

# Política y emisiones de Gases de Efecto Invernadero: el caso de Hidrosogamoso como Mecanismo de Desarrollo Limpio

*Politics and Greenhouse Gas Emissions: the case of Hidrosogamoso as a Clean Development Mechanism*

Juan Manuel Rengifo-Arana<sup>a</sup>

## RESUMEN

Los proyectos aprobados como Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) han sido objeto de numerosos estudios y cuestionamientos desde su implementación global en el año 2005. A finales de 2019, el proyecto Hidrosogamoso consiguió dicho aval pese a la oposición presentada por un grupo de afectados por la hidroeléctrica y a contravenir una serie de principios sociales y ambientales exigidos en el proceso. El presente artículo propone una lectura del caso en articulación con la revisión de las políticas y regulaciones que promueven la construcción de grandes represas como “energía limpia”, incluyendo los aspectos técnicos asociados a la cuantificación de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

**PALABRAS CLAVE:** Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL); emisiones; Gases de Efecto Invernadero (GEI); Hidrosogamoso; hidroenergía; represas; afectaciones ambientales.

## ABSTRACT

Projects approved as a Clean Development Mechanism (CDM) have been the subject of numerous studies and questions since their global implementation in 2005. By the end of 2019, the Hidrosogamoso project achieved this endorsement despite the opposition presented by a group of those affected by this hydropower plant and the contravention of a series of social and environmental principles required in the process. This article proposes a reading of the case, in conjunction with the review of the policies and regulations that promote the construction of large dams as “clean energy”, including the technical aspects associated with the quantification of Greenhouse Gas (GHG) emissions.

**KEY WORDS:** Clean Development Mechanism (CDM); emissions; Greenhouse Gas (GHG) emissions; Hidrosogamoso; hydropower; dams; environmental effects.

*“En el contexto del régimen del cambio climático y su objetivo (Art. 2 del CMNUCC), mitigación y financiación climática son dos expresiones de la misma idea. Mitigación “adicional”, cuando es requerida en los tratados, siempre (por definición) significa financiación adicional. Cuando el esfuerzo adicional es llevado a cabo a nivel nacional es llamado mitigación; cuando es exportado es llamado financiación climática, y esta financiación es usada para mitigación en otra parte. El Cambio Climático está así (potencialmente) controlado por medio de la financiación climática. Sin embargo, en lugar de una regulación integrada de la mitigación y la financiación climática, las dos áreas han estado tradicionalmente descoordinadas”.*

Zahar, A. 2016. Climate Change Finance and International Law, p. 119 [Trad. propia].

<sup>a</sup> Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Estudios Ambientales, Observatorio de Conflictos Ambientales. Bogotá, Colombia. ORCID Rengifo, J.M.: 0000-0003-1043-3013; e-mail: [jmrengifo@unal.edu.co](mailto:jmrengifo@unal.edu.co)

## Un acumulado crítico

El 20 de diciembre de 2019, la Junta Ejecutiva del Mecanismo de Desarrollo Limpio, órgano de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), dio su aprobación al proyecto hidroeléctrico Sogamoso (Hidrosogamoso) de la empresa Isagen (Brookfield Asset Management). Dicha aprobación se añade a una larga controversia originada desde la implementación del **Protocolo de Kioto** (COP-3 de 1997, Art. 6, 12 y 17) en 2005, que incluyó tres instrumentos centrales basados en el mercado (también denominados *mercados de carbono*) destinados a reducir las emisiones de GEI: 1) el Comercio de Derechos de Emisión (*International Emissions Trading*) que permite a los países industrializados –o “países del Anexo I” del Protocolo– que se mantienen por debajo de un tope fijado de emisiones, transar sus derechos excedentes con otros países que han superado los topes; 2) la Aplicación Conjunta (*Joint Implementation*), que permite a los países del Anexo I invertir en compañías o cofinanciar proyectos de reducción de emisiones en otros países miembros de este mismo grupo, medio por el cual el país inversor puede acreditar una reducción *adicional* de emisiones; y 3) el MDL, un esquema global de inversión y crédito ambiental para la financiación de proyectos en los países en desarrollo, y compensación por emisiones *adicionales* evitadas denominadas Reducciones Certificadas de Emisiones (CERs por su sigla en inglés) que son transables en los mercados de carbono (CMNUCC, 2007; Eberle *et al.*, 2019; CMW, 2019). En este contexto, es importante señalar que la *adicionalidad* se refiere a las reducciones de emisiones que no serían posibles sin la ayuda de los instrumentos.

En general, los instrumentos de mitigación y compensación promovidos por la CMNUCC han recibido fuertes críticas: por haber sido ineficaces (no se han frenado las emisiones<sup>1</sup>, las metas fijadas se han quedado muy cortas, bajos precios y baja demanda, altos costos asociados por ejemplo en el

proceso de certificación) (CMW, 2019; CMNUCC, 2019b<sup>2</sup>); porque se fijaron líneas base muy altas para el Comercio de Derecho de Emisiones generando un exceso de créditos, mientras que la Implementación Conjunta permitió que dichos créditos –reservados a países– pasaran a manos de empresas que evadían así regulaciones más estrictas (CMW, 2019); por aumentar los desequilibrios globales de poder al permitir a los países industrializados mantener un alto nivel de emisiones que, en teoría eran compensadas en el sur global a expensas de su propio desarrollo (*carbon colonialism*) (Eberle *et al.*, 2019); por continuar con el modelo de “negocios como de costumbre” (*business as usual*) en la financiación climática, donde la gran mayoría de los recursos son acaparados por los operadores (logísticos, financieros y políticos) y desarrolladores privados (McCully, 2008; Zahar, 2016<sup>3</sup>).

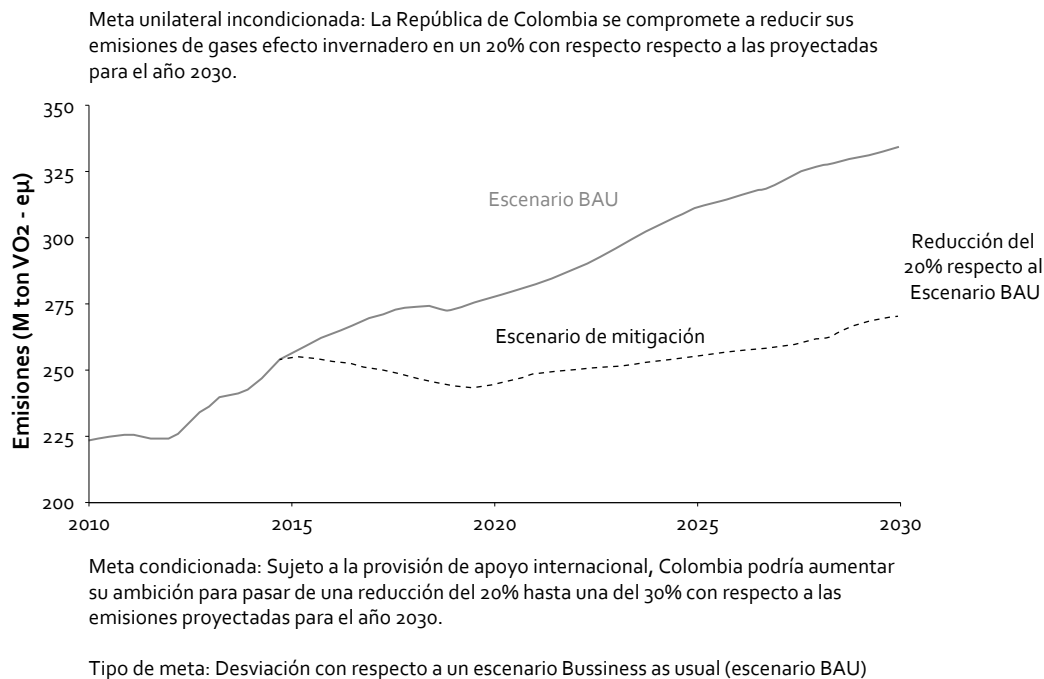
Con respecto al MDL, las críticas se centran en: la valoración de la incertidumbre en las metodologías empleadas (por ejemplo en el carácter adicional o en la estimación de las emisiones), la parcialidad en la Junta Ejecutiva del mecanismo (Fearnside, 2015b), y de las certificadoras que son contratadas por las empresas interesadas en recibir su aval (Baird y Green, 2019); obrar como un incentivo perverso<sup>4</sup>, así como la falta de transparencia que rodea el concepto de “adicionalidad” (Baird y Green, 2019) y la contabilidad de los CERs (McCully, 2008; Qui, 2018; CMW, 2019); los vicios o ausencia de participación efectiva de las comunidades afectadas por proyectos MDL (Baird y Green, 2019 con referencia a Cole y Roberts 2011); constituir un mercado

1 En Colombia, entre 1990 y 2014, las emisiones totales de GEI aumentaron 9,6% pasando de 216,2 millones de toneladas (Mt) de CO<sub>2</sub>e a 236,9 Mt CO<sub>2</sub>e. En este periodo, el metano registrado pasó de representar el 13,4% al 19%. Para 2014, el sector Energía representó el 35% de las emisiones de GEI (IDEAM *et al.*, 2018, p. 101, 114-115).

