



Árboles muertos en el embalse de la represa Balbina
(Foto: Marcio Ruiz, ruizmarcio@gmail.com)

Represas sucias

Las represas y las emisiones de gases de efecto invernadero

Muchas veces la energía hidroeléctrica es considerada una tecnología "amigable con el ambiente," sin embargo los estudios científicos indican que la descomposición de la materia orgánica en los embalses produce cantidades significativas de gases de efecto invernadero: dióxido de carbono, metano y óxido nitroso. El impacto de los embalses tropicales puede ser mucho más alto incluso comparado con las plantas más contaminantes de combustibles fósiles.

Aporte de las represas al calentamiento global

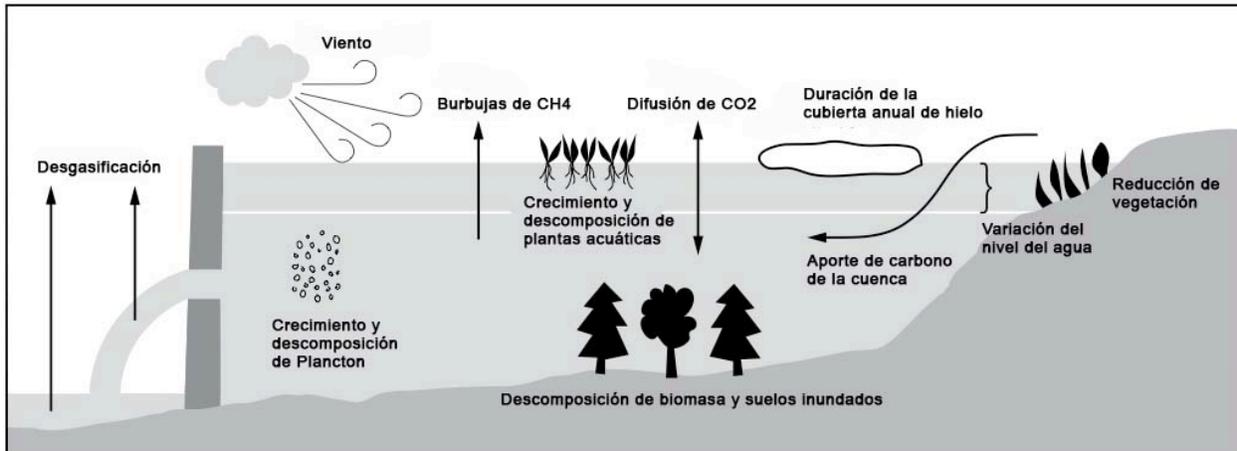
El dióxido de carbono (CO_2) se forma por la descomposición del carbono orgánico presente en el embalse. Las principales fuentes de este carbono son la vegetación y los suelos inundados al llenarse el embalse por primera vez, la materia orgánica transportada por el río (proveniente de ecosistemas naturales, granjas o aguas residuales de las ciudades), el plancton y las plantas acuáticas que crecen y mueren en el embalse, y la vegetación que crece en el suelo temporalmente expuesto durante periodos en los que el embalse se encuentra con poco agua (Figura 1). Los embalses absorben CO_2 atmosférico mediante el proceso de fotosíntesis de las plantas acuáticas y el plancton, lo que en ocasiones puede superar las emisiones de CO_2 .

El metano (CH_4), un gas de efecto invernadero 25 veces más potente que el CO_2 , está formado por bacterias que descomponen la materia orgánica de aguas con bajo contenido de oxígeno y de los sedimentos presentes en el fondo del embalse. La capa de agua que se encuentra en la parte más profunda de los embalses tropicales tiene cantidades reducidas de oxígeno. Una porción del metano se oxida convirtiéndose en CO_2 al subir a la superficie de embalse. Los embalses tropicales con poca cantidad de agua en los que las burbujas tienen menos tiempo para oxidarse

tienden a aportar las más altas emisiones de metano. Nuevas investigaciones (véase el recuadro 1) sugieren que la producción de metano podría ser mayor en los pequeños embalses de zonas templadas.

