

# Presas y Cambio Climático

## Dams and Climate Change

**Francisco Javier Sánchez Caro.** Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
Geotecnia de Proyectos y Obras, S. L. fsc@geoprob.com

**Resumen:** Desde hace ya algún tiempo, se vienen manejando dos conceptos que se introducen cada vez más en nuestro vocabulario cotidiano. Estos dos conceptos son "desarrollo sostenible" y "cambio climático". De hecho, ICOLD ("International Commission on Large Dams"), se ha hecho eco de la importancia de estas dos ideas creando dos nuevos comités técnicos (denominados "Presas y Desarrollo Sostenible" y "Presas y Cambio Climático"), que han sido recientemente refrendados en el "Annual Meeting" de Sofía (Bulgaria) en Junio-2008.

Respecto al tema del "Agua y Desarrollo Sostenible" poco se va a comentar aquí. Sólo se quiere apuntar su gran importancia, puesta de manifiesto magníficamente como eje central de la recientemente clausurada "Expo" de Zaragoza (Junio - Septiembre de 2008). Tampoco hay hoy Congreso, Reunión Técnica o Simposio en el que no se trate el tema del "Cambio Climático". Como ejemplo, dentro del ámbito de las presas, este tema ha estado presente en dos acontecimientos muy recientes (ambos en Octubre-2008): "Hydro 2008" (Ljubljana, Eslovenia) y "High-level International Forum on Water Resources and Hydropower" (Beijing, China), abarcando los aspectos tanto de investigación hidrológica, implicaciones para las infraestructuras hidráulicas existentes y posibles actuaciones para paliar los efectos de sequías y avenidas.

**Palabras Clave:** Presas; Cambio Climático; Gases de efecto invernadero

**Abstract:** For some time now, two concepts have been gaining ever-increasing presence in our day-to-day vocabulary. These two concepts are "sustainable development" and "climate change". In the light of the importance of these two questions, the ICOLD (International Commission on Large Dams) has created two new technical committees (under the names of "Dams and Sustainable Development" and "Dams and Climate Change") which were recently endorsed at the Annual Meeting in Sofia, Bulgaria in June 2008. With regard to the subject of "Water and Sustainable Development", little will be added here and reference will purely be made to the great importance of this question and its magnificent illustration as the central theme of the recent Zaragoza Expo (June - September 2008). Similarly, no Conference, Technical Meeting or Symposium held today fails to deal with "climate change". By way of example and within the specific focus of dams, this question was very much to the forefront in two very recent events (both held in October): "Hydro 2008" (Ljubljana, Slovenia) and "High-level International Forum on Water Resources and Hydropower" (Beijing, China), and covered aspects such as hydropower research, implications for existing hydraulic infrastructure and possible action to offset the effects of drought and flooding.