2 En el periodo 2012-2019, el MDL ha afrontado una baja demanda y un bajo precio. El precio medio por CER a finales de 2018 fue de USD\$ 1 (CMNUCC, 2019c, p. 11).

3 Zahar (2016) también señala que los mismos MDBs (*Multilateral Development Banks*) encargados de la financiación climática prestan grandes sumas a megaproyectos de energía fósil que aceleran el calentamiento global, refiriéndose al estudio de Hicks *et al.* (2008) que muestra que, pese al crecimiento de la financiación climática, el soporte a proyectos “sucios” es cuatro veces mayor. Solo con eliminar los subsidios que los gobiernos continúan otorgando a las energías fósiles se reducirían las emisiones, apunta Zahar.

4 Ejemplos: en los periodos en los que se pueden reclamar los CERs se aumentan las emisiones; incremento de la línea base de emisiones para aumentar las ganancias derivadas de la venta de CERs (Qui, 2018, p. 9).



**Figura 1.** Contribuciones determinadas a nivel nacional (Colombia). Fuente: IDEAM *et al.* (2018, p. 192)\*.

\* "Se autoriza la reproducción y difusión de material contenido en este documento para fines educativos u otros fines no comerciales sin previa autorización de los titulares de los derechos de autor, siempre que se cite claramente la fuente" (IDEAM *et al.*, 2018, p. 3).

de *aire caliente* (*hot air*) al permitir a los países compradores de CERs emitir GEI sin un real beneficio para el clima por parte del proyecto de mitigación (Fearnside, 2013b).

En 2015, el **Acuerdo de París** (COP-21), reconociendo la necesidad de reducir los riesgos y efectos que conlleva el cambio climático, fijó la meta de mantener la temperatura media mundial por debajo de los 2°C con respecto a los niveles preindustriales, y estableció el reemplazo<sup>5</sup> de los mecanismos de mitigación y compensación de emisiones de Kioto con vigencia hasta 2020, por *contribuciones determinadas a nivel nacional*, metas voluntarias de reducción de emisiones propuestas por cada país participante. La transición hacia los nuevos mecanismos de compensación en la década de 2020 genera dudas sobre la continuidad de los MDL, y el uso de los créditos emitidos bajo la anterior vigencia frente a los nuevos mecanismos (Parlamento Europeo, 2019, Núm. 35; Eberle *et al.*, 2019).

Por su parte, el Gobierno de Colombia ha propuesto reducir sus emisiones de GEI en un 20% con respecto a las emisiones proyectadas para 2030, y un 30% de contar con cooperación internacional (Ley 1844 de 2017) (IDEAM *et al.*, 2018). La reducción de emisiones inexistentes con base en proyecciones es una estrategia que reviste un carácter engañoso (empleada también en otros mecanismos como REDD+), ya que dicha *reducción* corresponde en realidad a un menor crecimiento de las emisiones de acuerdo con trayectorias que persiguen la rentabilidad y el crecimiento económico (escenario *business as usual*) [Fig. 1].

Durante el segundo periodo del Protocolo de Kioto (2012-2020), el 25% de los CERs han sido canalizados hacia la **hidroenergía**, tan solo por detrás de la energía eólica con el 31% (UNEP DTU, 2020). Las grandes represas –con más de 15 megavatios (MW) de capacidad instalada según el MDL– representaron el 50% de los proyectos MDL de hidroenergía y el 86,4% de los CERs en 2013 (Fearnside, 2015b). En diciembre de 2019, en Colombia se registraron 24 proyectos MDL de hidroenergía, de los cuales 10 se localizan en Antioquia, cuatro en Cauca y tres en Santander (UNEP DTU, 2020).

<sup>5</sup> Por el Mecanismo de Desarrollo Sostenible (*Sustainable Development Mechanism*) y los Resultados de Mitigación Transferidos Internacionalmente (*Internationally Transferred Mitigation Outcomes* - ITMOs).

## Los principios exigidos por el MDL

En 2010 y 2012, el Movimiento Social en Defensa del Río Sogamoso (MSDRS) solicita al Ministerio de Ambiente (MADS) no otorgar la certificación nacional a Hidrosogamoso, requisito exigido por la Junta Ejecutiva del MDL a Isagen para avalar el proyecto, dado que no se efectuó la participación efectiva e informada con las comunidades y se han desconocido las recomendaciones de la Comisión Mundial de Represas, así como los graves efectos ambientales que las grandes represas conllevan (MSDRS, 2010). De hecho, la única Audiencia Pública Ambiental sobre el proyecto se realiza en 2009 –cuando inicia su construcción– pese a que la licencia ambiental fue concedida en el año 2000.

Sin embargo, el MADS otorga la aprobación nacional a Hidrosogamoso en octubre de 2013 “sugiriendo” a Isagen que “se realice un seguimiento continuo a los procesos de atención de quejas y reclamos de las comunidades ya que este Ministerio en varias ocasiones ha recibido quejas de las comunidades impactadas por el desarrollo del proyecto”, y “se aclare cómo fueron atendidas oportunamente las quejas que se recibieron durante el año 2012” (MADS, 2013).

Frente a los múltiples impactos ambientales y sociales registrados por la construcción de grandes represas, el Banco Mundial y la Unión Internacional por la Conservación de la Naturaleza (UICN) lideraron la conformación de un cuerpo internacional independiente, la **Comisión Mundial sobre Represas** – (CMR, 2000), aunque las recomendaciones de su informe no fueron adoptadas por ninguna institución financiera internacional mayor –incluido el propio Banco Mundial– (Fujikura y Nakayama, 2009), la Unión Europea requirió a sus miembros respetar los criterios y directrices pertinentes del informe en el marco de los mecanismos del Protocolo de Kioto de 2004 (Parlamento Europeo, 2004).

En el documento de finales de 2019 emitido por la Junta Ejecutiva del MDL sobre la aprobación de Hidrosogamoso se concluye que, de acuerdo con el reporte de la certificadora española AENOR de 2014, el proyecto cumple con las siete prioridades estratégicas establecidas por la Comisión Mundial

de Represas (CMNUCC, 2019a, p. 60). Entre los principios invocados figuran:

§ **Aceptación por parte de la comunidad.** Este principio sostiene que “la aceptación pública comprobada de todas las decisiones clave se logra mediante acuerdos negociados en un proceso abierto y transparente, realizado de buena fe y con la participación informada de todos los participantes.” También está articulado con otro principio denominado reconocimiento de derechos, orientado a identificar e incluir a los actores afectados por el proyecto en las negociaciones sobre las medidas de mitigación, mecanismos u otros acuerdos legales relacionados como el reasentamiento, compensaciones y garantías que aseguren que los beneficios del proyecto sean compartidos prioritariamente entre los afectados.

El surgimiento del MSDRS en 2008, integrado por pobladores, líderes sociales, organizaciones ambientalistas y los Comités de Veeduría Ciudadana, así como la fundación del Movimiento Ríos Vivos en 2011 en La Playa (Betulia, Santander) y por la Red Nacional de Pueblos Afectados y Amenazados por Represas y Transvases (Ríos Vivos, 2011), habla de la intensa oposición que Hidrosogamoso generó en un gran sector de la población local y de los constantes incumplimientos de Isagen en los programas sociales de compensación y mitigación de los daños ambientales (Ardila, 2013). Siguiendo a Roa y Duarte (2012), las instituciones de gobierno no asumieron su papel de garantes de los derechos de las comunidades y, en su lugar, facilitaron el proceso de intervención de la empresa. El corregimiento de La Playa y otras poblaciones ubicadas aguas abajo de la presa<sup>6</sup> no fueron consultadas (Roa y Duarte, 2012) y no se cumplieron los procedimientos de socialización del proyecto con las personas afectadas (Ardila, 2013). Se estima que Hidrosogamoso desplazó a 1,9 personas por megavatio generado (de un total de 820 MW), detrás del Quimbo

6 Ver mapa realizado por el Observatorio de Conflictos Ambientales sobre el caso en [https://conflictos-ambientales.net/oca\\_bd/env\\_problems/map/22](https://conflictos-ambientales.net/oca_bd/env_problems/map/22) consultado en MAR-2020.

(3,8 personas) y Urrá (18,2 personas) (Defensoría del Pueblo, 2017).

Entre 2008 y 2012, cinco líderes del MSDRS fueron asesinados y uno desaparecido<sup>7</sup>, siendo recurrentes los hostigamientos a líderes u opositores al proyecto (Ríos Vivos, 2014). En septiembre de 2014 fue admitida por el Tribunal Administrativo de Santander una acción popular presentada por miembros del MSDRS para exigir la protección de los derechos colectivos a gozar de un ambiente sano, a la existencia del equilibrio ecológico y el manejo y aprovechamiento racional de los recursos naturales, y a la seguridad y prevención de desastres previsibles técnicamente.

En 2015, el MSDRS llevó a cabo un plantón de 177 días frente a la sede de la Gobernación de Bucaramanga, dando a conocer a la ciudadanía las problemáticas que enfrentan a raíz del proyecto, como desplazamiento, condiciones insalubres, pérdida de sus modos de subsistencia y tradiciones, inseguridad y zozobra ante la amenaza permanente que representa la cercanía de Hidrosogamoso con el nudo sísmico de la Mesa de los Santos (ANLA Auto 2684 de 23-JUN-2016).

