo de los habitantes locales. En la segunda categoría hubo alrededor de 20.500 residentes afectados en 120 aldeas. Con relación a la tercera categoría, las mujeres fueron la población más vulnerable y afectada negativamente debido a los desplazamientos y pérdidas de vivienda (Tilt *et al.*, 2009).

Strobl y Strobl (2011) realizaron un amplio estudio acerca de los impactos que han generado las grandes represas en el continente africano. Utilizaron la clasificación de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) para las grandes represas, contabilizando un total de 972 represas para su análisis. El estudio mostró que el propósito del 65% de las represas era el riego de cultivos, mientras que en el 13% y el 38% era el suministro de agua potable y la generación de energía eléctrica, respectivamente. Concluyeron que las regiones que se vieron ampliamente beneficiadas con el aumento de la productividad de sus cultivos se encuentran aguas abajo de las represas. Sin embargo, en la investigación no se abordaron cuestiones importantes, tales como el desplazamiento de la población, el impacto sobre la pesca, y la erosión sobre la cuenca del río, entre otras consecuencias negativas.

Mudzengi (2012) analizó los efectos de la construcción de la represa de Siya en Mazungunye, sobre el río Turgwe en Zimbabue, y obtuvo como resultado que los agricultores lograron mejores producciones agrícolas, a pesar de las pobres y adversas condiciones ambientales. La actividad pesquera fue otra de las beneficiadas con la construcción del embalse, con el crecimiento de la pesca de captura por parte de los pobladores, lo que benefició la subsistencia de la población del área de influencia.

Obour *et al.* (2015) analizaron las consecuencias de la represa hidroeléctrica de Bui (capacidad de generación de 400MW) en la República de Ghana, en el río Volta Negro, sobre los medios de subsistencia de las comunidades locales. Antes de la presa, las principales actividades económicas radicaban en la pesca y la agricultura, con un complejo sistema de intercambio comercial entre sus pobladores; sin embargo, con el proyecto los pescadores experimentaron un notable descenso en la cantidad de peces disponibles debido a la interrupción de los ciclos de reproducción y los cambios en los regímenes de flujos del río, además de los problemas para acceder a los sitios de

pesca. Los pobladores reasentados fueron ubicados varios kilómetros aguas abajo, lo que dificultó la actividad de pesca debido a que los flujos del río disminuyeron drásticamente. Asimismo, se encontró que la construcción de la represa permitió la aparición de varios empleos formales en la zona; no obstante, las vacantes fueron cubiertas por foráneos, debido al bajo nivel de cualificación de los pobladores. En síntesis, solamente 14 de las 139 personas aptas para trabajos de construcción en la zona fueron empleados, el resto fueron migrantes.

Arajoula *et al.* (2016) hallaron que la represa de Er Roseires (capacidad de generación de 1800MW), en Sudan, luego de 50 años de operación sobre el río Nilo Azul, generó serios impactos ambientales y sociales. Por un lado, ocasionó problemas ambientales reiterativos sobre los bajos niveles del río, especialmente en la estación seca, al igual que el desplazamiento de cerca de 110.000 personas. Además, el aumento de la humedad en la zona incrementó los problemas respiratorios en sus habitantes. Sin embargo, se generaron impactos positivos en la economía de las comunidades circunvecinas, con el incremento de la pesca y su comercialización, de la agricultura y el turismo, además de mejorar la disponibilidad de madera y frutas, especialmente de origen acuático.

América

En los Estados Unidos la construcción de represas es un asunto del siglo XX; no obstante, se calcula que existen alrededor de 75.000 represas entre pequeñas, medianas y grandes (Bohlen y Lewis, 2009). A pesar de los beneficios generados por dichos proyectos, son evidentes los impactos negativos ocasionados. En el Estado de Maine los proyectos hidroeléctricos han afectado ampliamente el río Maine, generando el deterioro del hábitat acuático y la supervivencia del amenazado salmón del Atlántico (Lichter *et al.*, 2006).

