
La hidroelectricidad y la mitigación del cambio climático

Daniel Perczyk

HIDROCIER 2012

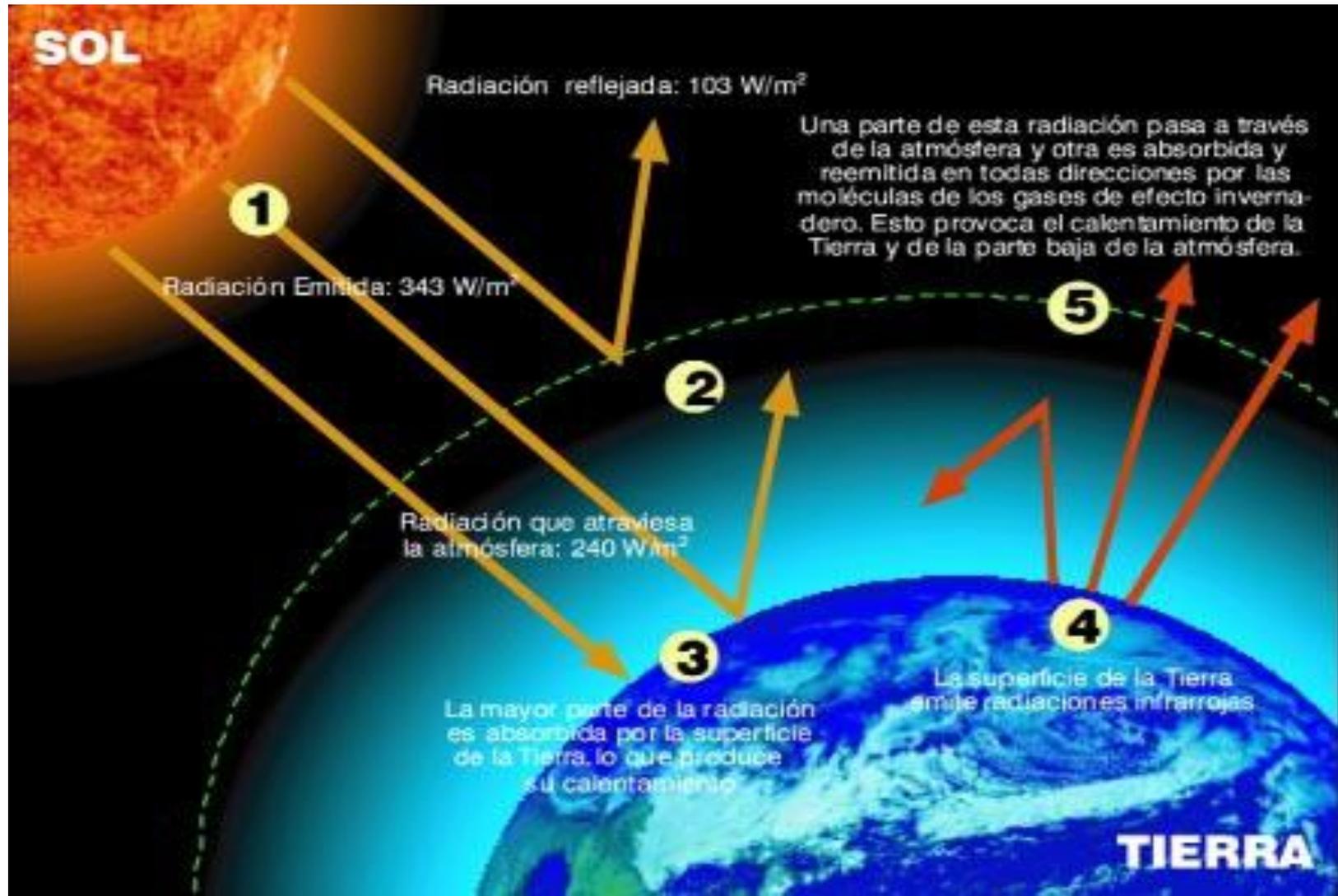
Medellín, 17 de septiembre de 2012

Índice de la presentación

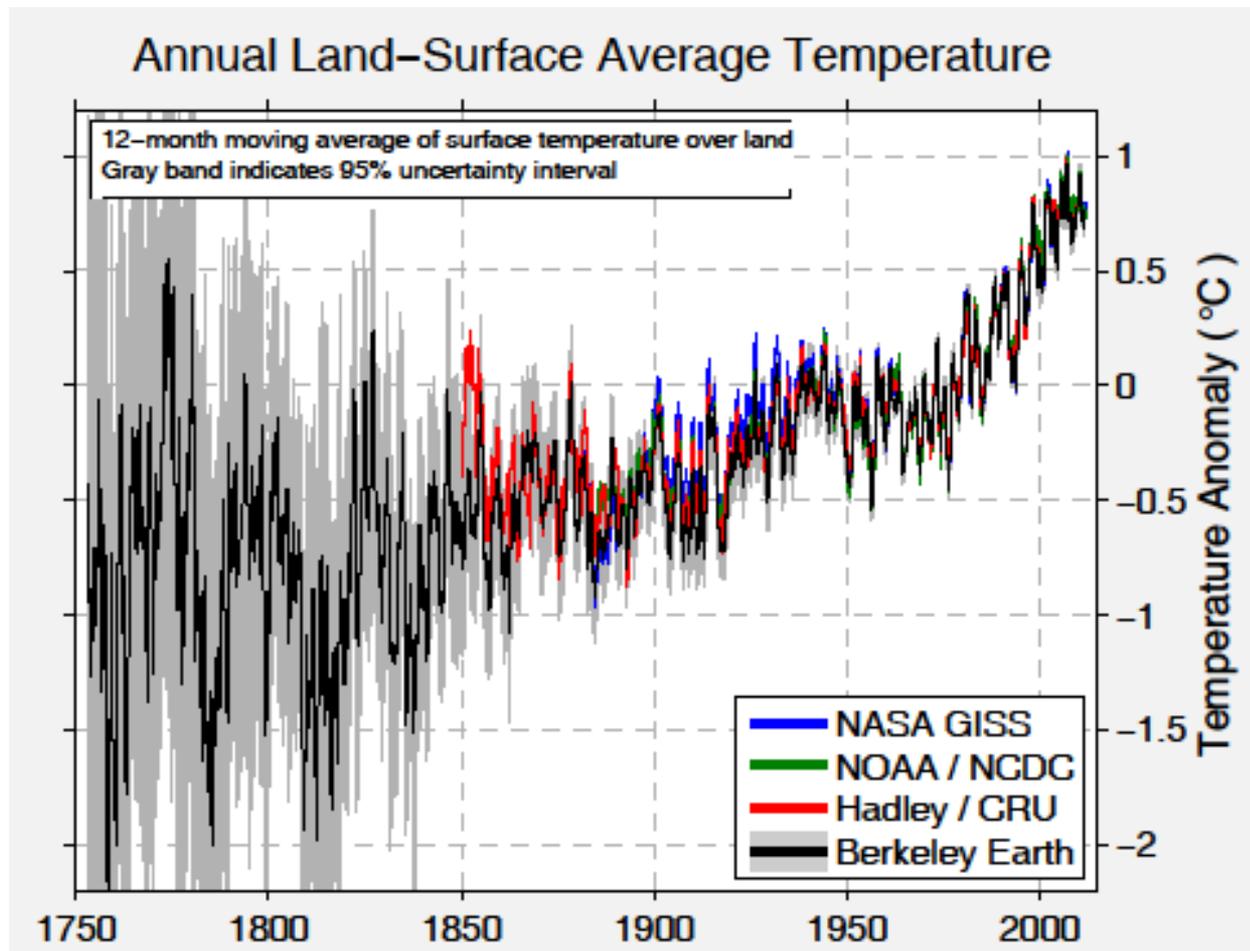
- El fenómeno de cambio climático
 - El efecto invernadero
 - Los gases de efecto invernadero. Actividades humanas que los producen.
 - Impactos del Cambio Climático.
 - El marco internacional para atender el problema
 - Convención de Naciones Unidas sobre Cambio Climático y Protocolo de Kyoto.
 - El Mecanismo para un Desarrollo Limpio y las Acciones nacionales apropiadas de mitigación (NAMAs).
 - Cálculo del aporte de la hidroelectricidad a la mitigación del cambio climático.
 - El problema de calcular las emisiones evitadas de quema de combustible fósil por aporte de energía renovable. El factor de emisiones de la red.
 - El aporte de la hidroelectricidad. Proyecciones. Estudios del IPCC y de otros organismos internacionales.
 - Estimación de las emisiones de metano por la construcción de embalses. Las Guías para mediciones de UNESCO- International Hydropower Association.
-