§ **Opciones de evaluación completas.** Aquí se hace referencia a los “enfoques de planificación que consideran todos los rangos de objetivos de desarrollo utilizados para la evaluación de todas las opciones políticas, institucionales, gerenciales y técnicas antes de tomar la decisión de proceder con cualquier programa o proyecto”. En Hidrosogamoso no se presentó el Diagnóstico Ambiental

de Alternativas, exigible para represas, ya que, aunque fue ordenado por la Ley 99 de 1993 (Ley del Sistema Ambiental), solo se reglamentó con el Decreto 2041 de 2014, en tanto que la licencia ambiental del proyecto fue concedida en el año 2000.

§ **Sosteniendo los ríos y la vida.** Este principio afirma que es un requisito, antes de tomar decisiones sobre las opciones en términos de desarrollo, contar con una comprensión global de toda la cuenca con respecto a las funciones, valores y requisitos del ecosistema, así como de sus interacciones con la comunidad que depende de dicho ecosistema para su sustento. Se debe partir de un “enfoque de precaución” para seleccionar proyectos que evitan impactos significativos para especies amenazadas o en peligro de extinción. “Cuando no se puedan evitar los impactos, se implementarán medidas de compensación viables para producir un avance claro para las especies dentro de la región”. “Se establece una política nacional para mantener los ríos seleccionados con alta funcionalidad y valor de los ecosistemas en su estado natural”.

El principio citado es uno de los más vulnerados por Hidrosogamoso, así como uno de los más difíciles de atender para las grandes represas. El represamiento de un río modifica profundamente el ecosistema acuático, pues al llegar al embalse las aguas corrientes se vuelven lentas, pasando meses o años antes de alcanzar los vertederos y las turbinas para continuar río abajo. En los países ecuatoriales, las altas temperaturas constantes se asocian a la **estratificación** de la columna de agua en los embalses, reduciendo la mezcla entre las capas superficiales (menos densas y más cálidas) y las profundas, e induciendo déficits de **oxígeno disuelto (OD)** o anoxia en los estratos inferiores<sup>8</sup>. Al salir por los túneles de

7 Luis Alberto Arango, Presidente de la Asociación de Pescadores del Llanito en Barrancabermeja (12-FEB-2008); Hebert Sony Cárdenas, Presidente la Asociación de Areneros de Barrancabermeja (15-MAY-2008); Marco Tulio Salamanca Calvo, Presidente de la Junta de Acción Comunal de la Vereda Marta (Girón) (03-SEP-2009); Honorio Llorente Meléndez, Presidente de la Junta de Acción Comunal del Corregimiento Puente Sogamoso (Puerto Wilches) (17-OCT-2009); Jairo Rodríguez Caro, líder de la comunidad de la vereda Marta (13-ABR-2011); y la desaparición de Miguel Ángel Pabón Pabón, activista, defensor de DDHH y ambientales (31-OCT-2012). También se denunció el asesinato de Armando Caballero Toscano, pescador y agricultor afectado por el megaproyecto Hidrosogamoso (08-SEP-2014), hijo de Eda Toscano, integrante del MSDRS (MSDRS, 2010; Roa y Duarte, 2012; Ardila, 2013; CNMH, 2014).

8 “El agua en un embalse se divide en capas, con una capa superficial menos densa y más cálida en la parte superior de 2 a 10 m que está en contacto con el aire y contiene oxígeno. Una división (la termoclina) separa esta capa de una capa más fría y más densa que se extiende hasta el fondo. El agua en las dos capas no se mezcla, y el oxígeno en la capa inferior se agota rápidamente. Sin oxígeno, toda la descomposición en el fondo del embalse genera metano (CH<sub>4</sub>) en lugar de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)” (Fearnside, 2013a) [Trad. propia].

descarga ubicados en la parte inferior de la presa, el reducido nivel de OD de las aguas no permite el sostenimiento de la vida acuática durante varios kilómetros río abajo, afectando la actividad pesquera, generando olores ofensivos y problemas de salubridad (EIA 2008, Vol. 5; Palau *et al.*, 2010; Fearnside, 2013a; Ocko y Hamburg, 2019).

Al respecto, la actualización del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) de Hidrosogamoso realizada por Ingetec en 2008, afirma que, durante la fase de operación de la represa, “la calidad del agua de un embalse se afecta cuando se presenta el fenómeno de estratificación térmica” (Ingetec, 2008, Vol. 5. p. 5-60). El EIA predijo que el embalse de Hidrosogamoso sería estratificado con concentraciones de OD por debajo de  $4,5 \text{ mg L}^{-1}$  en las capas inferiores, siendo  $4,0 \text{ mg L}^{-1}$  el valor mínimo para el sostenimiento de la vida acuática, condición que fue constatada por la ANLA en 2019<sup>9</sup>. Aunque la estratificación puede variar parcialmente a lo largo del año, la grave afectación ecosistémica y social a largo plazo que implica la mala calidad de las aguas después del sitio de presa es un aspecto ausente del EIA que, en general, permanece insuficientemente estudiado.

El EIA de 2008 solo menciona los impactos sobre la calidad del agua después del sitio de presa para la fase de llenado y de pruebas del embalse. En los escenarios más adversos (sin remoción de biomasa en el área inundada), el EIA estima una concentración de OD con niveles óptimos, entre 7 y  $7,4 \text{ mg L}^{-1}$ , después del día 15 del llenado. También advierte que, “en condiciones extremas”, se presentarían descargas con niveles bajos de OD, cuya recuperación por encima de  $5 \text{ mg L}^{-1}$  ocurriría transcurridos 20 km (2008, Vol. 5, pp. 5-57, 5-58).

Pese a que el llenado del embalse fue en junio de 2014, mediciones posteriores han encontrado

concentraciones críticas de OD, como es el caso del monitoreo de 2017 que halló valores por debajo de  $4 \text{ mg L}^{-1}$  en los primeros 5 km después del sitio de presa, que “de acuerdo con la normatividad corresponde al mínimo requerido para su uso en la preservación de la flora y fauna acuática” (ANLA Auto 2141 de 25-ABR-2019, p. 75). En consecuencia, la ANLA solicitó a Isagen presentar un informe sobre las medidas a adoptar para garantizar los niveles exigidos, especialmente en los primeros 15 km después de la descarga de las aguas turbinadas. El informe de Isagen, que incluye datos sobre distintas variables asociadas a la calidad del agua, pero omite los niveles de OD, aduce que la mala calidad de las aguas es causada por los aportes de materia orgánica de los ríos Suárez y Chicamocha, que al descomponerse consume y agota el oxígeno (eutrofización), motivo por el cual la situación referida no puede atribuírsele a Hidrosogamoso (Isagen, 2019).

Pese a la grave contaminación de los afluentes del río Sogamoso, Isagen omite gran parte de responsabilidad en la caída de los niveles de OD, dado que el embalse actúa como una trampa de materia orgánica que favorece la eutrofización, al tiempo que reduce la velocidad y la mezcla de las aguas, creando capas anóxicas en profundidad (estratificación térmica) y generando así una alteración mayor que transforma el ecosistema lótico (aguas corrientes) en léntico (aguas estancadas). Mediciones de 2015 realizadas por el grupo de la maestría en Ciencias y Tecnologías Ambientales de la Universidad Santo Tomás constataron la disminución crítica de los niveles de OD por efecto de la represa, comparando muestras a la entrada y a la salida del embalse. La saturación de oxígeno en las aguas pasó de 88% al 48% y se obtuvieron valores de OD promedio de  $6,4 - 7,9 \text{ mg L}^{-1}$  (aguas arriba, al mediodía), y  $3,7 - 1,4 \text{ mg L}^{-1}$  (aguas abajo, al mediodía y a las 9:00 AM) (USTA, 2015).

De otra parte, las grandes represas modifican la **dinámica hidrológica** de los ríos y generan cambios morfológicos en su cauce y lecho. Al actuar como una trampa de sedimentos y del material de arrastre que transporta la corriente, la represa degrada el lecho del río aguas abajo, profundizando su cauce y afectando la cantidad de agua que ingresa y retorna al río desde humedales y ciénagas en diferentes

9 “(...) por debajo del epilimnio [capa superficial del cuerpo de agua] y hasta las profundidades de intrusión, el embalse presenta bajas concentraciones de oxígeno disuelto, las cuales incluso se han cuantificado por debajo de  $4,0 \text{ mg L}^{-1}$  y que son aguas que están siendo captadas para el proceso de generación en la casa de máquinas y luego descargadas nuevamente en el río Sogamoso aguas abajo de la presa (Descarga Casa de Máquinas)” (ANLA Auto 2141 de 25-ABR-2019, p. 95).

momentos del año. A lo anterior se suman los cambios bruscos de caudal derivados de la operación hidroeléctrica<sup>10</sup> que afectan el régimen hidrológico<sup>11</sup> natural del río e incrementan la erosión del cauce.