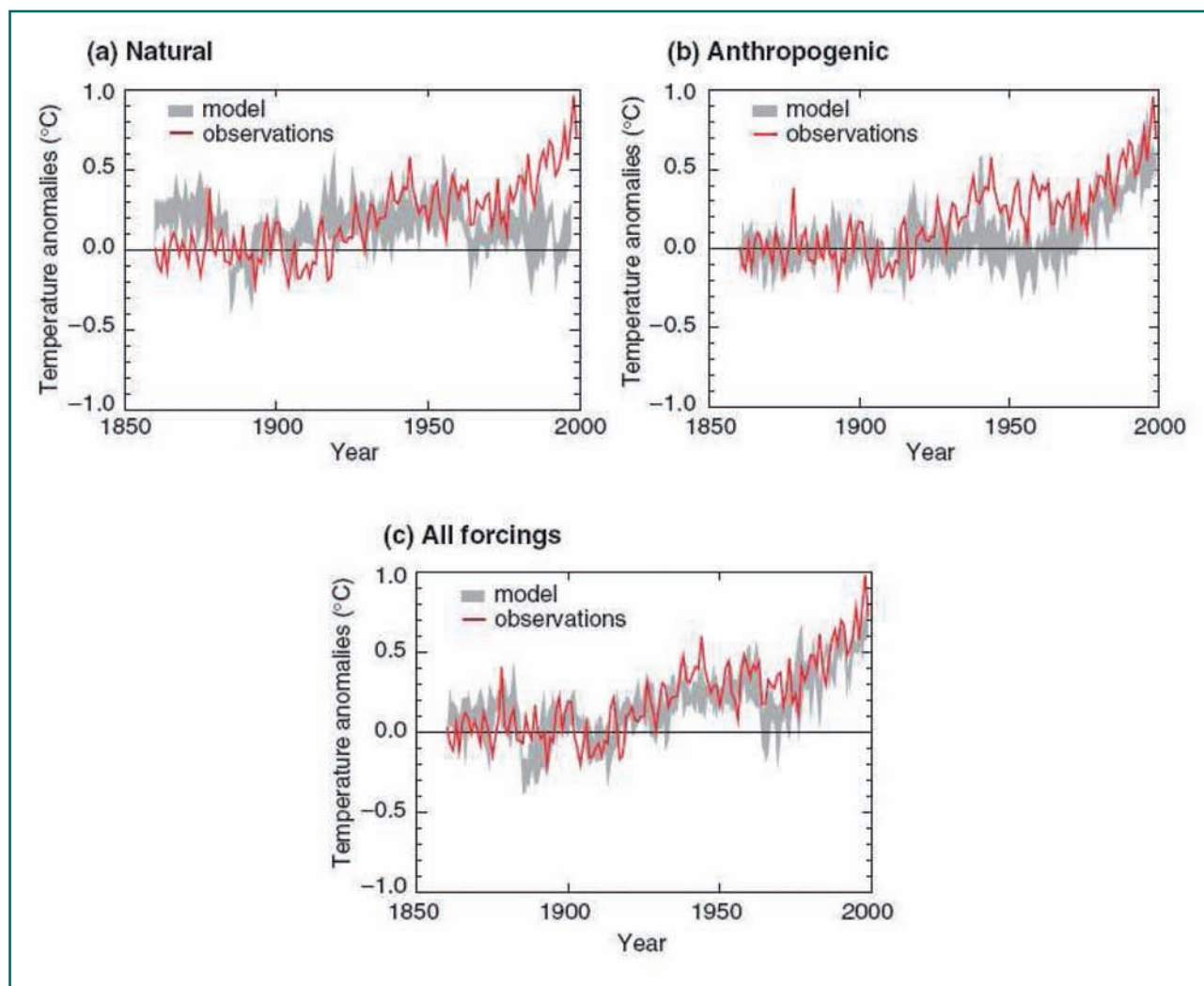
**Keywords:** Dams; Climate Change; Greenhouse effect

### Introducción

Es un hecho indudable (y, en este sentido, poco discutible) que, en los últimos tiempos, se viene produciendo un acusado "Cambio Climático". Lo que los científicos discuten es la mayor o menor influencia que tiene la actividad humana en este "Cambio Climático". Con independencia de ello, nosotros los técnicos (en presas) debemos avanzar en el estudio de qué modificaciones hidrológicas (en cuanto a precipi-

tación media, escorrentía, erosionabilidad, volumen de sedimentación, frecuencia de tormentas, persistencia de sequías,...) se van a producir presumiblemente en cada una de nuestras cuencas, para evaluar con un cierto horizonte temporal, la suficiencia (o no) de los órganos de desagüe actualmente existentes, de la idoneidad de los diseños actuales, de las modificaciones en la garantía de suministro para las funcionalidades proyectadas (abastecimiento, riego, producción eléctrica),...

Fig.1. Incremento térmico medio, medido (rojo) y modelizado (gris). En relación a los valores modelizados se distinguen los que dependen de factores naturales (a) o antropogénicos (b), así como la combinación de ambos (c). Fuente: Intergovernmental Panel of Climate Change, IPCC 2001.



En los últimos años se ha venido produciendo un intenso debate sobre las ventajas e inconvenientes de las presas y, muy especialmente, de las grandes presas (en los últimos Congresos Internacionales de ICOLD y en los trabajos desarrollados por la "World Commission on Dams" desde Abril de 1997 en Gland, Suiza). Los temas habituales sobre los que versaba este planteamiento de "presa sí" frente a "presa no" se centraban en el ámbito social, medioambiental, económico, establecimiento de alternativas y procedimientos administrativos.

Obviamente, dentro del mencionado ámbito medioambiental, la incorporación por parte de la UNFCCC ("United Nations Framework Convention on Climate Change") del denominado "Protocolo de Kyoto" (firmado el 11 de Diciembre de 1997) supone un hecho especialmente singular, que promueve el estudio de:

- La identificación y descripción de las zonas del mundo donde este "Protocolo de Kyoto" pueda tener mayor relevancia en el ámbito de las Grandes Presas (así como la consideración de sus impactos).
- Descripción de la influencia del "Protocolo de Kyoto" en los aspectos legales, políticos e institucionales relacionados con la Planificación, Proyecto, Construcción, Explotación, Auscultación y Puesta Fuera de Servicio de grandes presas.
- Con carácter general, la evaluación de la influencia de las medidas del "Protocolo de Kyoto", encaminadas a mitigar el Cambio Climático, en el ámbito de las Grandes Presas.