El óxido nitroso (N_2O) es un potente gas de efecto invernadero formado por la ruptura bacteriana del nitrógeno. Se han realizado solamente algunas mediciones cuantificando los flujos de óxido nitroso en los embalses. Se descubrió que las emisiones eran inferiores en las regiones boreales,^{1,2} pero significativas en los embalses tropicales.³ Debido a que el N_2O es casi 300 veces más potente que el CO_2 se necesitan más estudios para una mejor cuantificación de estas emisiones.

Figura 1: Un esquema de los principales factores que influyen en las emisiones de gases de efecto invernadero en los embalses.



¿Cómo se emiten los gases?

Los gases se liberan mediante la difusión en la superficie del agua, las burbujas que suben desde el fondo del embalse, y la desgasificación del agua liberada a través de turbinas y vertederos. Cuando el agua proveniente del embalse se descarga en la represa, la presión que actúa sobre ésta de repente cae y - de acuerdo con el principio químico de la Ley de Henry - su capacidad de retener gas disuelto es menor. Las emisiones de la desgasificación también se deben a la mayor interfaz aire/agua que se crea cuando el agua es pulverizada en la parte inferior de un gran vertedero.

Los gases de efecto invernadero disueltos en el embalse que no son liberados en el vertedero o en la turbina pueden ser emitidos a la atmósfera corriente abajo. Se han detectado emisiones elevadas de CO_2 , CH_4 y N_2O hasta 40 kms aguas abajo de la Reserva Petit Saut en la Guiana francesa.⁴ En el caso del embalse de Balbina en Brasil, las emisiones de metano corriente abajo equivalen al 3% del total de metano liberado de la planicie de inundación de la Amazonía central.⁵

El principal componente aportado por los embalses boreales al calentamiento es el CO_2 emitido, mientras que en el caso de las superficies de los embalses tropicales son las burbujas de metano. En algunos embalses tropicales la desgasificación del metano representa el principal aporte al calentamiento.

La Flatulenta Wohlensee

Wohlensee, es un pequeño embalse en el centro de Suiza, emite 780 toneladas métricas de metano al año, según un estudio reciente de Eawag, el Instituto Federal Suizo de Ciencia Acuática y Tecnología.¹ El estudio midió solamente las burbujas de metano que se encuentran en la superficie del embalse: las emisiones reales pueden ser varias veces superiores debido a la desgasificación del metano en las turbinas, el aliviadero, y en el río, aguas abajo.

Por lo general se cree que las emisiones de metano provenientes de los embalses de regiones templadas y de las represas en el cauce del río, son insignificantes. Las represas en el cauce del río poseen embalses relativamente pequeños y debido a su reducida capacidad de almacenamiento se creía que el agua del embalse no se estancaría el tiempo suficiente para producir metano. Este estudio echa por tierra estos dos supuestos. Además destruye el argumento de que los embalses sólo emiten altas cantidades de metano durante la primera década una vez terminada su construcción – la represa Wohlensee fue construida en 1920.

Las burbujas de metano de la represa Wohlensee aportan al calentamiento lo equivalente a 119 gramos de CO₂ por cada kilovatio-hora generado, superando 10 veces a las emisiones de la energía eólica, esto es si se tuvieran en cuenta las emisiones durante la fabricación y la instalación de la turbina. La comparación no es justa, ya que no incluye el cemento y el consumo de combustibles fósiles utilizados durante la construcción de la represa Wohlensee, o el probable aumento inicial de las emisiones debido a la descomposición de la vegetación al llenarse el embalse.

En la actualidad, las represas que se encuentran en el curso del río y que solicitan créditos de carbono mediante el Mecanismo de Desarrollo Limpio no deben rendir las emisiones de efecto invernadero. El estudio Eawag sugiere que se han concedido a estos proyectos permiso para generar muchos más créditos de carbono de lo que merecen.