En visita técnica de la ANLA en diciembre de 2015, pobladores de **El Llanito** (Barrancabermeja), una comunidad que cuenta con 300 pescadores artesanales que dependen de la ciénaga más importante aguas abajo de la presa (EIA, 2008, pp. 3-464), advirtieron este tipo de efectos e inundaciones repentinas, aún en época seca, cuando habitualmente la comunidad y el turismo disfruta de las playas que emergen. Aunque la afectación por erosión y socavación fue ratificada por la ANLA en el sector El Porvenir a partir del análisis de imágenes satelitales anteriores y posteriores a la construcción de la represa, la responsabilidad de Hidrosogamoso no fue establecida, atribuyendo los cambios del río y sus orillas a su propia dinámica (ANLA Auto 2684 de 23-JUN-2016, p.6, 16, 34). Posteriormente, en 2017, tras la evidente desconexión causada por la represa entre la ciénaga El Llanito y el río Sogamoso, Isagen debió construir unas estructuras de control y cierre en los caños San Silvestre, Chu y Cocos –previstas en el EIA de 2008– para restablecer las relaciones hidrológicas e hidráulicas y los regímenes de caudales afectados<sup>12</sup> (ANLA Auto 2141 de 2019, p. 9).

Finalmente, en 2019, frente a los cambios morfológicos del cauce y degradación del Lecho del río Sogamoso a raíz de la represa, la ANLA consideró que Isagen debe efectuar un análisis multitemporal “desde el año en que entró en operación el proyecto, para poder determinar el comportamiento y

evolución morfológica del cauce, variación de orillas, cambios de alineamiento, variación de perfiles batimétricos, definiendo zonas de denostación y zonas de erosión y/o socavación, tendencias y que permita a su vez una comparación con la dinámica del río antes de la construcción de la presa”. De igual modo, la autoridad ambiental estableció que la empresa no ha efectuado obras de protección y/o corrección ante esta situación, incumpliendo con las obligaciones contenidas en la licencia ambiental (Auto 2141 de 25-ABR-2019, p. 78).

Por otro lado, las grandes represas constituyen un obstáculo insalvable para los **peces migratorios**, a no ser que cuenten con un mecanismo de transferencia o pasaje de peces. Especies migratorias como el bocachico (*Prochilodus reticulatus*) (en peligro crítico), la dorada (*Brycon moorei*), la picuda (*Salminus affinis*), el nicuro (*Pimelodus blochii*), la vizcaína (*Curimata mivartii*) (vulnerable) y el bagre rayado (*Pseudoplatystoma magdaleniatum*) (en peligro crítico para la cuenca del río Magdalena) remontaban el río Sogamoso para desovar en lugares que quedaron del otro lado de la presa de 190 m de altura, como El Tablazo (Betulia). Resultado de la barrera física, la alteración del régimen de caudales y las pruebas en la fase de llenado, se estimó una reducción del 20% en la captura pesquera del sistema río Sogamoso - Ciénaga El Llanito (EIA, 2008, Vol. 2, pp. 3-169 y Vol. 5, pp. 7-106, 5-75), mencionando medidas para trasladar los peces que llegan a las zonas de barrera (Vol. 5, p. 7-138). La afectación sobre la comunidad íctica producto de la mala calidad del agua después del sitio de presa, así como la alta mortalidad de los peces que deben transitar aguas abajo a través de las turbinas y vertederos del proyecto no son mencionadas en el EIA<sup>13</sup>.

De acuerdo con la ANLA (Auto 2141 de 25-ABR-2019, p. 85), la empresa no ha presentado “el estudio de capacidad de carga y la aprobación del Plan de repoblamiento íctico del embalse y sus colas,

10 “Específicamente las alteraciones producidas [en los peces], están asociadas a los cambios rápidos en el nivel y la velocidad de las aguas como resultado de la operación horaria de las tres turbinas para atender las variaciones en la demanda de energía eléctrica que pueden pasar de  $60 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  a cerca de  $630 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , y que provocan señales equivocadas en el ecosistema (...)” (EIA 2008, Vol.5, p. 109).

11 El régimen hidrológico, de acuerdo con el Glosario Hidrológico Internacional, se define como: “Variaciones del estado y de las características de una masa de agua que se repiten de forma regular en el tiempo y en el espacio y que muestran patrones estacionales o de otros tipos” (SIAC, 2020).

12 En la zona se ha detectado un corredor (Ciénaga El Llanito – Caño El Deseo) de movilidad de manatíes (*Trichechus manatus*), emblema municipal, por lo cual no fue objeto de intervención por Isagen.

13 Según el IPCC (2012, p. 466), una variedad de soluciones para mitigar la afectación al recurso pesquero se ha probado en los últimos 30 años con una eficiencia que va de aceptable a alta, pero éstas deben ser cuidadosamente diseñadas, adaptadas al sitio y a las especies consideradas, y pueden incluir sistemas preventivos para evitar su paso por las turbinas como barreras de burbujas, filtros, cañones acústicos o diseños de turbinas amigables para peces.

a partir de la estabilización de la calidad de sus aguas basado en el mismo estudio, por parte de la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca- AUNAP, así como repercusiones que han podido tener dichos repoblamientos sobre el embalse y su capacidad de carga”, de lo cual se infiere que, a pesar del repoblamiento de alevinos reportado por la empresa, los resultados de estas actividades son inciertos. Si bien la Asociación de Pescadores del Magdalena Medio - ASOPESAMM, que reúne a 700 pescadores de la zona y está vinculada al programa “guarda ríos” financiado por Isagen (Estrada, 2016), manifestaba que la pesca se había visto beneficiada por la siembra de millones de alevinos, particularmente en el sector de la Hacienda La Flor<sup>14</sup>, los pescadores de la ciénaga El Llanito en Barrancabermeja se declaran afectados gravemente por la disminución del recurso (Defensoría del Pueblo, 2017). La situación se agrava si se considera que las actividades complementarias que realizan muchos pescadores de la región como la agricultura estacional en las vegas e islotes del río y la minería de material de arrastre también se han visto afectadas por la operación de la hidroeléctrica.

En suma, el principio “sosteniendo los ríos y la vida” resulta muy difícil de respaldar a partir de la insuficiencia y debilidad de la institucionalidad ambiental (en sus funciones de regulación, evaluación, seguimiento y control), así como por los efectos negativos y permanentes de la represa en la calidad del agua y los ecosistemas acuáticos, en la dinámica hidrológica y morfológica del sistema río-ciénaga, y en el modo de vida de los 1.430 núcleos familiares que hacen uso del río Sogamoso luego de su repoblamiento, según el censo realizado por Isagen en 2010 (Defensoría del Pueblo, 2017).

14 Parte de la infraestructura construida por Isagen para el programa de repoblamiento íctico ha quedado inhabilitada por las aguas. De acuerdo con la Alcaldía de Betulia, la dinámica hidrológica se ha alterado y agudizado por la ruptura de los diques de las lagunas de La Flor, especialmente en los caños Santa Rosa y Moñas, cuyos caudales aumentan y disminuyen rápidamente, dejando muchos peces atrapados. También se mencionan afectaciones de cultivos por inundaciones y cambios de curso del río que no se veían hace 40 años (ANLA Auto 2141 de 25-ABR-2019, p. 15).

## Valorando el efecto de los GEI: el potencial de calentamiento global (GWP)

Retomando la discusión sobre si la hidroenergía es o no amigable con el medio ambiente, es fundamental revisar la metodología empleada para valorar sus emisiones. El potencial de calentamiento global (GWP por su sigla en inglés) se desarrolló para permitir comparaciones de los impactos del calentamiento global de diferentes gases, empleando la unidad de CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub>e). Dicha unidad hace referencia a la energía absorbida por la emisión de una tonelada (t) de gas durante un período de tiempo determinado, en relación con la emisión de una tonelada de CO<sub>2</sub> que, por definición, tiene un GWP de 1, independientemente del período de tiempo considerado, porque el gas es el que se utiliza como referencia (Steinhurst *et al.*, 2012; USEPA, 2020).

El GWP ha sido reajustado a medida que se estudia mejor el fenómeno, y con respecto al metano (CH<sub>4</sub>), su potencial ha pasado de un valor de 21 en un horizonte de 100 años (1 t de CH<sub>4</sub> tiene el mismo impacto en el calentamiento global que 21 t de CO<sub>2</sub> en 100 años), valor establecido por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, por su sigla en inglés) en 1995 y considerado en los MDL hasta 2012 (Zahar, 2016), a un potencial de 28 ajustado por el IPCC<sup>15</sup> en 2014 (IPCC, 1995, p. 121; IPCC, 2014, p. 95). Sin embargo, dado que el metano permanece un tiempo relativamente mucho más corto que el CO<sub>2</sub> en la atmósfera, estimado en 12,4 años (cerca de 10 veces menos que el CO<sub>2</sub>), los horizontes de larga duración minimizan o “enmascaran” su efecto (Almeida *et al.*, 2019). Al contrario, cuando se emplea el horizonte de 20 años, el potencial de calentamiento del metano aumenta a 84 (en 1991 era de 51).