En el contexto de este debate "presa sí"/"presa no", el desarrollo y evolución de las Grandes Presas está condicionado, a nivel mundial, a un análisis de

equilibrio (o, como ahora suele decirse, de “sostenibilidad”) entre los beneficios asociados y los costes derivados.

Entre los costes suelen imputarse los impactos ambientales de todo tipo (pérdida de biodiversidad en el área inundada, afección a los peces migratorios, emisiones de metano en regadíos mal gestionados, problemas de aterramientos, eutrofización de embalses,...).

En relación a los beneficios percibidos, éstos suelen diferenciarse en el aprovechamiento para riego, para generación hidroeléctrica, para abastecimiento de agua a poblaciones e industrias, regulación de ríos (muy especialmente en cuanto hace referencia a la gestión y control de avenidas), navegabilidad y usos recreativos.

Actualmente, en este análisis coste-beneficio, deben incorporarse también los aspectos relativos al “Cambio Climático”.

### Cambio Climático: Proceso de Calentamiento Global e Impactos Asociados

La producción de “Dióxido de Carbono” ( $\text{CO}_2$ ) tiene lugar durante la combustión de hidrocarburos fósiles y de la vegetación. El Metano ( $\text{CH}_4$ ) y el Óxido Nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) son los otros principales gases de efecto invernadero (GHG: “Green House Gases”), son muchas veces consecuencia de las actividades agrícolas y de los cambios en el uso de la tierra. Al absorber la radiación infrarroja, estos gases tienen un efecto notable sobre la capa de ozono, contribuyendo al calentamiento con un incremento global de la temperatura (Figura 1), aunque existen algunas incertidumbres sobre la magnitud de este efecto.

Lógicamente, las emisiones de “Gases de Efecto Invernadero”, irrumpieron en el siglo XIX, debido a la Revolución Industrial y a los cambios en el uso de la tierra que provocaron talas indiscriminadas para el aprovechamiento agrícola y ganadero de las tierras (ver Figura 2).

En la actualidad, muchas de las actividades generadoras de “Gases de Efecto Invernadero” son esenciales para la economía global y forman parte esencial de nuestra vida moderna (petróleo, gas natural, carbón,...). Por ello, actualmente existen proyectos tendentes a promover un equilibrio en el balance de “emisión” y “captura” de gases de efecto

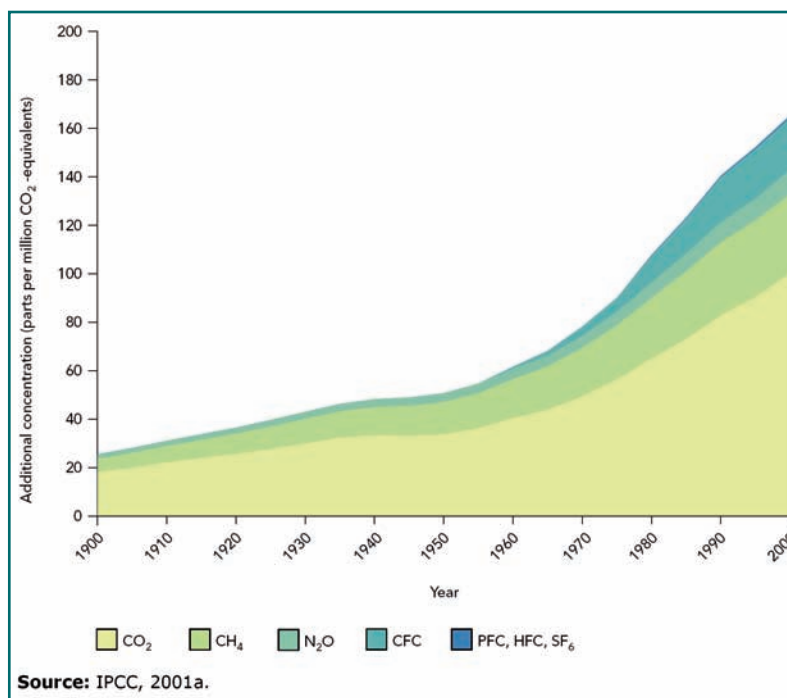


Fig. 2. Incremento de la Concentración de gases de efecto invernadero, comparada con la existente en 1750. Fuente: Intergovernmental Panel of Climate Change, IPCC 2001.