Douglas y Harpman (1995), utilizando el Modelo de Planeación y Análisis de Impactos (IMPLAN, por sus siglas en inglés), estimaron el valor de los ingresos generados por las actividades recreativas y deportivas realizadas en la zona del embalse del Cañón Glen (capacidad de generación de 451MW) construida sobre el río Colorado. A partir de los gastos de los turistas y los ingresos percibidos por la economía local, estimaron el número de empleos generados para la zona de estudio. Los ingresos percibidos en la zona por actividades turísticas fueron calculados en USD

11.660.813 en 1985 y USD 14.167.847 en 1990 y el estimado de empleos para los dos periodos fue 316 y 307 puestos de trabajo, respectivamente.

Por su parte, Bohlen y Lewis (2009) realizaron un estudio con el fin de determinar las consecuencias que tenía la construcción de represas sobre el valor de la propiedad en el Estado de Maine, mediante un modelo estadístico de análisis de información, encontrando una correlación positiva entre los impactos negativos tales como deforestación, malos olores, deterioro de la calidad del agua, disminución de peces y la pérdida de valor de las propiedades en torno a los embalses.

Austin y Drye (2011) estudiaron los impactos de la represa del Cañón Glen sobre el río Colorado, al norte de Arizona. Al respecto se documentó cómo los gobiernos locales y nacionales sopesaron las alternativas al elegir entre los ingresos generados por el turismo y la pesca recreativa, de un lado, y la seguridad alimentaria, del otro. El estudio evidencia los impactos sobre especies animales y vegetales nativas que se vieron abocadas a la extinción, al igual que sobre tribus de nativos que vieron alteradas sus fuentes de alimentos. Sin embargo, el estudio mostró los beneficios en la actividad turística para la región con ingresos de millones de dólares.

Keilty *et al.* (2016) revisaron los impactos originados por la represa de Mactaquac (capacidad de generación de 660MW), construida sobre el Río Saint John en Canadá, antes y después de la construcción. En la etapa pre-construcción sobresalieron las percepciones negativas por la pérdida de tierras para la agricultura, reasentamiento de algunas personas y las enfermedades como consecuencia del estrés y las preocupaciones generadas. Posterior a la realización del proyecto, los pobladores identificaron consecuencias positivas en la comunidad, como la posibilidad de actividades náuticas, deportivas y turísticas, debido al atractivo de las costas y las playas que aparecieron con el embalse.

En Honduras, Lehmann (2001) realizó un análisis del embalse Francisco Morazán (capacidad de generación de 750MW), más conocida como El Cajón, construido entre 1980 y 1985. El embalse fue construido sobre el río Comayagua, notable por su recurso pesquero en la región central del país, y generó consecuencias positivas y negativas sobre el área de influencia, especialmente minimizó las inundaciones ocasionadas por los recurrentes huracanes y tormentas tropicales que afectan a Centroamérica.

Según Loker (2003), con la construcción de la represa El Cajón se inundaron ~3577ha y las tierras agrícolas se redujeron a 5664ha; no obstante, en 1994 (cerca de 10 años después) se reportaron 8965ha, casi la misma área agrícola antes de la construcción; es decir, se amplió la frontera agrícola, pero a costa de la pérdida de bosques. La reducción en las fuentes de recursos de subsistencia para la comunidad hizo de la migración hacia Estados Unidos una alternativa; al menos un 50% de las familias que habitaban la zona tenían un pariente en Norteamérica del cual recibían apoyo económico.