Fearnside (2015a), autoridad mundialmente reconocida en calentamiento global y experto en emisiones generadas por represas, muestra que tanto la CMNUCC como el IPCC (que define las pautas y metodologías adoptadas por el CMNUCC para los inventarios nacionales de GEI y potenciales de calentamiento atmosférico) **han omitido**

15 Potencial de 34 (GWP<sub>20</sub>) si se tiene en cuenta la retroalimentación climática de carbono (IPCC, 2013, p. 714).



sistemáticamente la contabilización de las emisiones de metano generadas por la hidroenergía: se emplea usualmente el horizonte de 100 años en lugar del más relevante de 20 años<sup>16</sup> (ver también Steinhurst *et al.*, 2012); el reporte de las emisiones de GEI asociado a represas sigue siendo voluntario y se omiten fuentes mayores de emisiones (ver también Banco Mundial 2017, p. 5); se alega incertidumbre, insuficiente información o desarrollo frente a las mediciones de metano pese a la sustancial evidencia recabada en la última década; se emplean métodos estadísticos que minimizan el peso de los valores extremos (léase las mayores emisiones de los embalses ecuatoriales) al emplear la mediana en lugar de la media o promedio; una gran proporción de publicaciones sobre hidroenergía, incluyendo autores que han colaborado en los informes del IPCC, están conectados con compañías del mismo sector, específicamente Hydro-Québec y Electrobrás (Fearnside 2015a con referencia a Cullenward y Victor, 2006; McCully, 2008).

### Represas y emisiones: ¿un motivo de alarma?

Las emisiones de las represas pueden variar considerablemente de acuerdo con factores como: condiciones meteorológicas (temperatura y precipitación); características de la vegetación sumergida, los suelos y la productividad primaria neta (aguas enriquecidas con nutrientes); y características del proyecto (edad, volumen embalsado, profundidad del embalse, área y localización). Anteriormente se tenía que los embalses ecuatoriales presentaban emisiones de GEI mucho mayores que los embalses de latitudes medias o altas durante la primera década, pero nuevas mediciones indican que tantos los

unos como los otros pueden emitir cantidades significativas de GEI, incluso mayores a las de plantas de energía a gas o carbón, sin dejar de constituir una fuente considerable transcurrida los primeros años (Ocko y Hamburg, 2019).

Al llegar al embalse, la materia orgánica, nutrientes y agroquímicos<sup>17</sup> transportados por la corriente, se suman a la biomasa y suelos sumergidos, incrementando la productividad biológica y el consumo de oxígeno derivado de la descomposición del detrito. Con la oxidación de la materia orgánica en el estrato superior del embalse se produce CO<sub>2</sub> que alcanza la atmósfera por medio de la interfaz aire-agua (**difusión superficial**), mientras en las aguas –pobres en oxígeno– la materia orgánica se descompone por la acción microbiana generando burbujas de metano (ebullición) (Betancourt y Labaut, 2013; Deemer *et al.*, 2016; Ocko y Hamburg, 2019; Almeida *et al.*, 2019).

Adicionalmente, otros flujos permanentes y significativos en los balances de emisiones corresponden a la **desgasificación y la fluctuación del nivel del embalse**. La desgasificación, presente en embalses con estratificación térmica como Hidrosogamoso, ocurre cuando las aguas presurizadas del fondo del embalse –con una concentración importante de GEI– son conducidas al otro lado de la presa a través de vertederos o conductos para operar las turbinas, garantizar el caudal ecológico aguas abajo o evacuar sedimentos, liberando en el proceso los gases disueltos por la diferencia de presión<sup>18</sup>. Es un factor que puede duplicar el total de GEI emitido por el embalse y que

16 En ese sentido el IPCC señala que, “con respecto a algunos agentes (de corta duración), la elección de la métrica influye en la elección de políticas y en el calendario de mitigación (especialmente en sectores y países con altos niveles de emisiones de gases distintos del CO<sub>2</sub>)” (2014, p. 96). Frente a la meta del Acuerdo de París de no exceder el límite de 2°C sobre los niveles preindustriales, Fearnside (2015a; 2016) señala que desafortunadamente ya no contamos con 100 años para emprender acciones de efectivas de mitigación y son las emisiones de los próximos años las que podrán ser determinantes.

17 Usualmente fertilizantes ricos en nitrógeno y fósforo que son transportados por las escorrentías de las áreas agrícolas cercanas o presentes en las corrientes de agua que confluyen en los embalses. Las aguas que confluyen en Hidrosogamoso transportan una gran carga contaminante de los ríos Chichamocha y Suárez (EIA Hidrosogamoso 2008, Vol. 5, pp. 5-63).

18 “Dado que la solubilidad de los gases en el agua es proporcional a la presión (Ley de Henry en química), el metano formará burbujas y escapará cuando la presión se libere repentinamente, al salir el agua por las turbinas. Es el mismo fenómeno que ocurre cuando uno abre una botella de Coca Cola: los gases forman burbujas cuando se libera la presión al quitar la tapa.” (Fearnside, 2013a) [Trad. propia]. Según Fearnside (2019), el hecho clave sobre las represas y sus emisiones, tanto en el embalse como aguas abajo, es que una parte significativa del carbono emitido se hace justamente en forma de metano en lugar de CO<sub>2</sub> como ocurre con las aguas corrientes.

no ocurre naturalmente en los ecosistemas lénticos como lagos, esteros y humedales (Fearnside, 2013a; Deemer *et al.*, 2016; Ribera, 2018).

Por su parte, la fluctuación del nivel del agua expone en la periferia del embalse grandes áreas que son rápidamente colonizadas por vegetación en aguas bajas, y que son inundadas en aguas altas. La descomposición de dicha vegetación en el fondo del embalse puede contribuir sustancialmente a la emisión de metano (Fearnside, 2013a; Deemer *et al.*, 2016 con referencia a Lu *et al.*, 2011; Yang *et al.*, 2014).

Otras emisiones que deben considerarse se derivan de la huella de carbono asociada a las enormes cantidades de cemento, acero y combustible que requiere la **construcción** de grandes represas, así como aquellas debidas al **cambio de uso del suelo** o pérdida de captura de CO<sub>2</sub> que realizaba la biomasa existente en el área del embalse antes del proyecto (IPCC, 2012, pp. 462, 472). Además, recientemente ha sido documentado que una importante fracción de GEI en embalses ecuatoriales (26%-45% del CO<sub>2</sub> emitido en un horizonte de 100 años) corresponde a la descomposición del **material leñoso no removido** del embalse (Deemer *et al.*, 2016).

Desde los años 90 se han multiplicado los estudios y revisiones sobre los GEI generados por embalses y represas (Banco Mundial, 2017), si bien los esfuerzos se han centrado en el modelamiento de las emisiones de difusión superficial de CO<sub>2</sub>, dejando de lado la contabilización de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y metano (CH<sub>4</sub>) y las emisiones por ebullición, desgasificación y fluctuación del nivel del embalse (Li y Zhang, 2014; Fearnside, 2015a; Deemer *et al.*, 2016; Banco Mundial, 2017).

Al revisar los principales estudios que registran datos de emisiones por generación hidroeléctrica (g CO<sub>2</sub>e/kWh) (Tabla 1) se constata la diferencia que implica el uso de la mediana o el promedio. También resulta evidente que la estimación de las emisiones de GEI de la hidroenergía del IPCC (2014) (Tabla 2) son rebasadas ampliamente por la mayoría de estudios, salvo por el que agrupa las industrias del sector (IHA, 2018), aún no revisado por pares, y que considera el valor de 100 g CO<sub>2</sub>e/kWh como un umbral de alta emisión, valor

sobreestimado de acuerdo con el umbral de 80 g CO<sub>2</sub>e/kWh que emplea la Agencia Internacional de la Energía (IEA) (World Energy Outlook, 2017, en Almeida *et al.* 2019).

De otro lado, es importante anotar que, a diferencia de los valores de emisiones de la Tabla 1 que corresponden a horizontes de 100 años (GWP100), Ocko y Hamburg (2019) abordaron escenarios de emisiones a corto plazo (20 años) encontrando que el 15% y el 17% de las hidroeléctricas generan impactos climáticos mayores que los de las plantas a carbón y a gas natural respectivamente, mientras que en el largo plazo (100 años), dicho porcentaje se reduce al 9% y 13%. El resultado se explica principalmente por la contabilización de los efectos de la inundación (embalse) y del metano en el clima<sup>19</sup>.

De acuerdo con Almeida *et al.* (2019), considerar un horizonte de 20 años respecto al factor de emisión provoca un aumento de aproximadamente tres veces en el umbral de densidad de energía para designar proyectos amigables con el clima. En el citado estudio se encontró que, si bien las represas ecuatoriales ubicadas en tierras altas (áreas embalsadas menores y mayores densidades de energía) suelen tener emisiones comparables con la energía solar y eólica, solo el 14% de las **represas ecuatoriales de tierras bajas y grandes ríos** (áreas embalsadas mayores y menores densidades de energía como en la región amazónica) emitirán GEI por debajo del umbral de 80 g CO<sub>2</sub>e/kWh en el horizonte de 20 años (GWP20), y cerca del 25% de las represas proyectadas emitirá más GEI que las termoeléctricas a carbón. Cabe mencionar que el estudio de Almeida *et al.* (2019) solo tuvo en cuenta la emisión de metano de los embalses por ebullición y difusión, mas no desgasificación.