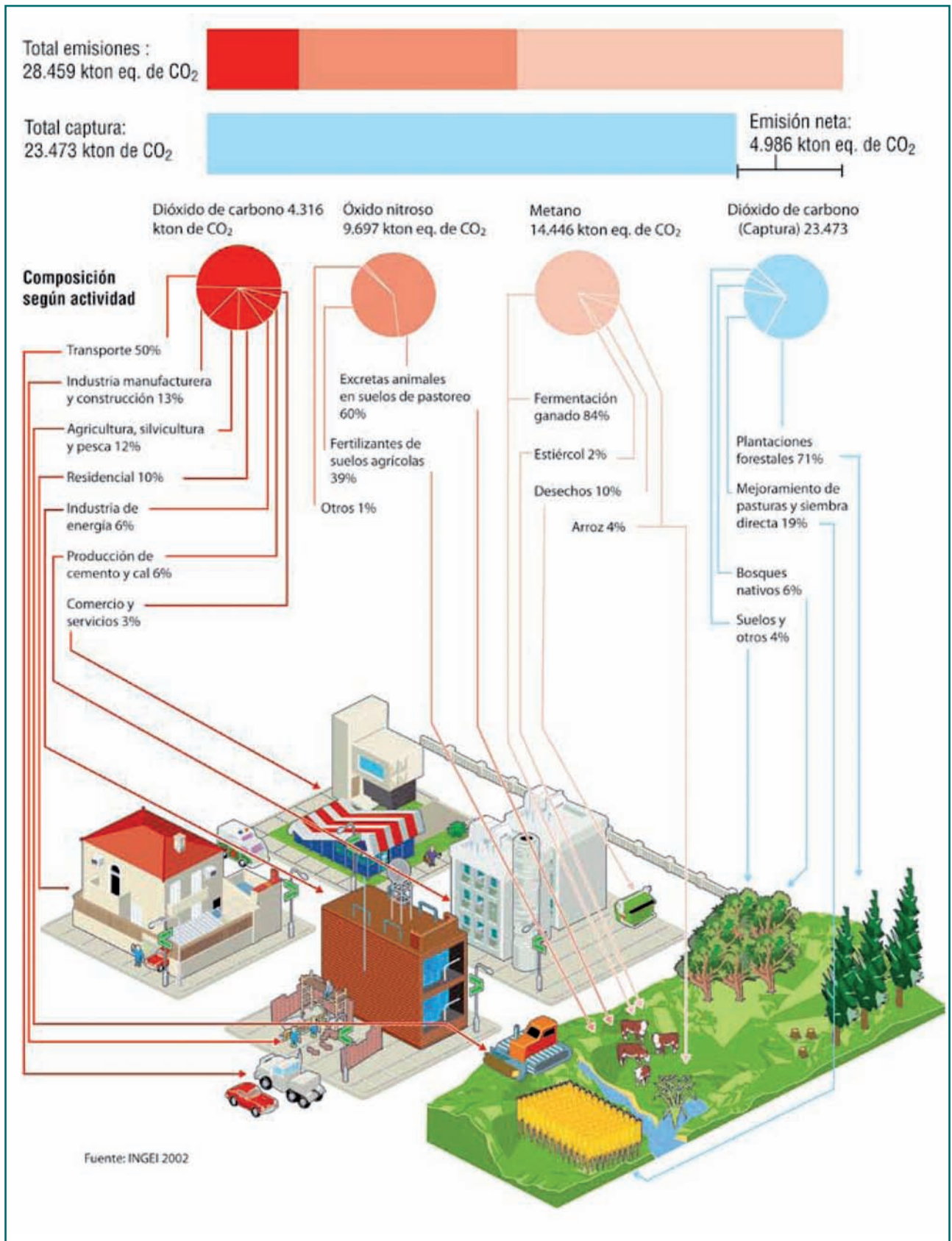
invernadero (en la Figura 3, puede verse un ejemplo).