En Suramérica, Fearnside (2014) puso de manifiesto los problemas ocasionados y las lecciones que deja la construcción de las represas de San Antonio y Jirau (capacidad conjunta de generación de 3570MW) sobre el río Madeira en la frontera de Brasil con Bolivia y Perú. La pérdida del recurso pesquero es uno de los mayores impactos sobre la comunidad, especialmente el gran pez gato migratorio del grupo conocido con el nombre de los 'grandes bagres', y sus cinco especies de interés comercial. Antes de la existencia de la represa estas especies subían a la cabecera de los tributarios del Madeira a reproducirse. De otra parte, las actividades de reemplazo para proporcionar empleo, tales como la construcción de una playa artificial y un centro de turismo en las antiguas cataratas de Teotonio, parecen ser insuficientes para suministrar un medio de subsistencia viable a la población, debido a las condiciones insalubres del agua de las represas.

Aledo *et al.* (2015) presentaron los resultados de evaluaciones ex-post para la represa de Porto Primavera (capacidad de generación de 1540MW), en la parte alta del río Paraná en Brasil, sobre la población de Porto Rico. Se experimentó un cambio de vocación productiva y la comunidad pasó de tener turismo de pesca, a turismo de playa y sol. En efecto, se trasladó del sector primario al sector terciario de la economía; sin embargo, los efectos negativos sobre el flujo del río y la vida silvestre fueron notables. Se destacan la alta mortalidad de peces como consecuencia de la contaminación que generó el turismo, las descargas de aguas servidas sobre el embalse, los bajos niveles de agua y los contaminantes utilizados para la limpieza de las turbinas. A pesar de que se identificó la aparición de malezas acuáticas, estas alentaron la supervivencia de los peces, pero obstaculizaron la navegación de embarcaciones pesqueras.

En la misma línea, Fearnside (2015) realizó un análisis de los

impactos generados por la represa de Itaipú (capacidad de generación de 14000MW) construida sobre el río Paraná, en el Estado Paraná al sur de Brasil. Entre los aspectos que encontró están las consecuencias sobre las poblaciones ubicadas aguas abajo de la presa, debido a que se desvió un tramo de unos 100 kilómetros históricamente utilizado para el riego y la pesca, dejándolo totalmente seco. Las migraciones de peces, aguas abajo y aguas arriba, se vieron interrumpidas por el embalse, poniendo en riesgo la autosuficiencia de la región.

Europa

Batalla *et al.* (2004) analizaron los niveles de los caudales de la cuenca del río Ebro, en España, y encontraron que las 187 represas que lo regulaban afectaron drásticamente su flujo promedio anual, al tiempo que disminuyeron de manera significativa la frecuencia de las inundaciones aguas abajo.

Por otra parte, se encuentra el proyecto multipropósito de Alqueva, entre Portugal y España, con una capacidad instalada de 380MW, que constituye la represa más grande de Europa Occidental con más de 25.000ha y un distrito de riego con alcance para alrededor de 120.000ha. Al respecto, Santos *et al.* (2007) realizaron un estudio comparativo ex-ante y ex-post de los impactos generados por la represa sobre los animales carnívoros amenazados en la zona de influencia, reconociendo que a pesar de los beneficios proporcionados por el sistema de riego, existen serias afectaciones negativas sobre especies animales como la nutria, el lince ibérico, el gato silvestre y la mofeta; no obstante, se están desarrollando programas de conservación y repoblamiento de las especies amenazadas. De igual manera, Dias-Sardinha y Ross (2015) estudiaron el impacto de la misma represa sobre la industria del turismo y demostraron que, en contra de las expectativas iniciales, esta industria, en gran medida, está subdesarrollada, en parte debido a la falta de inversión y una inadecuada planificación.

Loizeau *et al.* (2010) tuvieron en cuenta los impactos generados por 160 grandes represas de Suiza, entre las que se encuentran las de Mauvoisin (capacidad de generación de 363MW), Wettingen (capacidad de generación de 26MW) y Grande Dixence (capacidad de generación de 2069MW), tres de las más importantes del mencionado país. Hicieron énfasis en los cambios de la frecuencia y reducción de la descarga hídrica anual aguas abajo, reducción en la carga de sedimentos y nutrientes, así como la

reducción del número y la magnitud de las inundaciones.