La inclusión de otras fuentes de emisión —a menudo ignoradas— como la fluctuación del nivel del embalse, la desgasificación y el flujo superficial

19 "Si bien, a largo plazo, las emisiones medias de la energía hidroeléctrica producen impactos climáticos que son alrededor del 10% y el 15% de los del carbón y el gas natural, respectivamente, los porcentajes iniciales son del 35% y el 40% cuando se construye una nueva planta hidroeléctrica. Las emisiones de la construcción pueden más que duplicar el impacto climático de una central hidroeléctrica durante los primeros años" [Trad. propia] (Ocko y Hamburg, 2019).

**Tabla 1.** Emisiones de GEI por generación hidroeléctrica

Referencias	Número de embalses revisados	Emisión estimada por embalse (g CO <sub>2</sub> e/kWh)	Tipo de embalse – métrica y método empleados (cuando se especifica)
Steinhurst <i>et al.</i> (2012)	18 a partir de Demarty y Bastien (2011)	1300-3000	Embalse ecuatorial
		160-250	Embalse boreal
Hertwich (2013)	85	169	Promedio global (GWP <sub>100</sub> )*
Li y Zhang (2014)		285	Promedio global (GWP <sub>100</sub> )
Li <i>et al.</i> (2015)	19	70	Promedio de las represas chinas (GWP <sub>100</sub> )
Scherer y Pfister (2016)	1.473	273	Promedio global (GWP <sub>100</sub> )
		<b>84</b>	Mediana global (GWP <sub>100</sub> )
IHA (2018)	498	<b>18,5</b>	Mediana global
Almeida <i>et al.</i> (2019)	158 embalses existentes y 351 proyectados	<b>39</b>	Embalse amazónico de tierras altas. Mediana (GWP <sub>100</sub> )
		<b>133</b>	Embalse amazónico de tierras bajas. Mediana (GWP <sub>100</sub> )
Ocko y Hamburg (2019)	1.473 a partir de Scherer y Pfister (2016)	<b>67</b>	Mediana global (GWP <sub>100</sub> )**
		254	Promedio global (GWP <sub>100</sub> )***

Fuente: elaboración propia a partir de los estudios y documentos citados. Los datos calculados según la mediana se resaltan en negrilla. Nótese la diferencia entre los valores de mediana y promedio.

\* Valor calculado a partir de los datos desagregados de 85 y 3 g CH<sub>4</sub>/kWh con un potencial de calentamiento global de 28 para el metano en un horizonte de 100 años (GWP<sub>100</sub>).

\*\* Valor calculado a partir de los datos desagregados de 55 g CO<sub>2</sub>/kWh y 0,43 g CH<sub>4</sub>/kWh empleando el factor de 28 (GWP<sub>100</sub>).

\*\*\* Valor calculado a partir de los datos desagregados de 170 g CO<sub>2</sub>/kWh y 3 g CH<sub>4</sub>/kWh empleando el factor de 28 (GWP<sub>100</sub>).

**Tabla 2.** Emisiones de GEI por tecnología de suministro de energía (IPCC, 2014)

Informe IPCC - 5to Informe (2014, Anexo III)	Emisión estimada por embalse (g CO <sub>2</sub> e/kWh)	Tipo de infraestructura y método de cálculo
IPCC (2014)	<b>24</b>	Mediana - Hidroenergía
	88	Metano - Hidroenergía
	19	Infraestructura y cadena de suministros (construcción de la represa)
	<b>820</b>	Mediana - Termoeléctrica a carbón
	<b>490</b>	Mediana - Termoeléctrica a gas (ciclo combinado)

Fuente: elaboración propia a partir de los estudios y documentos citados. Los datos calculados según la mediana se resaltan en negrilla. Nótese la diferencia entre los valores de mediana y promedio.

aguas abajo de la presa, explicarían los altos valores hallados por Li y Zhang (2014), que representaron en conjunto el 42% del CO<sub>2</sub> y el 67% del CH<sub>4</sub> de la emisión total de las represas estudiadas. En ese sentido también se explican los hallazgos de Deemer *et al.* (2016) sobre el flujo de emisiones (Tg CO<sub>2</sub>e/año) en más de 250 represas, encontrando valores de metano en las aguas superficiales embalsadas 25% mayores a los estimados previamente, y que los

horizontes a 20 años duplican los flujos estimados para los embalses.

## Densidad de energía y factor de emisión

Actualmente, los indicadores asociados con las mayores emisiones de la hidroenergía son la densidad de energía (relación entre la superficie del embalse y energía generada en W/m<sup>2</sup>) y temperatura

máxima en el embalse (Scherer y Pfister, 2016; Ocko y Hamburg, 2019<sup>20</sup>).

El cálculo de la densidad de energía es exigido en los proyectos hidroeléctricos que aspiran a convertirse en MDL. La Junta Ejecutiva del mecanismo establece que los proyectos con densidad de energía entre 4 y 10 W/m<sup>2</sup> deben registrar las emisiones generadas por el embalse (CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub>, asumiendo un factor de emisión de 90 g CO<sub>2</sub>e/kWh), mientras que aquellos por debajo de dicho umbral se consideran inviables, y aquellos que están por encima no deben cuantificar sus emisiones, estimadas “irrisorias” o “iguales a cero” (Metodología ACM0002 v. 16; CMNUCC 2019a, p.67). Dichas estimaciones “irrisorias” son calificadas por Zahar (2016) como una “ficción”, al no considerar las emisiones de la hidroenergía referidas al cambio de uso del suelo por el proyecto, material leñoso no removido, desgasificación, fluctuación del nivel del embalse, difusión superficial y flujo superficial del río aguas abajo, así como las que se pueden originar con el desmantelamiento de la presa (materiales y energía, liberación de sedimentos).

De igual modo, en Colombia, ni el Decreto 1075 de 2015 (Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, Art. 2.2.5.1.7.2 – Casos que requieren permiso de emisión atmosférica), ni los Términos de Referencia para la elaboración del EIA en proyectos de construcción y operación de centrales hidroeléctricas (MADS y ANLA, 2017, TdR-014) hacen mención o fijan requerimientos para la medición de GEI generados por embalses. En el contexto hidroenergético colombiano, las mayores densidades energéticas (o “eficiencia ambiental”) corresponden a San Carlos (333,3 W/m<sup>2</sup>), Anchicayá (250 W/m<sup>2</sup>), Porce III (125 W/m<sup>2</sup>), Guavio (90,9 W/m<sup>2</sup>) y Chivor (76,9 W/m<sup>2</sup>); y las menores a Betania (7,2 W/m<sup>2</sup>), Quimbo (4.8 W/

m<sup>2</sup>) y Urrá (4,5 W/m<sup>2</sup>) (a partir de Defensoría del Pueblo, 2017). La densidad de energía de Hidrosogamoso se estimó en 12,70 W/m<sup>2</sup>, motivo por el cual según la Junta Ejecutiva del MDL no está obligado a reportar emisiones (CMNUCC, 2019a).

Aunque no resulte claro a qué obedece el límite de 10 W/m<sup>2</sup> para considerar un proyecto amigable con el clima fijado por la Junta Ejecutiva del MDL, Fearnside (2015b) muestra que los valores fijados por dicho órgano no son ajenos a los intereses políticos. Un documento comisionado (y no divulgado) en 2006 por la Junta a dos ex directivos de Electrobrás fue empleado para ajustar la metodología del mecanismo: 1) estableciendo que las represas con densidades de energía por encima de 10 W/m<sup>2</sup> fueran eximidas de reportar emisiones, al considerarse irrisorias; 2) ampliando el rango de 5-10 W/m<sup>2</sup> a 4-10 W/m<sup>2</sup> para las represas que pueden aspirar al mecanismo reportando emisiones; y 3) disminuyendo las emisiones estimadas de las represas ubicadas en dicho rango de 100 a 90 g CO<sub>2</sub>e/kWh, emisiones que comprenden difusión superficial y ebullición.

No ha sido la primera vez que Brasil se ha hecho sentir en las decisiones del mecanismo, pues jugó un rol prominente en la COP-16 de Cancún en 2010 a favor de mantener el valor más bajo del GWP para el metano, frente al valor ajustado por el IPCC en ese momento (Fearnside, 2015a). No es fortuito que el gigante suramericano avance actualmente en una agresiva expansión de la hidroenergía en la Amazonia, ocupando el tercer puesto a nivel mundial en desarrollo hidroeléctrico detrás de China y USA (IHA 2018; Almeida *et al.*, 2019), y el cuarto puesto como país emisor de CERs (luego de China, India y Corea del Sur), concentrando el 35% de los proyectos MDL en América Latina (UNEP DTU, 2020). Al respecto, Qui (2018) señala que unas pocas potencias de la hidroenergía acaparan los beneficios del MDL, en lugar de los países más vulnerables al cambio climático como los Pequeños Estados Insulares en Desarrollo y los Países Menos Desarrollados.