Este “Cambio Climático” puede dar lugar a unas consecuencias importantes sobre el medio ambiente global. Ya se habla incluso de que, un cierto incremento en el nivel medio del mar, podría anegar zonas costeras (asociada a la reducción de los casquetes polares), y de que se producirán tensiones entre ecosistemas naturales (con un avance general de las zonas desérticas frente a bosques/selva). En general, los recursos hídricos se verán afectados, modificándose (en todo el mundo) los patrones de precipitación y evaporación. Ello puede tener algunas consecuencias, que algunos expertos se atreven a adelantar y que, básicamente, son las siguientes:

- La existencia de períodos de sequía cada vez más prolongados en algunas áreas del planeta, donde se experimentarán situaciones de escasez de alimentos e, incluso, hambruna.
- La afección a infraestructuras ya sea por elevación del nivel del mar o por eventos climatológicos extremos, especialmente en cuanto se refiere a grandes avenidas (que se producirán previsiblemente con mayor frecuencia).

En definitiva, tanto las actividades económicas como los asentamientos humanos (y, con carácter ge-

Fig. 3. Ejemplo de Balance de Emisión y Captura de Gases de Efecto Invernadero en Uruguay (miles de toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub>). Fuente: Uruguay; El Cambio Climático, aquí y ahora (2007). Datos INGEI, 2002





neral, la salud humana), se verán afectados de manera más o menos directa. Los países más pobres serán, con total seguridad, los más afectados.

Para abordar los efectos del Cambio Climático, se requerirá un entendimiento equilibrado entre los aspectos socioeconómicos y los ecosistemas naturales, dentro del contexto del concepto de "sostenibilidad" (este término se define en el informe de 1987 titulado "Nuestro futuro Común / Our Common Future" de "World Commission on Environment and Development" como el "nivel de desarrollo en el que convergen las necesidades de la generación actual con el hecho de no comprometer la capacidad de que generaciones futuras consigan sus propias necesidades").

### Presas y Cambio Climático

Hasta este punto del presente artículo, no se han establecido conexiones claras entre las presas y el Cambio Climático (tampoco se indica expresamente ni en el "Protocolo de Kyoto" ni en el posterior mandato del "World Commission on Dams"). Sin embargo, es obvio que existen.

En primer lugar, los estudios más recientes ponen de manifiesto que los embalses pueden producir cantidades importantes de metano que, como "gas de efecto invernadero", es 24 veces más potente que el Dióxido de Carbono. El metano es emitido en los "embalses estratificados", allí donde las capas inferiores carecen de oxígeno, conduciendo a la degradación de biomasa por procesos anaerobios (de hecho, allí donde el agua se encuentra bien oxigenada, la degradación de biomasa genera Dióxido de Carbono, no Metano). Los embalses que más riesgo presentan (como potentes emisores de metano), son aquellos que se localizan en latitudes cálidas con deforestación deficiente. En cualquier caso, las emisiones tanto de metano como de dióxido de carbono, tienden a decrecer con el tiempo, durante el período de explotación de la presa.

Según este primer planteamiento, las presas y sus embalses se constituirían como agentes aceleradores del "Cambio Climático". A pesar de este planteamiento negativo, hay quien defiende que las emisiones de gases de efecto invernadero (al menos, en España) son muy inferiores a las de otros procesos hidráulicos (como la desalación, por ejemplo), tal como se muestra en la Figura 4. Quien suscribe este artículo, aunque descono-

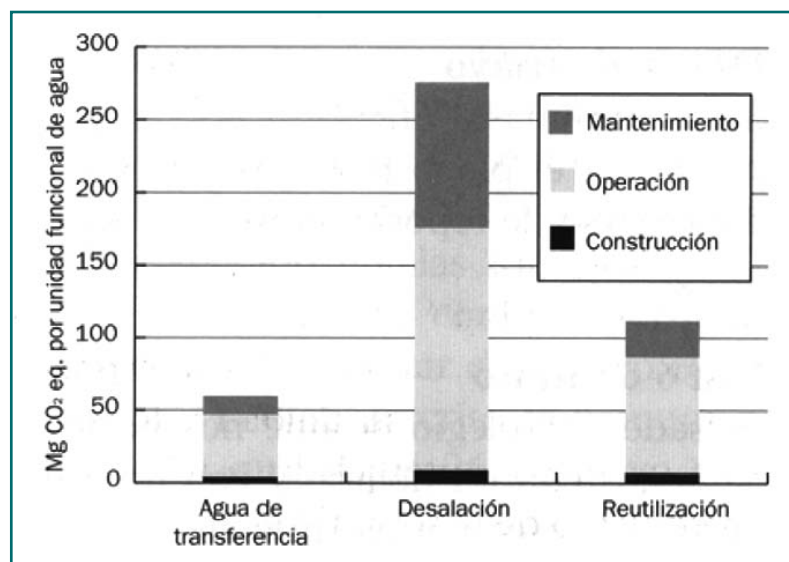


Fig. 4. Emisiones de CO<sub>2</sub> (mg CO<sub>2</sub> equivalentes por unidad funcional de agua) asociadas a la comparación "Trasvase del Ebro" frente a "Desalación". Fuente: Juan Guillamón Álvarez. La Voz del Colegiado Nº 317, pág. 42 (Julio-Agosto, 2008).

ce la fidelidad de estos datos, se compromete a profundizar en estos temas, promoviendo estudios tanto a nivel nacional como internacional.