¹ Del Sontro, T. et al. (2008) Wohlensee: Lake Flatulence and Global Warming, Eawag – Annual Report 2007, Suiza.

Diferencia entre las emisiones brutas y netas

Idealmente, el aporte de los embalses al calentamiento debería basarse en las emisiones netas. Es necesario ajustar las mediciones de las emisiones brutas en la superficie del embalse y en las descargas de la represa para considerar los sumideros y las fuentes de gases de efecto invernadero existentes en la zona del embalse antes de la inmersión, la absorción de carbono por fotosíntesis en el embalse, y el aporte del embalse sobre los flujos de carbono anteriores a la represa en toda la cuenca en general.

Resulta particularmente complicado evaluar el aporte neto de las represas sobre los flujos de CO₂. Las emisiones netas de CO₂ pueden ser significativamente menores que las emisiones brutas, principalmente porque parte del carbono emitido por el embalse será compensado por el consumo de CO₂ atmosférico mediante la fotosíntesis del plancton. Es probable que la diferencia entre las emisiones netas de metano y las brutas no sea significativa, ya que los embalses producen cantidades enormes de metano en relación a los flujos previos.

Un equipo de investigadores brasileños conducido por Elizabeth Sikar calculó los flujos de gases de efecto invernadero antes y después de la construcción de las represas Manso y Serra da Mesa en los ecosistemas del cerrado (sabana) brasileño. Los investigadores descubrieron a raíz de las inundaciones que los cerrados dejaron de ser fuentes para convertirse en sumideros de CO₂. En

contraste, los embalses emitían cantidades netas de metano significativas y transformaban los sumideros de óxido nitroso en fuentes.⁶

Otro estudio cuantificó los flujos de carbono después de la construcción de cinco pequeñas represas en Canadá y llegó a la conclusión de que la principal fuente de emisión es la descomposición de la materia orgánica inundada,⁷ que contribuye a las emisiones netas. Un estudio acerca del balance de carbono realizado para el embalse Petit Saut en Guayana Francesa reveló que las emisiones de carbono y metano durante los primeros diez años se deben principalmente a la inundación de la vegetación, lo que significa que las emisiones se pueden considerar netas.⁸ Los bosques amazónicos son sumideros de carbono, al igual que los ecosistemas acuáticos de la región. Los investigadores creen que las emisiones netas de CO₂ procedentes de las zonas inundadas por los embalses fueron casi nulas antes de que la represa se construyera.⁹

Para calcular con precisión el aporte al calentamiento global se requiere analizar el ciclo de vida de una represa, incluyendo los impactos de la construcción de la represa y su posterior desmantelamiento. Durante la construcción de la represa se emiten gases de efecto invernadero debido al uso de combustibles fósiles en la maquinaria y la producción de los materiales de construcción en particular el cemento. Las emisiones de la construcción podrían constituir un componente importante en las emisiones totales de una represa boreal, pero probablemente insignificante en comparación con el total de las emisiones de un proyecto tropical. El desmantelamiento de una represa puede resultar en la movilización de una importante cantidad de sedimentos acumulados, pudiendo generar un gran pulso de emisiones de carbono.

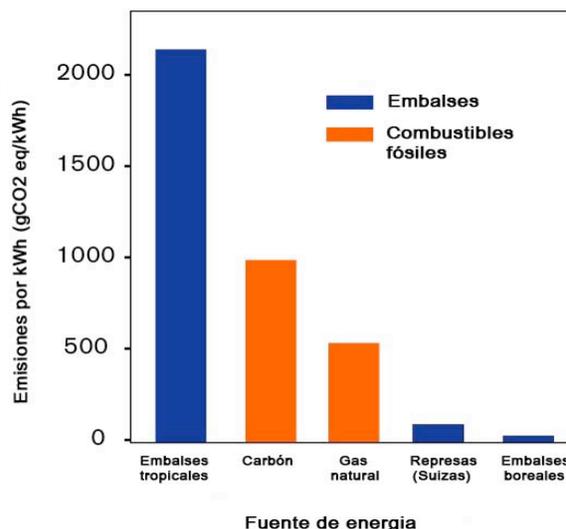
¿Cuál es la contribución de las represas al calentamiento global?