-
- El cambio climático

El efecto invernadero

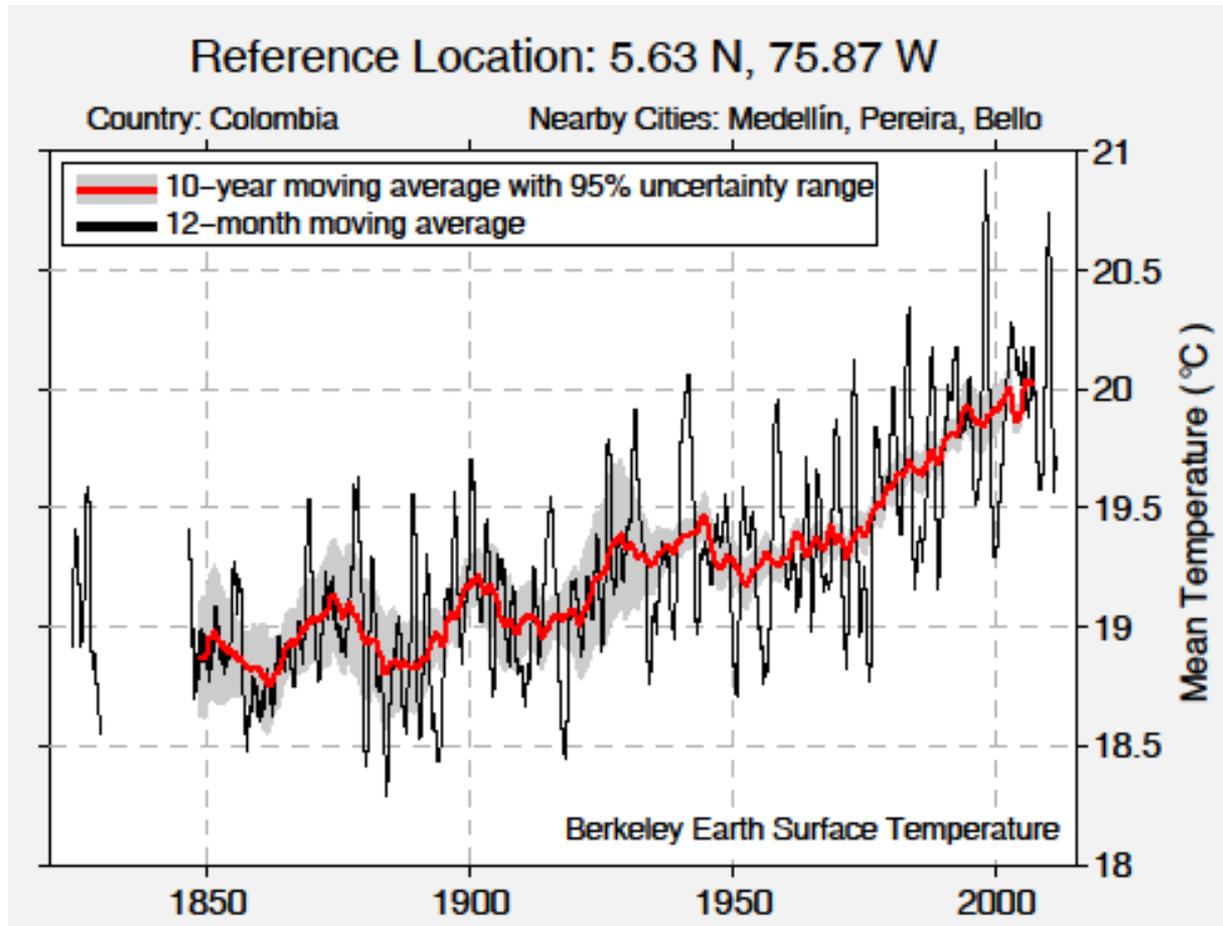


Evolución de la temperatura desde 1750



Fuente: Berkeley Earth Surface Temperature

Evolución de la temperatura: Medellín



Fuente: Berkeley Earth Surface Temperature

El cambio climático

La composición de la atmósfera y el clima de la Tierra han cambiado, en buena medida debido a las actividades humanas, y se proyecta que continúen cambiando, global y regionalmente, afectando adversamente a sectores socioeconómicos y a eco-sistemas:

- Temperaturas más cálidas (en la tierra mayores que en los océanos)
- Cambios en los regímenes de precipitaciones
- Elevación del nivel del mar
- Retroceso de glaciares
- Más frecuentes y más intensos eventos climáticos extremos como tormentas, inundaciones, sequías y olas de calor

Características especiales del fenómeno

- Escala: Global
 - Complejidad
 - Incerteza
 - Transversalidad
 - Horizontes temporales extendidos
 - Reclamo de Equidad:
 - Entre generaciones
 - Entre países y regiones
 - Dentro de la sociedad
-

Gases de efecto invernadero (I)

Gas	Concentración preindustrial	Concentración en 2005	Tasa de crecimiento de la concentración (1998-2005)
CO ₂	280 ppm	379 ppm	1,8 ppm/año
CH ₄	700 ppb	1774 ppb	1,5 ppb/año
N ₂ O	270 ppb	319 ppb	0,8 ppb/año

Fuente: Elaboración propia sobre datos de IPCC

Gases de efecto invernadero (II)

Gas	Actividad humana que lo genera	PCG
Dióxido de carbono (CO ₂)	Quema de combustibles fósiles, producción de cemento, cambio de uso de la tierra	1
Metano (CH ₄)	Combustibles fósiles, cultivo de arroz, manejo de residuos, ganadería	21
Oxido nitroso (N ₂ O)	Agricultura, fertilizantes (ácido nítrico), procesos industriales (ácido adípico)	310
HFCs	Refrigerantes, procesos industriales	120 a 12000
PFCs (CF ₄ y C ₂ F ₆)	Aluminio, electrónica	6000 y 12000
Hexafluoruro de azufre (SF ₆)	Fluido dieléctrico, producción de Magnesio, electrónica	23000

Fuente: Elaboración propia sobre datos de IPCC

Emisiones de CO₂

Las emisiones de CO₂ pueden ser vistas como el producto de cuatro factores:

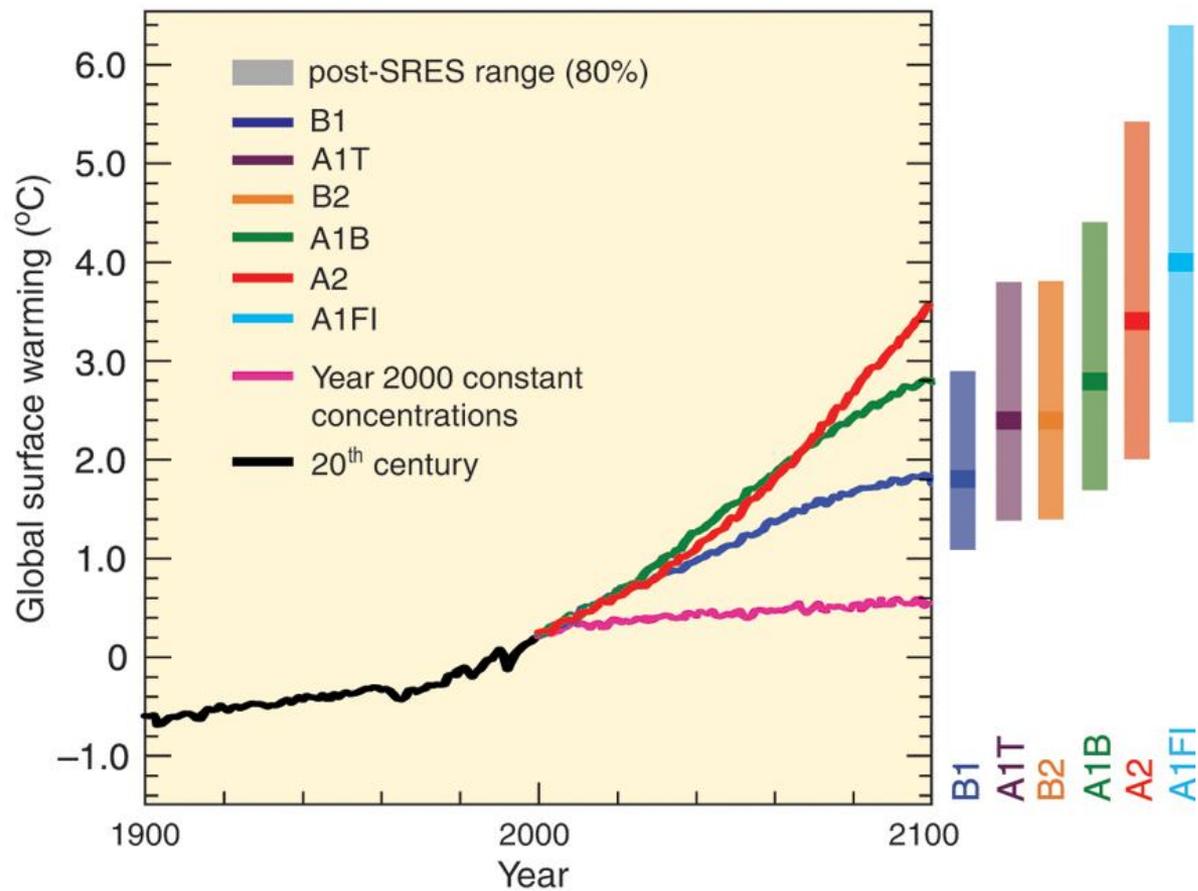
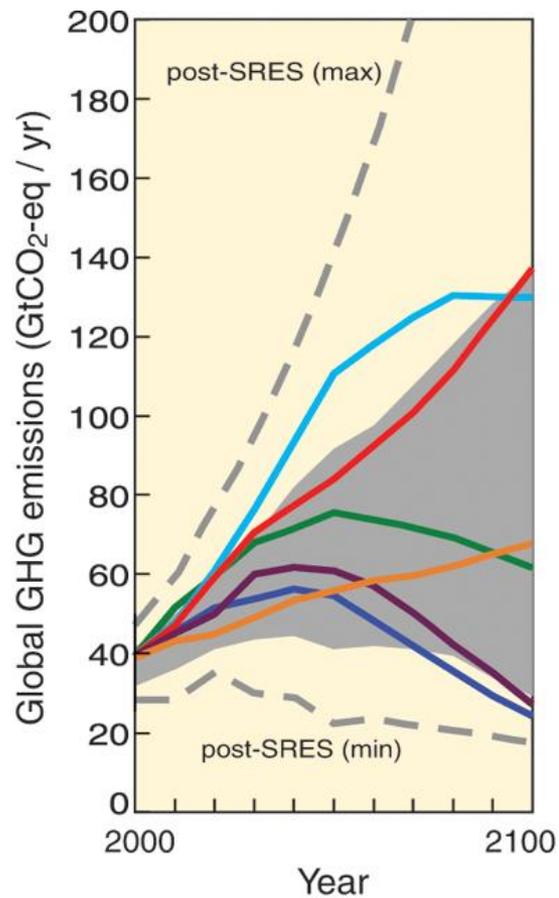
- la población (PPP);
- la renta per cápita (PBI / PPP);
- la intensidad de energía (E / PBI); y
- la intensidad de carbono por unidad de energía (CO₂/E).

Las tendencias de estos cuatro factores desde 1970 hasta 2004 fueron las siguientes:

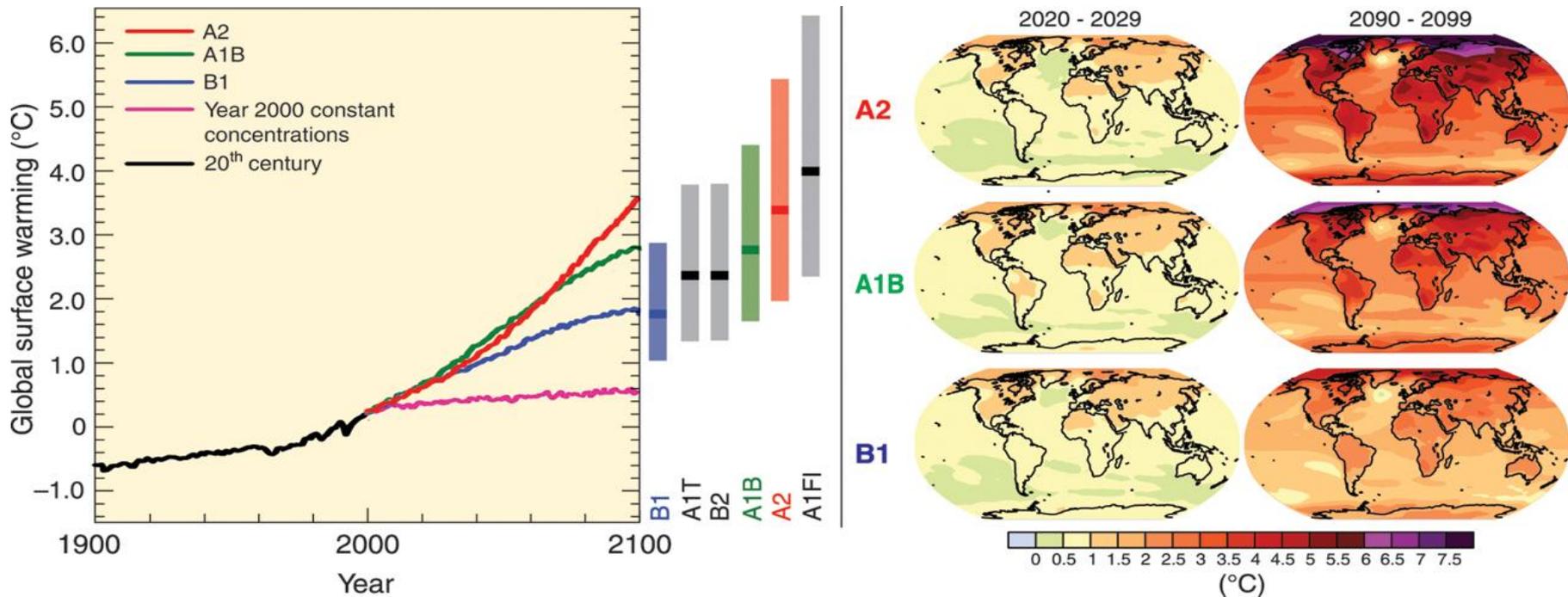
- población, +69%;
- renta per cápita, +77%;
- intensidad energética, -33%; e
- intensidad de carbono, -15%.