Pero, en segundo lugar, las presas pueden desarrollar un papel positivo, fundamentalmente en cuanto se refiere a las políticas energéticas ya que la energía hidroeléctrica es una energía limpia (carente de emisiones) y renovable. De esta forma, puede decirse que, desde la perspectiva de la mitigación del Calentamiento Global, las presas hidroeléctricas constituyen una alternativa mucho más atractiva que las fuentes de energía basadas en combustibles fósiles.

Un tercer elemento que ha de tenerse en cuenta es el potencial efecto positivo de los embalses para compensar los desequilibrios hidrológicos futuros, constituyendo depósitos de almacenaje en las regiones de precipitación disminuida (mitigando sequías) o dispositivos de control en aquellas regiones en las que se produzca un incremento en la precipitación (reduciendo los impactos de avenidas).

En cuarto lugar, es preciso señalar que la mayor frecuencia y magnitud de acontecimientos extremos climáticos (asociados al "Cambio Climático") ha introducido un nuevo elemento de riesgo en la planificación y el diseño de presas (que afecta directamente a la naturaleza de predicciones hidrológicas). Ello es evidente, por ejemplo, en el diseño de estructuras de alivio de caudales de avenida (que hacen referencia a un determinado período de retorno). Esto mismo sería aplicable a la evaluación de sedimentación en el embalse o a otros factores morfológicos que pueden influir en el diseño de presas.



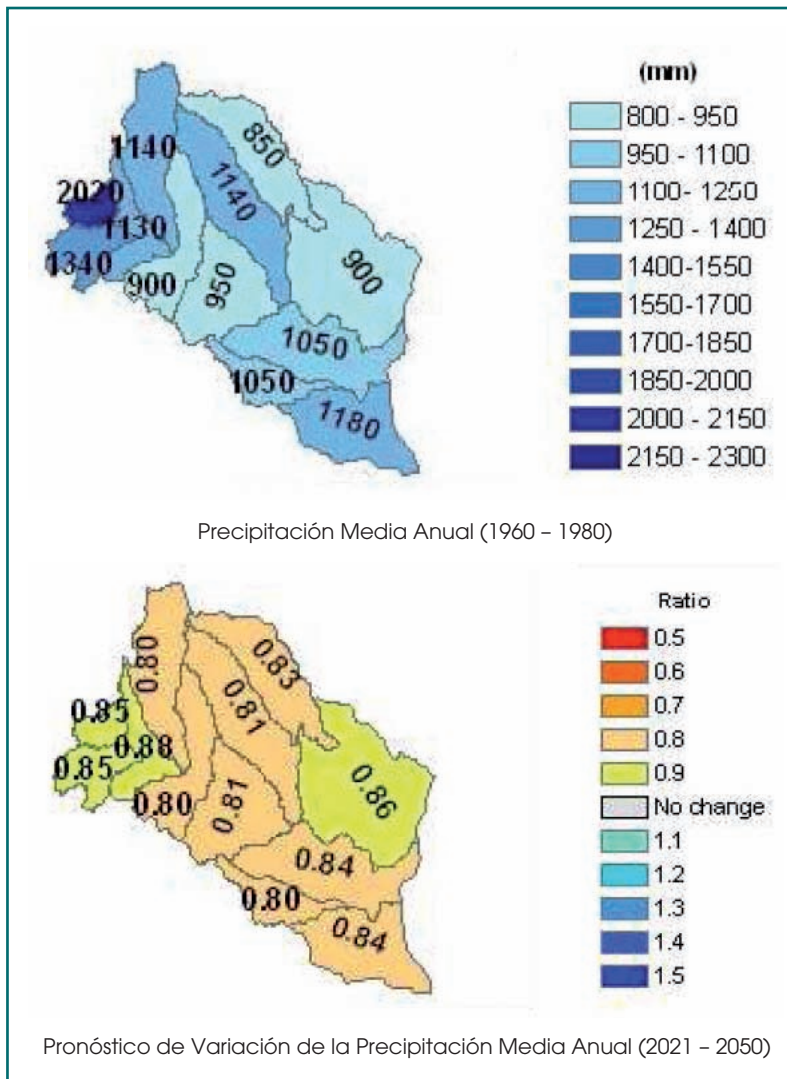


Fig. 5. Ejemplo de Pronóstico de Evolución de Precipitaciones (como un aspecto del clima), correspondiente a la cuenca del río Pungwe (Zimbabwe - Mozambique). Fuente: Climate Change Impacts on Water Resources in the Pungwe Drainage Basin. SMHI Report, 2006.