Carracedo-Martín y García-Codron (2011) estudiaron los impactos de las cuatro represas con fines de generación eléctrica que se localizan a lo largo de 40km del río Nansa en Cantabria, España. Tales represas afectaron gravemente los ciclos de vida de los animales que se movían entre el río y el mar, especialmente de peces como el salmón, la trucha, la anguila y la lamprea, las tres primeras fuertemente explotadas durante la primera década del siglo XX y para 2011 casi extintas. También se afectaron fuertemente por el efecto barrera de las represas los mamíferos acuáticos como las nutrias y el desmán ibérico que se encuentran en algunos de los sectores más altos de la cuenca del río. Además, el río Nansa se convirtió en un pequeño arroyo, con el agravante que se detectaron cambios significativos en los parámetros de pH, temperatura, oxígeno disuelto, sólidos en suspensión y la carga de nutrientes atribuibles al efecto de las presas o la disminución del caudal de descarga y la pérdida de capacidad de auto-purificación.

Discusión y Conclusiones

A nivel general, con el análisis de varios embalses se encuentra que los proyectos hidroeléctricos generan una serie de impactos sobre su entorno (Ledec y Quintero, 2003). Entre los más relevantes se cuentan: inundación de hábitat naturales, pérdida de vida silvestre, desplazamiento obligado de personas, deterioro de la calidad del agua, cambios hidrológicos del río aguas abajo, aparición de enfermedades relacionadas con el agua, cambios en las formas de vida animal acuática, aparición de maleza acuática, pérdida de patrimonios culturales e inmateriales, generación de gases de efecto invernadero y sedimentación de los embalses.

Algunos autores consideran que las grandes tensiones que genera la construcción de grandes proyectos de infraestructura, especialmente las represas, radica en que generalmente no se presta atención a los impactos locales, en especial, los negativos que afectan el entorno y las comunidades (Dufflo y Pande, 2007; Ansar *et al.*, 2014; Pearse-Smith, 2014; Sovacool *et al.*, 2014).

En el mismo sentido, Fearnside (2014) afirma que muchos de los impactos recaen sobre las poblaciones locales que viven a lo largo de los ríos que son o serán represados, mientras que los beneficios se acumulan en ciudades distantes, incluso ubicadas en otros países. La *World Commission on Dams* (WCD),

2000) considera que entre los impactos más significativos sobresale el desplazamiento de comunidades y que la construcción de represas ha generado el desplazamiento físico de 40 a 80x10⁶ personas, con las consecuencias adversas que ocasionan los respectivos procesos de reasentamiento.

Las represas con fines hidroeléctricos generan consecuencias favorables y adversas; sin embargo, en los estudios ex-post se resaltan, en especial, los impactos negativos. Los estudios ex-ante son más frecuentes y se realizan para tramitar la licencia ambiental de los proyectos, mientras los ex-post son escasos, su interés es más reciente y se llevan a cabo con el propósito de hacer seguimiento a los impactos, detectar cuáles de éstos son subestimados o sobreestimados y conocer nuevos impactos.

De esa manera se pueden reorientar mejor las medidas del plan de manejo ambiental del proyecto, el reordenamiento territorial o el desarrollo socioeconómico de la respectiva área de influencia. Por ende, es conveniente reflexionar sobre la obligatoriedad de los estudios de impacto ambiental después de la construcción de las represas, y la efectividad en el rol de acompañamiento y fiscalización que en la actualidad está ejerciendo la autoridad ambiental encargada de monitorear el cumplimiento de las acciones de mitigación de los impactos por parte de los responsables de los proyectos.

Al respecto, Aguilar-Støen y Hirsch (2015) examinaron cómo los estudios de impacto ambiental, en Guatemala, a pesar de ser concebidos como instrumentos neutrales para evaluar los posibles cambios sociales y ambientales y ayudar a la toma de decisiones, se convirtieron meramente en un trámite burocrático, en el cual las proyecciones de los impactos negativos tienden a ser subestimadas, incluso con la complicidad de las autoridades encargadas de revisar y avalar la expedición de los permisos y licencias.