Resultado: 70% de crecimiento de las emisiones de CO₂.

Previsiones



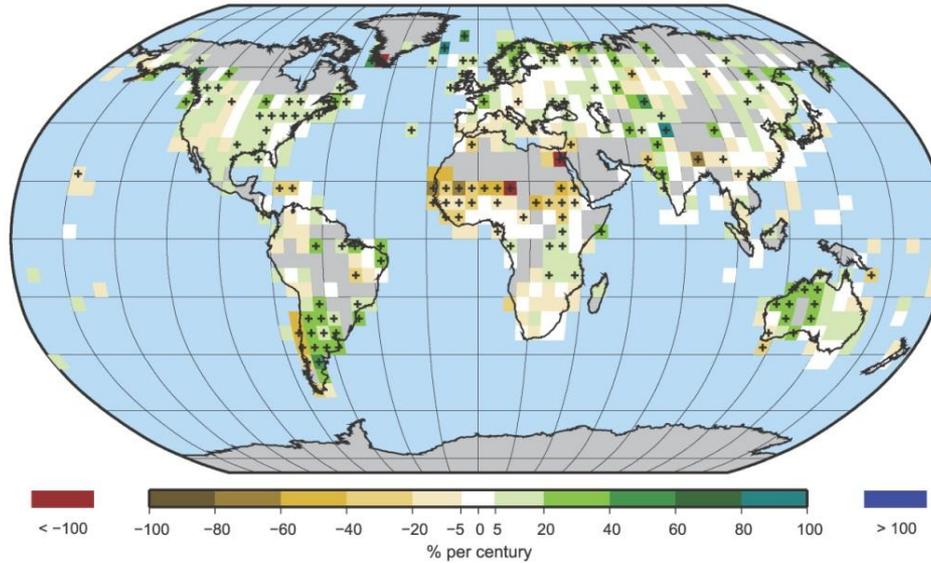
Temperatura



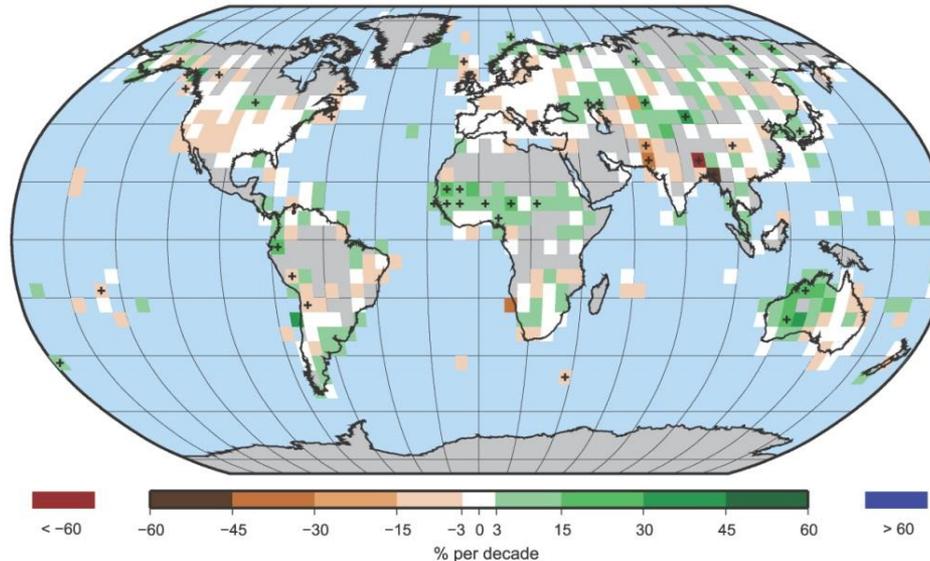
Fuente: IPCC 4º Informe de Evaluación del Cambio Climático