De otro lado, la CMNUCC afirma que “el Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso suministrará 5.056 GWh-año al Sistema Interconectado Nacional, lo que permitirá el desplazamiento de la energía generada por las centrales térmicas y dará soporte a

20 De acuerdo con Ocko y Hamburg (2019), se deberían evitar los proyectos con valores superiores a 2 km<sup>2</sup>/GWh (6% de las centrales del estudio), pues tendrían un mayor impacto climático que las plantas de energía a combustible fósil en todas las escalas temporales, y temperaturas mayores a 40°C (mayor impacto que las plantas a carbón en 50 años y que las plantas a gas en 100 años). En ese sentido, serían deseables proyectos con valores inferiores a 1 km<sup>2</sup>/GWh y 35°C (impacto climático menor al 50% generado por los combustibles fósiles, y al 10% en el largo plazo).

la expansión del Sistema Eléctrico Colombiano” (2019a, p. 6, trad. propia, negrilla añadida). Desafortunadamente, dicha declaración está lejos de suceder. Isagen también posee la termoeléctrica a gas Termocentro (Cimitarra, Santander), por lo que debe pagar el **impuesto al carbono** (Decreto 926 de 2017) –un logro de la legislación climática colombiana celebrado por el CMNUCC– con un valor de COP\$ 17.211 para el año 2020 por tonelada de CO<sub>2</sub> emitida. Sin embargo, Isagen, por medio de los CERs, puede optar por la no causación total o parcial de dicho impuesto. Es decir, las reducciones de emisiones certificadas (CERs) de Hidrosogamoso podrían usarse para que Termocentro (u otra empresa con altas emisiones en el país) no pague el impuesto de carbono. De acuerdo con el Informe Anual del MDL, en Colombia se dejaron de causar USD\$ 0,9 millones correspondientes al impuesto al carbono por cuenta de los CERs en 2019 (CMNUCC, 2019c, p. 11). Así mismo, Brookfield Asset Management, el fondo de inversiones canadiense dueño de Isagen y de un portafolio de inversiones de USD\$ 500 000 millones en 30 países, podría negociar los CERs generados por Hidrosogamoso en los mercados internacionales de carbono.

Solo bajo esa misma lógica mercantilista se entiende que sistemas de transporte altamente contaminantes como Transmilenio (Fase II-IV) de Bogotá, al igual que otros sistemas de buses articulados a diésel en varias regiones del país, constituya un proyecto MDL desde el año 2005<sup>21</sup>. Proyectos agroindustriales de palma africana y de caña de azúcar, por concepto de “evitación de metano” o “biocombustible” figuran en el listado de los 130 proyectos MDL aprobados en el país (con corte a AGO-2019), de los cuales 40 corresponden a proyectos hidroeléctricos (IGES, 2019).

Finalmente, en el marco de la caída de las exportaciones de carbón a Europa debido a políticas climáticas cada vez más exigentes, el gobierno colombiano ha optado por impulsar la generación

termoeléctrica en los últimos años. En el país, la capacidad efectiva de generación por carbón pasó de 1348,4 MW en 2015 a 1727 MW en 2018 (UPME, 2018, p. 79) y varios proyectos de este tipo esperan entrar en operación en 2023, como la mega central térmica La Luna de Sloane Energy Group (El Paso y Becerril, Cesar) con 1125 MW (poco menos de la mitad de la capacidad proyectada en Hidroituango), y Termobijao de Sator S.A.S. (Puerto Libertador, Córdoba), con 300 MW. Lo anterior sin desmedro del negocio hidroenergético, pues según datos de la UPME, 125 proyectos hidroeléctricos que añadirían 5600 MW a la capacidad instalada se encontraban en etapa de prefactibilidad en 2018 (IHA, 2018, p. 61).

## Reflexiones finales

En el texto aprobado de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de 2019 (COP25) en Madrid (España) se “recuerda a la Comisión su obligación legal de estudiar lo antes posible opciones de actuación para reducir rápidamente las emisiones de metano como parte de un plan estratégico de la Unión para el metano” (Parlamento Europeo, 2019). Este compromiso, que incluye el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), fue acordado en 1997 con el Protocolo de Kioto (COP3).

Pese a la creciente evidencia que señala que las emisiones de GEI generadas por represas han sido subestimadas y son significativas en el contexto del cambio climático, éstas continúan siendo ignoradas en las políticas y normas que rigen este tipo de proyectos o actividad (Fearnside, 2013a; Fearnside, 2016; Deemer *et al.*, 2016; Ocko y Hamburg, 2019). Entre tanto, la hidroenergía continúa siendo considerada por la CMNUCC como una “energía limpia”, una tecnología “baja en carbono” que es promovida por los organismos multilaterales como el Banco Mundial y la ONU como una solución ante la crisis climática, así como un mercado energético promisorio y en expansión, en particular, en el sur global.

Como ha sido el caso con Hidrosogamoso que fue aceptado como MDL luego de 5 años de haber entrado en operación, se estima que el 85% de los proyectos de MDL habrían funcionado sin los ingresos del MDL, es decir, sin cumplir con el

21 La justificación en el caso de Transmilenio es el desplazamiento de las emisiones del anterior sistema de buses estimadas en 246 000 tCO<sub>2</sub>/año. En el caso de Hidrosogamoso se estimaron reducciones de emisiones de 1 386 355 tCO<sub>2</sub>/año (con lo cual puede emitir el mismo número de CERs por año) contabilizadas a partir de mediados de 2016 hasta 2036 (fin del tercer periodo de acreditación) (IGES, 2019).

requisito de *adicionalidad* exigido por el mecanismo (Öko-Institut, 2016). Tristemente, la lógica de *los negocios como de costumbre* sigue imponiéndose sobre el interés climático común, sobre las personas más vulnerables y sobre los ecosistemas que sustentan la vida.

## Referencias

- Almeida, R., Shi, Q., Gomes-Selman, J., Wu, X., Xue, Y., Angarita, H., Barros, N., Forsberg, B., García-Villacorta, R., Hamilton, S., Melack, J., Montoya, M., Guillaume Perez, G., Sethi, S., Gomes, C., Flecker, A., 2019. Reducing greenhouse gas emissions of Amazon hydropower with strategic dam planning. *Nat. Commun.* 10, 4281. DOI: 10.1038/s41467-019-12179-5
- Ardila, N., 2013. Como el agua entre los dedos. Estudio de los impactos de un proyecto hidroeléctrico, y de las frágiles y débiles acciones colectivas en la defensa de un río: Caso Hidrosogamoso. Facultad de Ciencia Política y Gobierno, Universidad Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario, Bogotá DC.
- Baird, I., Green, W., 2020. The Clean Development Mechanism and large dam development: contradictions associated with climate financing in Cambodia. *Clim. Change* 161, 365-383. DOI: 10.1007/s10584-019-02621-4
- Banco Mundial, 2017. Greenhouse gases from reservoirs caused by biogeochemical processes. Washington, DC.
- Betancourt, C., Labaut, Y., 2013. La calidad físicoquímica del agua en embalses, principales variables a considerar. *Agroecosistemas* 1(1), 78-103.
- Carbon Market Watch (CMW), 2019. Carbon markets 101. The ultimate guide to global offsetting mechanisms. Comisión Europea, Bruselas.
- Centro Nacional de Memoria Histórica (CNMH), 2014. Lucho Arango, el defensor de la pesca artesanal. Bogotá, DC.
- Comisión Mundial de Represas (CMR), 2000. Represas y Desarrollo. Un nuevo marco para la toma de decisiones. Traducción José María Blanch. Earthscan, Londres.
- Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), 2007. The Kyoto protocol mechanisms. Bonn, Alemania.
- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), 2019a. Sogamoso hydroelectric project - Project design document 12-AGO-2019. Aprobado el 20-DIC-2019). Disponible en: <https://cdm.unfccc.int/Projects/DB/RINA1450801385.61/view>; consultado: marzo de 2019.
- Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), 2019b. Carbon market update. CDM EB 103. Disponible en: <https://cdm.unfccc.int/stakeholder/index.html>; consultado: marzo de 2019.
- Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), 2019c. Informe anual de la Junta Ejecutiva del MDL (2019) a la Conferencia de las Partes. Disponible en: [https://cdm.unfccc.int/Reference/EB\\_CMP\\_rep/index.html](https://cdm.unfccc.int/Reference/EB_CMP_rep/index.html); consultado: marzo de 2019.
- Defensoría del Pueblo, 2017. Impactos socioambientales y posible afectación de derechos derivada de la generación hidroeléctrica en Colombia. Delegada para los Derechos Colectivos y del Ambiente. Bogotá, DC.
- Eberle, C., Münstermann, N., Siebeneck, J., 2019. Carbon colonialism. A postcolonial assessment of carbon offsetting. *Postcolonial Perspectives* del 28 November 2019. Universität Bonn, Bonn, Alemania.
- Estrada, Z., 2016. Transformación de los medios de vida de los pescadores artesanales, por la puesta en marcha de la Central Hidroeléctrica Sogamoso. El caso de los pescadores ubicados aguas abajo del río Sogamoso en el departamento de Santander. Tesis de maestría. Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, DC.
- Fearnside, P., 2013a. Tropical dams emit greenhouse gases. *Harvard review of Latin America*. David Rockefeller Center for Latin American Studies, Harvard University, Cambridge, MA.
- Fearnside, P., 2013b. Carbon credit for hydroelectric dams as a source of greenhouse-gas emissions: The example of Brazil's Teles Pires Dam. *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Change* 18, 691-699. DOI: 10.1007/s11027-012-9382-6
- Fearnside, P., 2015a. Emissions from tropical hydropower and the IPCC. *Environ. Sci. Policy* 50, 225-239. DOI: 10.1016/j.envsci.2015.03.002
- Fearnside, P., 2015b. Tropical hydropower in the clean development mechanism: Brazil's Santo Antônio Dam as an example of the need for change. *Clim. Change* 131, 575-589. DOI: 10.1007/s10584-015-1393-3
- Fearnside, P., 2016. Greenhouse gas emissions from Brazil's Amazonian hydroelectric dams. *Environ. Res. Lett.* 11, 011002. DOI: 10.1088/1748-9326/11/1/011002
- Fearnside, P., 2019. Financiers to discuss hydropower as climate-change mitigation, but dams are not 'clean energy'. *Portal web Mongabay*, disponible en: <https://news.mongabay.com/2019/02/financiers-to-discuss-hydropower-as-climate-change-mitigation-but-dams-are-not-clean-energy-commentary/>; consultado: marzo de 2020.
- Fujikura, R., Nakayama, M., 2009. Lessons learned from the World Commission on Dams. *Int. Environ. Agreements* 9, 173-190. DOI: 10.1007/s10784-009-9093-y