Tanto en los estudios ex-ante como en los ex-post predomina el interés por los impactos ecológicos y socioeconómicos, negativos, pero llama la atención la reducida cantidad de investigaciones realizadas acerca de los impactos culturales y etnográficos sobre las poblaciones afectadas. Entre las principales consecuencias desfavorables reconocidas en dichos estudios realizados alrededor del mundo se cuentan el desplazamiento físico de personas, los procesos de reasentamiento, la pérdida de fuentes de empleo y del sustento económico; la interrupción de los corredores migratorios de especies

animales, principalmente acuáticas; la pérdida de hábitat y la extinción de especies animales y vegetales. Esta tendencia quizá se deba a que la legislación acerca de licencias ambientales tiende a enfatizar más los impactos desfavorables; sin embargo, es recomendable otorgar también protagonismo a los impactos positivos debido a que esto facilitaría planificar mejor el desarrollo local o regional aprovechando las nuevas oportunidades asociadas a la construcción y operación de las represas.

Es decir, los principales impactos que se presentan con ocasión de la construcción de represas, positivos y negativos, son comunes en la gran mayoría de las regiones alrededor del mundo. No obstante, su valoración varía de acuerdo con las particularidades de cada país, lo que parece explicarse por variables económicas, jurídicas, culturales y sociales, la sensibilidad y la resistencia social, así como la ética profesional de consultores y funcionarios, el número de habitantes y el tipo de ecosistema afectados.

También cabe resaltar que las políticas ambientales varían de acuerdo a la normatividad de cada país, incluso en lo relacionado con la entrada en vigencia de la obligatoriedad de la obtención de licencias ambientales previas a la construcción de las represas, que en algunos Estados tardó más que en otros y a la postre ocasionó falta de criterios y estándares para el desarrollo de los estudios de impacto ambiental.

En la mayoría de los estudios examinados, en los que se exponen consecuencias negativas como las mencionadas, los principales afectados son las comunidades de bajos recursos, incluidos asentamientos indígenas, dedicados a actividades económicas con nulo o escaso uso de tecnología y capital. Generalmente son personas dedicadas a oficios artesanales y de baja cualificación como pescadores, leñadores, agricultores de subsistencia, cazadores o jornaleros, entre otros, que difícilmente pueden ser insertados en nuevos modelos de sustento económico a pesar de las compensaciones, debido a que no poseen conocimientos ni habilidades para desempeñarse en nuevos oficios o trabajos.

Por su parte, quienes se dedican a actividades económicas, con ciertos requerimientos de capital y uso de tecnologías han desarrollado relativos conocimientos y destrezas que les permiten adaptarse más fácilmente a los nuevos retos que les plantea la construcción de las represas, tal como sucede con los medianos y grandes ganaderos, comerciantes, pequeñas empresas agroindustriales o turísticas, terratenientes, medianos y grandes agricultores.

Sin embargo, existe un reducido número de investigaciones donde los beneficios de las represas se hacen evidentes. Por ejemplo, en África los estudios se han enfocado en destacar los beneficios económicos experimentados por las poblaciones aledañas que gozan de un sistema de riego para sus cultivos con el agua suministrada desde los embalses construidos, con ventajas como el aumento significativo, tanto de las áreas cultivadas como de la producción agrícola, los rendimientos de cultivos por unidad de superficie, la frecuencia de cosechas y la diversificación agrícola.

En concordancia con lo anterior, es apropiado expresar que, aunque los proyectos hidráulicos generen importantes beneficios económicos para los propietarios de los mismos o el desarrollo del país, las comunidades del área de influencia inmediata tienden a ver con buenos ojos aquellos que mejoren sus ingresos y el empleo sin ser desplazados ni despojados de sus tierras o viviendas. Esto se logra con las represas para irrigación, los proyectos multipropósitos que incluyen adecuación de tierras con fines agrícolas o las represas con objetivos diferentes a la generación hidroeléctrica. A manera de hipótesis, podría expresarse que los habitantes y actores comunitarios o institucionales del área de influencia del proyecto tienden a tolerar impactos ecológicos adversos cuando se generan impactos favorables significativos de interés socioeconómico en dicha área, además de las compensaciones.