Precipitaciones

Trend in Annual Precipitation, 1901 to 2005



Trend in Annual Precipitation, 1979 to 2005



Impactos del cambio climático



• Temperatura



• Precipitaciones



• Aumento del nivel de los océanos



Salud Humana



Seguridad alimentaria y agricultura



Bosques



Recursos hídricos

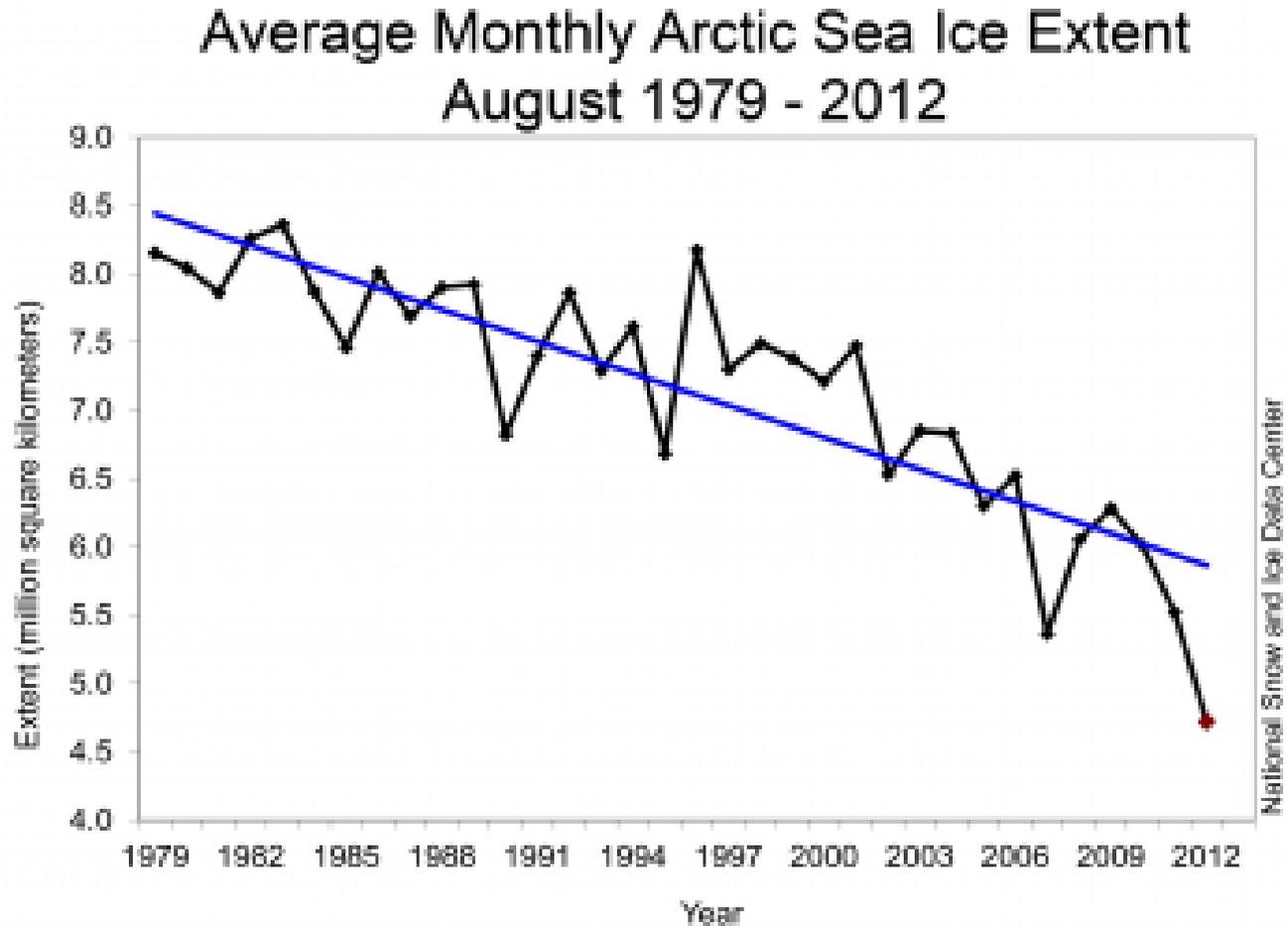


Zonas costeras



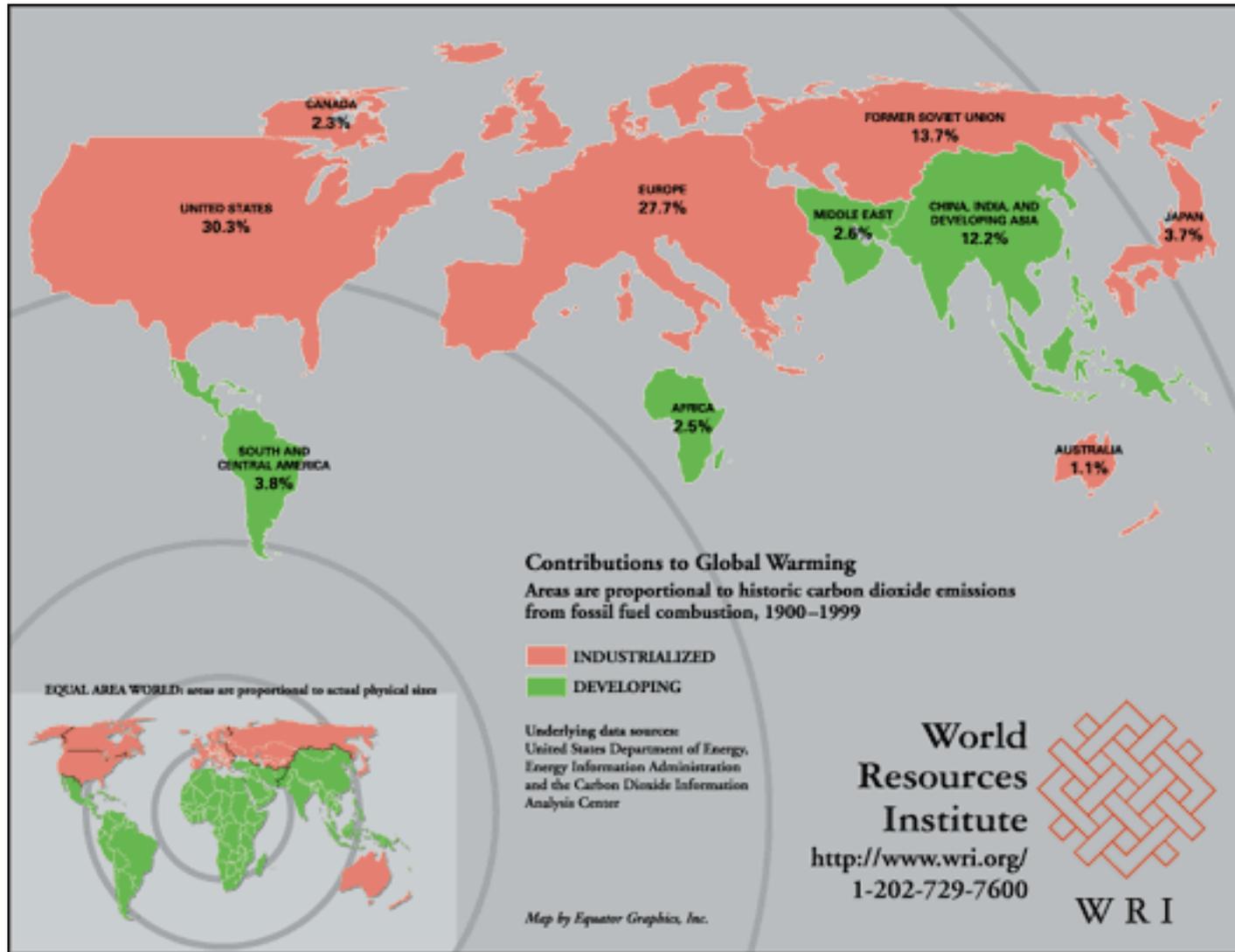
Biodiversidad

Océano Ártico



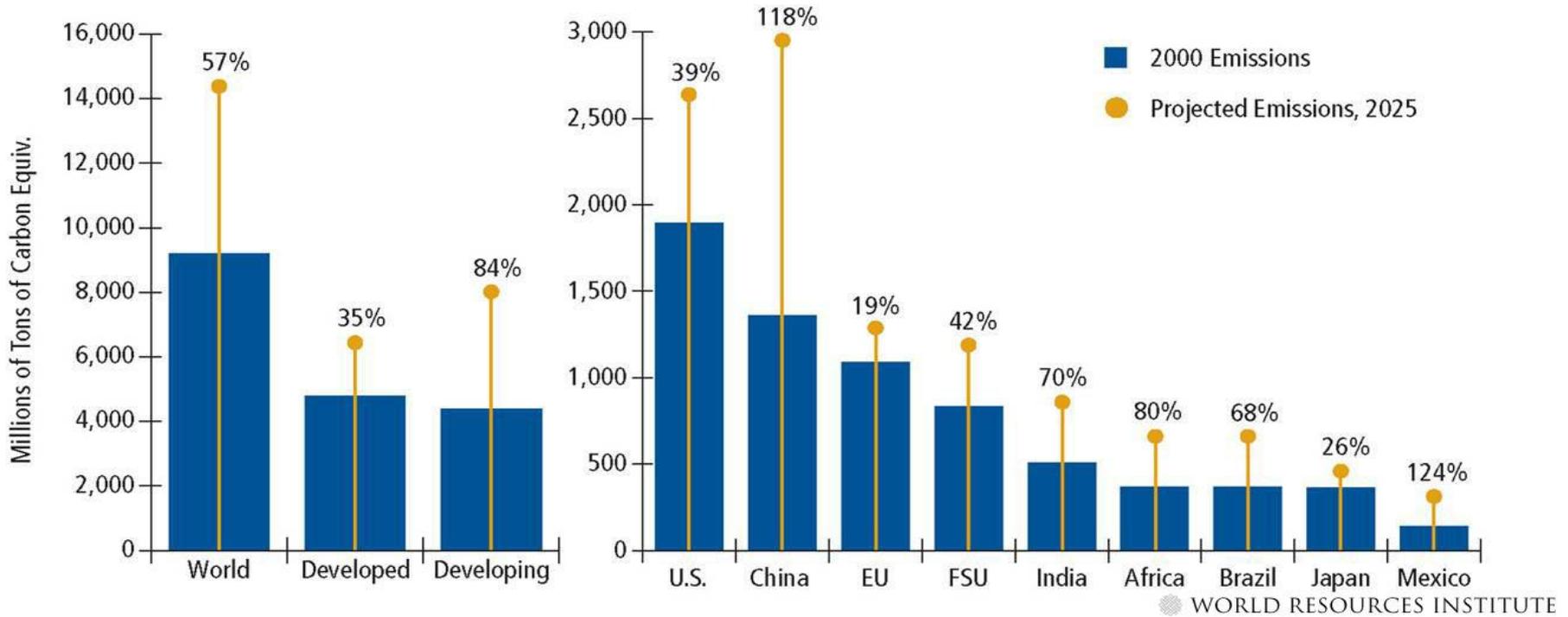
La respuesta internacional

¿Quién emite? (I)