Más aún, la Planificación, el Proyecto y la Explotación de presas, también podrían ser afectadas por las incertidumbres vinculadas a un "Cambio Climático":

- Así, por ejemplo, en aquellas zonas donde esta modificación climática esté asociada a una pérdida de vegetación, parece probable que se incrementen los procesos erosivos y, por tanto, el ritmo de sedimentación en embalses.
- En zonas donde las temperaturas se vean fuertemente incrementadas, se producirá una mayor evaporación, restando así recursos y rentabilidad hidroeléctrica.
- Si lo que aumenta es la precipitación media, se producirán ciertas ventajas de producción de energía, si existe esa capacidad de almacenaje.

- Si, en el entorno del embalse, lo que se produce es una intensificación en la frecuencia y magnitud de los fenómenos tormentosos, esto puede dar lugar a caudales de avenida tan elevados que puedan afectar a poblaciones situadas aguas abajo e, incluso, tener consecuencias potenciales para la seguridad de la presa.
- En algunas zonas donde la precipitación media disminuya, este hecho puede repercutir en una disminución de la energía producida o una merma de la garantía para su uso en abastecimientos y riegos.

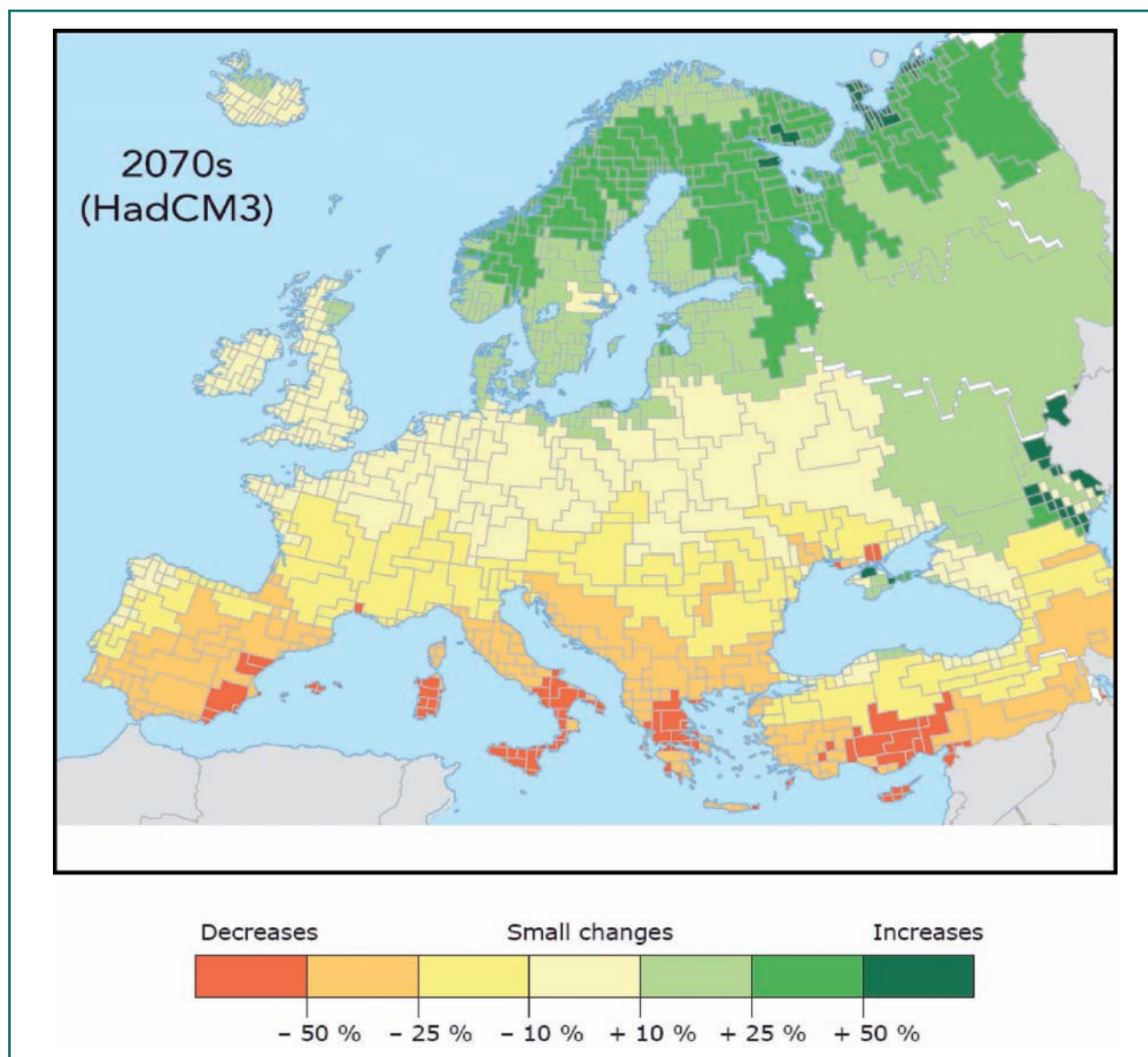
Por consiguiente, si en el Proyecto de una presa se realiza la hipótesis de que debe cumplir con unas ciertas expectativas y durante un cierto período de tiempo (vida útil), deberá verificarse cómo queda influido por el proceso del "Cambio Climático". Para ello, será necesario realizar estudios específicos con datos hidrológicos acoplados con una evaluación de riesgo rigurosa (Figuras 5 y 6). Es posible que algunos proyectos no puedan generar las ventajas inicialmente postuladas (como consecuencia de variaciones de precipitación u otros cambios climáticos); en ellos podría ser necesaria la supervisión integral del proyecto para proceder a las modificaciones y/o actuaciones a que hubiera lugar (con este nuevo pronóstico mejorado).