Ivan Lima y sus colegas del Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE) de Brasil, calcularon que las grandes represas del mundo (las que miden más de 15 metros) emiten anualmente 104 millones de toneladas métricas de metano desde la superficie del embalse, las turbinas, los vertederos y los ríos corriente abajo.¹⁰ Este cálculo implica que las emisiones de metano de las represas, como una actividad humana, aportan al menos el 4% al total del calentamiento. Implica también que las represas son la principal fuente antropogénica de metano, siendo responsables de casi una cuarta parte de todas las emisiones de metano provocadas por actividades humanas.

¿Cómo comparar las emisiones de las represas con otras fuentes?

Al comparar las plantas hidroeléctricas con otras fuentes de generación de energía, y en particular las tropicales, se deduce que el impacto puede ser mucho peor que el provocado por las plantas más sucias de combustible fósil. El promedio neto¹¹ de las emisiones de los embalses tropicales supera el doble que el de las centrales convencionales de carbón (Figura 2). La represa Balbina, situada en Brasil, es una de las más conocidas, inundó una vasta porción de bosques para producir una cantidad relativamente pequeña de electricidad. A largo plazo, las emisiones netas del embalse superan diez veces a las de una central térmica de carbón.¹² (Por sus valores atípicos, Balbina no se incluye entre los embalses tropicales promedio).

Figura 2: Comparación entre las emisiones provenientes de los embalses y las de combustibles fósiles.



Fuentes:

Embalses tropicales:
 Fearnside, P.M. (2004), Hydroelectric Dams in Amazonia as Contributors to Global Warming: The controversy heats up, Abstract for LBA 3rd Scientific Congress Brasilia, 27-29 de julio, p. 88.
 Fearnside, P.M. (2005) Brazil's Samuel Dam: Lessons for Hydroelectric Development Policy and the Environment in Amazonia, *Environmental Management*, 35:1.

Carbón:
 Späth, P.L. et al. (1999) Análisis de Ciclo de Vida de centrales de carbón, NREL, Colorado.

IGCC:
 Gibbins, J. (2005) Carbon capture and storage, Presentation at Cambridge Energy Forum, 26 de octubre.

Diesel:
 IEA Implementing Agreement for Hydropower (2000) Hydropower and the Environment: Present Context and Guidelines for Future Action.

Gas Natural:
 Späth, P. L. and Mann, M. K. (2000) Life Cycle Assessment of a Natural Gas Combined-Cycle Power Generation System, NREL, Colorado.
 Meier, P. J. (2002) Life Cycle Assessment of Electricity Generation Systems and Application for Climate Change Policy Analysis, Fusion Technology Institute, University of Wisconsin, Madison

Represa en el curso del río:
 Del Sontro, T. et al. (2008) Wohlensee: Lake Flatulence and Global Warming, Eawag – Informe Anual 2007, Eawag, Suiza.

Embalses Boreales:
 Duchemin, É. et al. (2002) Hydroelectric Reservoirs as an Anthropogenic Source of Greenhouse Gases, *World Resource Review*, 14.