REFERENCIAS

- Aguilar-Støen M, Hirsch C (2015) Environmental impact assessments, local power and self-determination: The case of mining and hydropower development in Guatemala. *Extract. Indust. Soc.* 2: 472-479.
- Ahmed AA, Fogg GE (2014) The impact of groundwater and agricultural expansion on the archaeological sites at Luxor, Egypt. *J. Afr. Earth Sci.* 95: 93-104.
- Aledo A, García-Andreu H, Pinese J (2015) Using causal maps to support ex-post assessment of social impacts of dams. *Environ. Impact Assess. Rev.* 55: 84-97.
- Alrajoula MT, Al Zayed IS, Elagib NA, Hamdi MR (2016) Hydrological, socio-economic and reservoir alterations of Er Roseires Dam in Sudan. *Sci. Total Environ.* 566: 938-948.
- Ansar A, Flyvbjerg B, Budzier A, Lunn D (2014) Should we build more large dams? The actual costs of hydropower megaproject development. *Energy Policy* 69: 43-56.
- Austin D, Drye B (2011) The water that cannot be stopped: Southern Paiute perspectives on the Colorado River and the operations of Glen Canyon Dam. *Policy Soc.* 30: 285-300.
- Batalla RJ, Gómez CM, Kondolf GM (2004) Reservoir-induced hydrological changes in the