### Comentarios finales

Como conclusión, puede afirmarse que las Presas y el Cambio Climático, tienen interconexiones más o menos complejas:

- Con carácter negativo, los embalses pueden contribuir a pequeña escala, por la emisión de metano, a la generación de "gases de efecto invernadero".
- En sentido contrario, pueden apuntarse varios aspectos claramente positivos:
  - Las centrales hidroeléctricas proporcionan una fuente energética viable (limpia y renovable), como clara alternativa al combustible fósil.
  - Las presas pueden modificar su funcionalidad principal inicial. Por ejemplo, las presas "recicladas" para riego pueden promover la seguridad.

Fig. 6. Ejemplo de Pronóstico de Evolución de la Escorrentía (como un aspecto del clima), correspondiente a Europa. Horizonte 2070. (Fuente: EEA Technical report N° 2/2007: Climate change and water adaptation issues).



dad de alimentos (para grupos vulnerables) y/o las presas “reconvertidas” de laminación pueden ayudar proteger poblaciones frente a eventos climáticos extremos.

Obviamente, las incertidumbres hidrológicas que tengan lugar como consecuencia del Cambio Climático son la causa de una necesidad de revisión del conocimiento del Proyecto, Construcción y Explotación de presas. El binomio Presas - Cambio Climático, puede constituir un foco para transferencia de tecnología internacional y ayuda para países en vías de desarrollo, así como una importante contribución a un “desarrollo sostenible”. ◆

**Referencias:**

- United Nations Foundation in cooperation with The World Commission on Dams: “Climate Change and Dams: An Analysis of the Linkages Between the UNFCCC Legal Regime and Dams”. (UNEP- United Nations Environment Programme, Kenya, prepared for thematic review II.2: Dams and global change). Noviembre 2000.
- Payal Parekh: “A Preliminary Review the Impact of Dam Reservoirs on Carbon Cycling”. Massachusetts Institute of Technology (MIT), Cambridge, MA 02139-4307 USA. Noviembre 2004.
- EEA-European Environment Agency Technical Report No 2/2004: “Impacts of Europe’s changing climate. An indicator-based assessment”. 2004.
- United Nations SMHI Report. N° 2006-45: “Climate Change Impacts on Water Resources in the Pungwe Drainage Basin”. Diciembre 2006.
- United Nations. Informe mundial sobre Desarrollo Humano 2007-2008. “Uruguay: El cambio climático aquí y ahora”. Noviembre 2007.
- EEA-European Environment Agency Technical Report No 2/2007: “Climate change and water adaptation issues”. 2007.