- Ingetec, 2008. Estudio de Impacto Ambiental – EIA., 2008: Actualización del estudio de impacto ambiental - Proyecto Hidroeléctrico de Sogamoso. Contrato No. 46/2636. Documento No. E2-6.1-006. Panamá.
- IDEAM; PNUD; MADS; DNP; CANCELLERÍA, 2018. Segundo Informe Bienal de Actualización de Colombia a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC). Bogotá, DC.
- Ingetec, 2008. Estudio de Impacto Ambiental – EIA., 2008: Actualización del estudio de impacto ambiental - Proyecto Hidroeléctrico de Sogamoso. Contrato No. 46/2636. Documento No. E2-6.1-006. Panamá.
- Institute for Global Environmental Strategies (IGES), 2019. Clean Development Mechanism (CDM) project database, v 12.3. Database, disponible en: <https://pub.iges.or.jp/pub/iges-cdm-project-database>; consultado: Febrero de 2020.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 1995. Climate change - 1995. The science of climate change. Contribution of WGI to the second assessment report. Cambridge, UK.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2012. Special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2013. Anthropogenic and natural radiative forcing, in Climate Change 2013. En: The physical science basis (AR5). Cambridge, UK.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2014. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. En: Pachauri, R., Meyer, L., (Eds.), Cambio Climático 2014: Informe de síntesis. Ginebra, Suiza.
- International Hydropower Association (IHA), 2018. Hydropower status report. Sector trends and insights. Londres, UK.
- ISAGEN; Fundación Humedales, 2015. Embalse Topocoro. Formulación del Plan de Ordenamiento de la Central Hidroeléctrica Sogamoso. Informe Final Contrato 41/356. Bogotá, DC.
- ISAGEN, 2019. Atención al Auto 2141 de 2019, artículo tercero, Numeral 7. Medidas a adoptar para garantizar concentraciones de oxígeno disuelto superiores a 4 mg/l en todo el río Sogamoso. Bogotá, DC.
- Li, S., Zhang, Q., 2014. Carbon emission from global hydroelectric reservoirs revisited. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 21, 13636-13641. DOI: 10.1007/s11356-014-3165-4
- Li, S., Zhang Q., Bush R., Sullivan L., 2015. Methane and CO<sub>2</sub> emissions from China's hydroelectric reservoirs: a new quantitative synthesis. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 22, 5325-5339. DOI: 10.1007/s11356-015-4083-9
- McCully, P., 2008. La gran estafa de las compensaciones de carbono. Por qué no funcionan las compensaciones de carbono. International Rivers, Berkeley, CA.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), 2013. Carta de aprobación nacional de 02-OCT-2013. Expediente MDL No. 182. Bogotá, DC.
- Movimiento Social en Defensa del Río Sogamoso (MSDRS), 2010. Argumentos de las comunidades ante la solicitud de MDL por parte de ISAGEN para el proyecto hidroeléctrico Hidrosogamoso, departamento de Santander, Colombia. 16 de julio de 2010. Disponible en: <https://internationalrivers.org/es/resources/movimiento-social-comments-to-rina-regarding-the-sogamoso-hydropower-project-colombia-3092> Ver también: Solicitud para que no se otorgue la carta de certificación nacional como Mecanismo de Desarrollo Limpio a Hidrosogamoso. Movimiento Social en Defensa del Río Sogamoso. En: <https://justiciaambientalcolombia.org/solicitud-para-que-no-se-otorgue-la-carta-de-certificacion-nacional-como-mecanismo-de-desarrollo-limpio-a-hidrosogamoso/>; consultado: febrero de 2019.
- Oeko, I., Hamburg, S., 2019. Climate impacts of hydropower: Enormous differences among facilities and over time. *Environ. Sci. Technol.* 53, 14070-14082 DOI: 10.1021/acs.est.9b05083
- Öko-Institut, 2016. How additional is the Clean Development Mechanism? Analysis of the application of current tools and proposed alternatives. Berlin.
- Palau, A., Alonso, M., Corregidor, D., 2010. Análisis del ciclo de carbono en embalses y su posible efecto en el cambio climático. Aplicación al embalse de Susqueda (río Ter, NE España). *Ing. Agua* 17, 247-255. DOI: 10.4995/ia.2010.2978
- Parlamento Europeo, 2004. Directiva 2004/101/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de octubre de 2004, por la que se modifica la Directiva 2003/87/CE, por la que se establece un régimen para el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero en la Comunidad con respecto a los mecanismos de proyectos del Protocolo de Kioto. Estrasburgo, Francia.
- Parlamento Europeo, 2019. Documento de sesión B9-0174/2019. Propuesta de Resolución tras las preguntas con solicitud de respuesta oral B9-0055/2019 y B9-0056/2019 presentada de conformidad con el artículo 136, apartado 5, del Reglamento interno sobre la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de 2019 (COP25) en Madrid (España) (2019/2712(RSP)). Disponible en: [http://www.europarl.europa.eu/doceo/document/B-9-2019-0174\\_ES.html](http://www.europarl.europa.eu/doceo/document/B-9-2019-0174_ES.html); consultado: febrero de 2019.
- Qui, K., 2018. The future of the Clean Development Mechanism under a new regime of higher climate ambition. Environmental Defense Fund 2018. Nueva York, NY.

- Ribera, M., 2018. Las mega represas no son energía limpia. *Ecología en Bolivia* 53, 1-6.
- Ríos Vivos, 2011. ¡Nace el Movimiento Colombiano Ríos Vivos!. Disponible en: <https://defensaterritorios.wordpress.com/2011/05/04/%C2%A1nace-el-movimiento-colombiano-rios-vivos/>; consultado: marzo de 2020.
- Ríos Vivos, 2014. Nuevas amenazas contra miembros del Movimiento Social en Defensa del Río Sogamoso. Disponible en: <https://defensaterritorios.wordpress.com/2014/10/25/1564/>; consultado: marzo de 2020.
- Roa, T., Duarte, B., 2012. Aguas represadas. El caso del proyecto Hidrosogamoso en Colombia. *Censat Agua Viva; Amigos de la Tierra Colombia*, Bogotá, DC.
- Scherer, L., Pfister, S., 2016. Hydropower's biogenic carbon footprint. *PLoS One* 2016, 11, e0161947. DOI: 10.1371/journal.pone.0161947
- Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC), 2020. Oferta del agua. Disponible en <http://www.siac.gov.co/ofertaagua>; consultado: febrero de 2020.
- Steinhurst, W., Knight, P., Schultz, M., 2012. Hydro-power greenhouse gas emissions: State of the research. *Synapse Energy Economics*, Cambridge, MA.
- UNEP DTU, 2020. Centre on energy, climate and sustainable development. CDM projects by typen. *Database*, disponible en: <http://cdmpipeline.org/cdm-projects-type.htm>; consultado: febrero de 2020.
- Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), 2014. Plan de Expansión de Referencia Generación – Transmisión 2014 – 2028. Bogotá, DC.
- Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), 2018. Boletín estadístico de minas y energía 2018. Bogotá, DC.
- United States Environmental Protection Agency (USEPA), 2020. Understanding global warming potentials. Disponible en: <https://www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warming-potentials>; consultado: abril de 2020.
- Universidad Santo Tomás (USTA), 2015. Informe sobre mediciones realizadas en el embalse y el río Sogamoso (aguas abajo de la represa de Hidrosogamoso). Maestría en Ciencias y Tecnologías Ambientales, Universidad Santo Tomás, Tunja, Colombia.
- Zahar, A., 2016. Climate change finance and international law. Serie Routledge Advances in Climate Change Research. Routledge, Londres. DOI: 10.4324/9781315886008