Comparación de las emisiones por kilovatio-hora (gCO₂ eq / kWh) para diversas fuentes de energía. La barra del embalse tropical representa el promedio de emisión neto del embalse en tres embalses brasileños (Tucuruí, Curuá Una y Samuel). La barra de embalse boreal representa la media de las emisiones brutas de cinco embalses de Canadá (Sainte-Marguerite, Churchill/Nelson, Manic Complex, La Grande Complex, Churchill Falls). La barra de represa en el curso del río se refiere al embalse Wohlensee en Suiza (véase el recuadro). Se informaron las emisiones brutas, pero no se incluye la desgasificación. Las emisiones de las represas hidroeléctricas enumeradas equivalen a un año solamente, de modo que no son necesariamente representativas. Las emisiones de los embalses incluyen emisiones de dióxido de carbono y de metano, pero no de óxido nítrico. Se utiliza un Potencial de Calentamiento Global 21 a 100 años para convertir el impacto del metano al equivalente de dióxido de carbono (CO₂ eq).

Conclusión

Aunque hace más de una década que se realiza investigación científica seria en relación a las emisiones de gases invernadero de los embalses, la creencia de que la energía hidroeléctrica es amigable con el clima continúa siendo compartida entre los encargados de la política climática. Esto se debe en parte a que la ciencia es compleja y está sujeta a numerosas incertidumbres. Los impulsores de la industria hidroeléctrica han explotado estas incertidumbres, tanto como los detractores del cambio climático han explotado las incertidumbres en la ciencia del clima en su conjunto, y las utilizan para presionar a los responsables de las decisiones para que no tomen con seriedad las emisiones de los embalses.

El Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático debe hacer más para disipar el mito de que las grandes represas no emiten carbono. Un paso importante a dar es tratar la cuestión en su próximo Informe Especial sobre Energías Renovables y Cambio Climático, que también incluye la energía hidroeléctrica. El IPCC también debería garantizar la obligatoriedad de que los países informen las emisiones de metano provenientes de los embalses en los inventarios de gases de efecto invernadero establecidos por la convención de Naciones Unidas sobre el clima.

La Asociación Internacional de Energía Hidroeléctrica acaba de lanzar un importante estudio sobre los gases de efecto invernadero y los embalses, y presiona al IPCC y al Mecanismo de

Desarrollo Limpio de la ONU para que acepten sus conclusiones. Es evidente que las conclusiones de un proyecto de investigación liderado y financiado por la misma industria no pueden ser aceptadas sin una revisión científica exhaustiva e imparcial.

Notas

- 1 Hendzel, L. L. et al. (2005) Nitrous Oxide Fluxes in Three Experimental Boreal Forest Reservoirs, *Environmental Science & Technology*, 39:12.
- 2 Huttunen, J.T. et al. (2002) Fluxes of CH₄, CO₂, and N₂O in Hydroelectric Reservoirs Lokka and Porttipahta in the Northern Boreal Zone in Finland, *Global Biogeochemical Cycles*, 16:1.
- 3 Guérin, F. et al. (2008) Nitrous Oxide Emissions from Tropical Reservoirs, *Geophysical Research Letters*, 35.
- 4 Ídem.
- 5 Kemenes, A. et al. (2007) Methane Release Below a Tropical Hydroelectric Dam, *Geophysical Research Letters*, 34.
- 6 Sikar, E. et al. (2005) Greenhouse Gases and Initial Findings on the Carbon Circulation in Two Reservoirs and their Watersheds, *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 29.
- 7 Matthew, C. J. D. et al. (2005), Carbon Dioxide and Methane Production in Small Reservoirs Flooding Upland Boreal Forest, *Ecosystems*, 8.
- 8 Kemenes, A. et al. (2008), Como Hidreléctricas eo Aquecimento Global, *Ciência Hoje*, Enero / Febrero.
- 9 Ídem.
- 10 Lima, I. B. T. et al. (2008), Methane Emissions from Large Dams as Renewable Energy Sources: A Developing Nation Perspective, *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 13.
- 11 Se trata del cálculo de emisiones netas de los embalses. Representa fuentes y sumideros de gases de efecto invernadero previos a la construcción de la represa. No se trata de un cálculo completo neto ya que no incluye el impacto del embalse sobre flujos de carbono a lo largo del río.
12. Kemenes et al. (2008) op.ite cit.