- Ebro River basin (NE Spain). *J. Hydrol.* 290: 117-136.
- Bi YH, Zhu KX, Hu ZY, Zhang L, Yu BS, Zhang Q (2010) The effects of the three Gorges Dam's (TGD's) experimental impoundment on the phytoplankton community in the Xiangxi River, China. *Int. J. Environ. Stud.* 67: 207-221.
- Bohlen C, Lewis LY (2009) Examining the economic impacts of hydropower dams on property values using GIS. *J. Environ. Manag.* 90: S258-S269.
- Carracedo-Martín V, García-Codron JC (2011) Biogeographical effects of hydroelectric infrastructures in the river Nansa (Cantabria-Spain). *Bol. Asoc. Geógr. Esp.* 57: 471-478.
- Douglas AJ, Harpman DA (1995) Estimating recreation employment effects with IMPLAN for the Glen Canyon Dam Region. *J. Environ. Manag.* 44: 233-247.
- Dias-Sardinha I, Ross D (2015) Perceived impact of the Alqueva dam on regional tourism development. *Tourism Plann. Devel.* 12: 362-375.
- Duan XB, Liu SP, Huang MG, Qiu SL, Li ZH, Ke W, Chen DQ (2009) Changes in abundance of larvae of the four domestic Chinese carps in the middle reach of the Yangtze River, China, before and after closing of the Three Gorges Dam. *Environ. Biol. Fish.* 86: 13-22.
- Duflo E, Pande R (2007) Dams. *Quart. J. Econ.* 122: 601-646.
- Fearnside PM (2014) Impacts of Brazil's Madeira River Dams: Unlearned lessons for hydroelectric development in Amazonia. *Environ. Sci. Policy* 38: 164-172.
- Fearnside PM (2015) Environmental and Social Impacts of Hydroelectric Dams in Brazilian Amazonia: Implications for the Aluminum Industry. *World Devel.* 77: 48-65.
- Fu BJ, Wu BF, Lü YH, Xu ZH, Cao JH, Niu D, Yang GS, Zhou YM (2010) Three Gorges Project: Efforts and Challenges for the Environment. *Progr. Phys. Geogr.* 34: 741-754.
- Gao X, Zeng Y, Wang JW, Liu HZ (2010) Immediate impacts of the second impoundment on fish communities in the Three Gorges. *Environ. Biol. Fish.* 87: 163-173.
- International Rivers (2013) *Hydropower Dams in Cambodia*. <http://www.internationalrivers.org/campaigns/cambodia>
- Keilty K, Beckley TM, Sherren K (2016) Baselines of acceptability and generational change on the Mactaquac hydroelectric dam head pond (New Brunswick, Canada). *Geoforum* 75: 234-248.
- Leduc G, Quintero JD (2003) *Good Dams and Bad Dams: Environmental Criteria for Site Selection of Hydroelectric Projects*. Latin America and Caribbean Regional Sustainable Development Working Paper 16. World Bank. Washington, DC, EEUU. 29 pp.
- Lehmann C (2001) Of dams and hurricanes: Lessons and recommendations from El Cajon. *Mount. Res. Devel.* 21: 10-13.
- Lichter J, Caron H, Pasakarnis TS, Rodgers SL, Squires JrTS, Todd CS (2006) The ecological collapse and partial recovery of a freshwater tidal ecosystem. *Northeast. Nat.* 13: 153-178.
- Loker WM (2003) Dam impacts in a time of globalization: Using multiple methods to document social and environmental change in rural Honduras. *Curr. Anthropol.* 44(Suppl.): 112-121.
- Loizeau JL, Jüstrich S, Wildi W (2010) Swiss examples of the impacts of dams on natural environments and management strategies for sediment control. En Dominik J, Chapman DV, Loizeau JL, Stanica A, Vignati DAL (Eds.) *NEAR Curriculum in Natural Environmental Science*. Terre et Environnement 88. Ginebra, Suiza. pp. 199-204.
- Lu JY, Huang Y, Wang J (2011) The analysis on reservoir sediment deposition and downstream river channel scouring after impoundment and operation of TGP. *Eng. Sci.* 9(3): 113-120.
- Miao C, Borthwick AGL, Liu H, Liu J (2015) China's policy on dams at the crossroads: Removal or further construction? *Water* 7: 2349-2357.
- Mudzengi BK (2012) An assessment of the socio-economic impacts of the construction of Siya dam in the Mazungunye area: Bikita district of Zimbabwe. *J. Sustain. Devel. Afr.* 14: 509-520.
- Obour PB, Owusu K, Agyeman EA, Ahenkan A, Navarro A (2016) The impacts of dams on local livelihoods: A study of the Bui Hydroelectric Project in Ghana. *Int. J. Water Resour. Devel.* 32: 286-300.
- Pearse-Smith SWD (2014) The return of large dams to the development agenda: apost-development critique. *Consilience: J. Sustain. Devel.* 11: 123-131.
- Rahmati AR, Nazarian A (2010) Economic-social and environmental impacts of settlements subject to displacement due to dam construction (case study Gotvand upper Karun river). *Environ. Stud.* 1(2): 66-53.
- Richter B, Thomas G (2007) Restoring environmental flows by modifying dam operations. *Ecol. Soc.* 12: 12.
- Rosenberg DM, McCully P, Pringle CM (2000) Global-scale environmental effects of hydrological alterations: introduction. *Bioscience* 50: 746-751.
- Santos MJ, Pedroso NM, Ferreira JP, Matos HM, Sales-Luis T, Pereira I, Baltazar C, Grilo C, Cândido AT, Sousa I, Santos-Reis M (2007) Assessing dam implementation impact on threatened carnivores: the case of Alqueva in SE Portugal. *Environ. Monit. Assess.* 142: 47-64.
- Siciliano G, Urban F, Kim S, Lonni PD (2015) Hydropower, social priorities and the rural-urban development divide: The case of large dams in Cambodia. *Energy Policy* 86: 273-285.
- Sovacool BK, Mukherjee I, Drupady IM, D'Agostino AL (2011) Evaluating energy security performance from 1990 to 2010 foreign teen countries. *Energy* 10: 5846-5853.
- Sternberg R (2006) Damming the river: a changing perspective on altering nature. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 10(3): 165-197.
- Stone R (2008) Three Gorges Dam: into the unknown. *Science* 321: 628-632.
- Stone R (2011) The legacy of the Three Gorges Dam. *Science* 333(6044): 817-817.
- Strobl E, Strobl RO (2011) The distributional impact of large dams: Evidence from cropland productivity in Africa. *J. Devel. Econ.* 96: 432-450.
- Strzepek MK, Yohe G, Tol R, Rosegrant M (2008) The value of the high Aswan Dam to the Egyptian economy. *Ecol. Econ.* 66: 117-126.
- Tan Y (2008) Resettlement in the Three Gorges Project: An Asian Perspective (Vol. 1). Hong Kong University Press. 310 pp.
- Tilt B, Braun Y, He D (2009) Social impacts of large dam projects: A comparison of international case studies and implications for best practice. *J. Environ. Manag.* 90: S249-S257.
- Tullos D (2009) Assessing the influence of environmental impact assessments on science and policy: an analysis of the Three Gorges Project. *J. Environ. Manag.* 90: 208-223.
- Wang FW, Zhang YM, Huo ZT, Matsumoto T, Huang BL (2004) The July 14, 2003. Qianjiangping landslide, Three Gorges Reservoir, China. *Landslides* 1: 157-162.
- WB (2009) *Directions in Hydropower: Scaling up for Development*. Water Working Notes 21. World Bank. Washington, DC, EEUU. 36 pp.
- WB (2013) *Toward a Sustainable Energy Future for All: Directions for the World Bank Group's Energy Sector*. World Bank, Washington, DC, EEUU. 31 pp.
- World Commission on Dams (2000) *Dams and Development: A New Framework for Decision-making*. Earthscan. 404 pp.
- Wu JG, Huang JH, Han XG, Xie ZQ, Gao XM (2003) Three-Gorges Dam. Experiment in habitat fragmentation? *Science* 300: 1239-1240.
- Xu XB, Tan Y, Yang GS, Li HP (2011) Three Gorges Project: effects of resettlement on nitrogen balance of the agroecosystems in the reservoir area. *J. Environ. Plann. Manag.* 54: 517-537.
- Xu XB, Tan Y, Yang GS (2013) Environmental impact assessments of the Three Gorges Project in China: Issues and interventions. *Earth Sci. Rev.* 124: 115-125.
- Yang Z, Wang H, Saito Y (2006) Dam impacts on the Changjiang (Yangtze) River sediment discharge to the sea: the past 55 years and after the Three Gorges Dam. *Water Resour. Res.* 42: W04407. 10 pp.

ECONOMIC, SOCIAL AND ENVIRONMENTAL IMPACTS GENERATED BY LARGE HYDROELECTRIC PLANTS. A REVIEW

Juan Manuel Andrade Navia and Alfredo Olaya Amaya

SUMMARY

In this review we identified, through a search of specialized papers in the Scopus database, the most common, important or frequent economic, social and environmental impacts of large hydroelectric plants, and recognized the main similarities and differences of such impacts found in the ex-ante study that are carried out for the environmental license process of the project and those recorded in the ex-post study, that is, the one that is carried out after the construction phase of the project.

IMPACTOS ECONÔMICOS, SOCIAIS E AMBIENTAIS GERADOS POR GRANDES HIDRELÉTRICAS. UMA REVISÃO

Juan Manuel Andrade Navia e Alfredo Olaya Amaya

RESUMO

Nesta revisão foram identificados, através da pesquisa de trabalhos especializados no banco de dados Scopus, os impactos econômicos, sociais e ambientais mais comuns, importantes ou frequentes das grandes hidrelétricas, e as principais semelhanças e diferenças de tais impactos encontradas no estudo ex-ante realizado para o processamento do licença ambiental do empreendimento e aquelas registradas no estudo ex-post, ou seja, aquele realizado após a fase de construção do empreendimento.