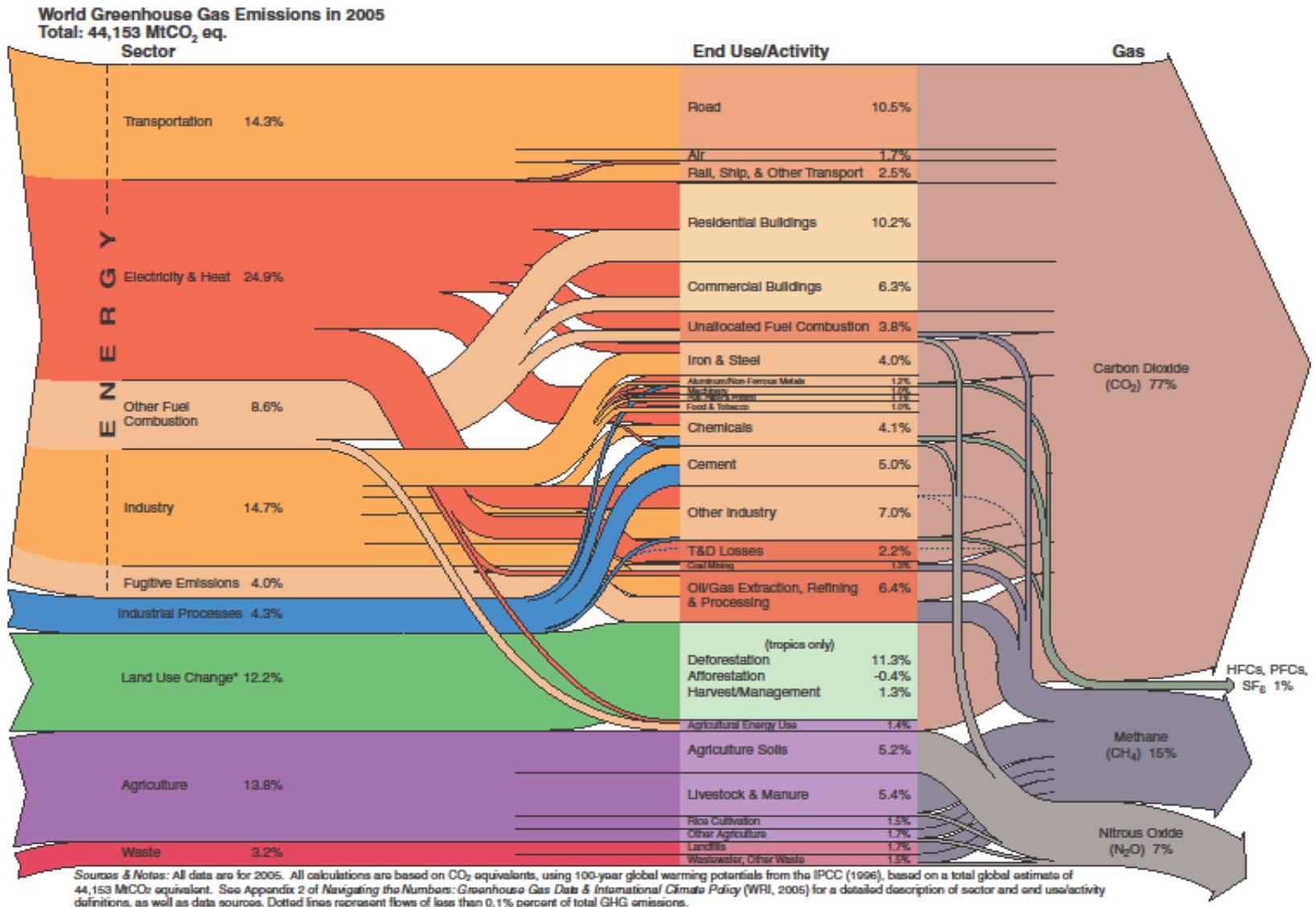
Quién emite? (II)

Projected Emissions of GHGs in 2025



Fuente: World Resource Institute

¿Quién emite? (III)



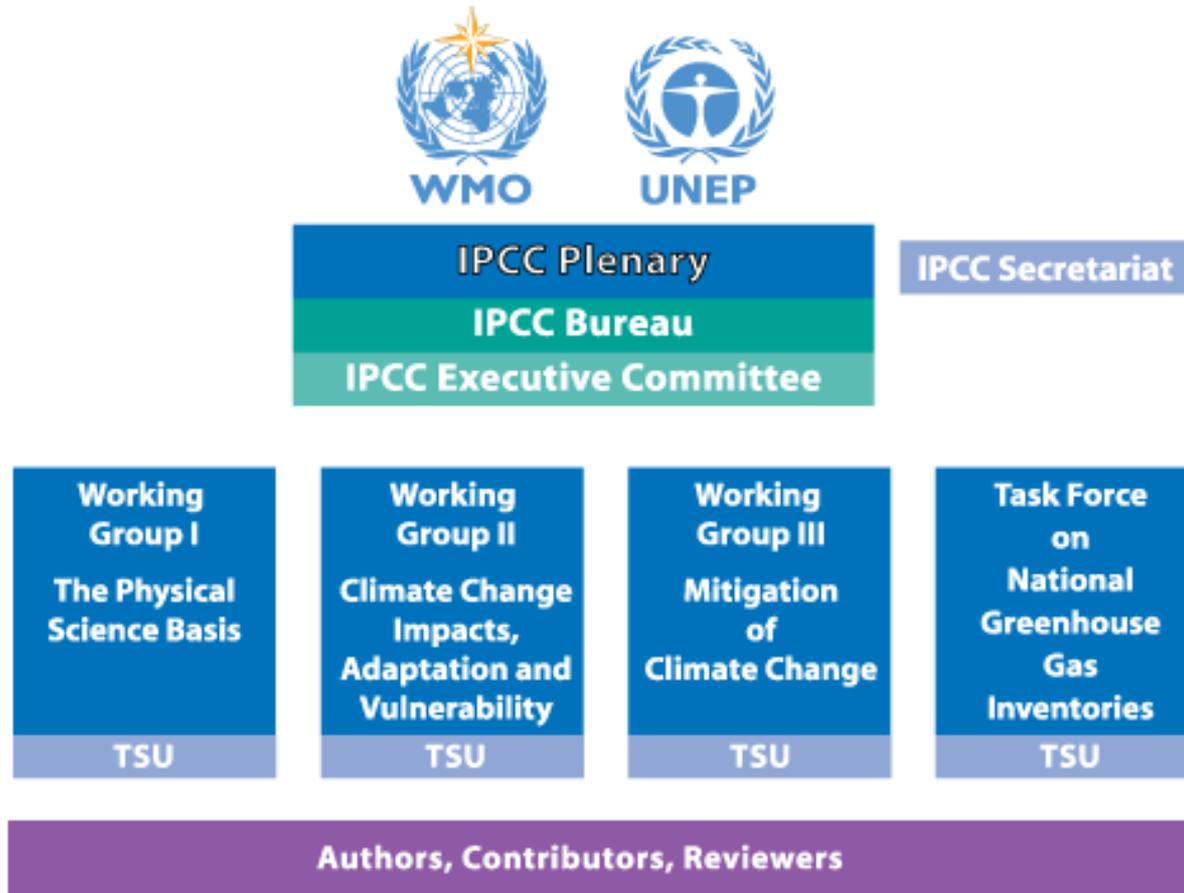
La respuesta internacional

- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
 - Protocolo de Kyoto
-

La Convención

- Aspectos principales
 - ❑ Reconocimiento del problema
 - ❑ Atribución de responsabilidades
 - ❑ Definición de principios
 - ❑ Establecimiento de compromisos
-

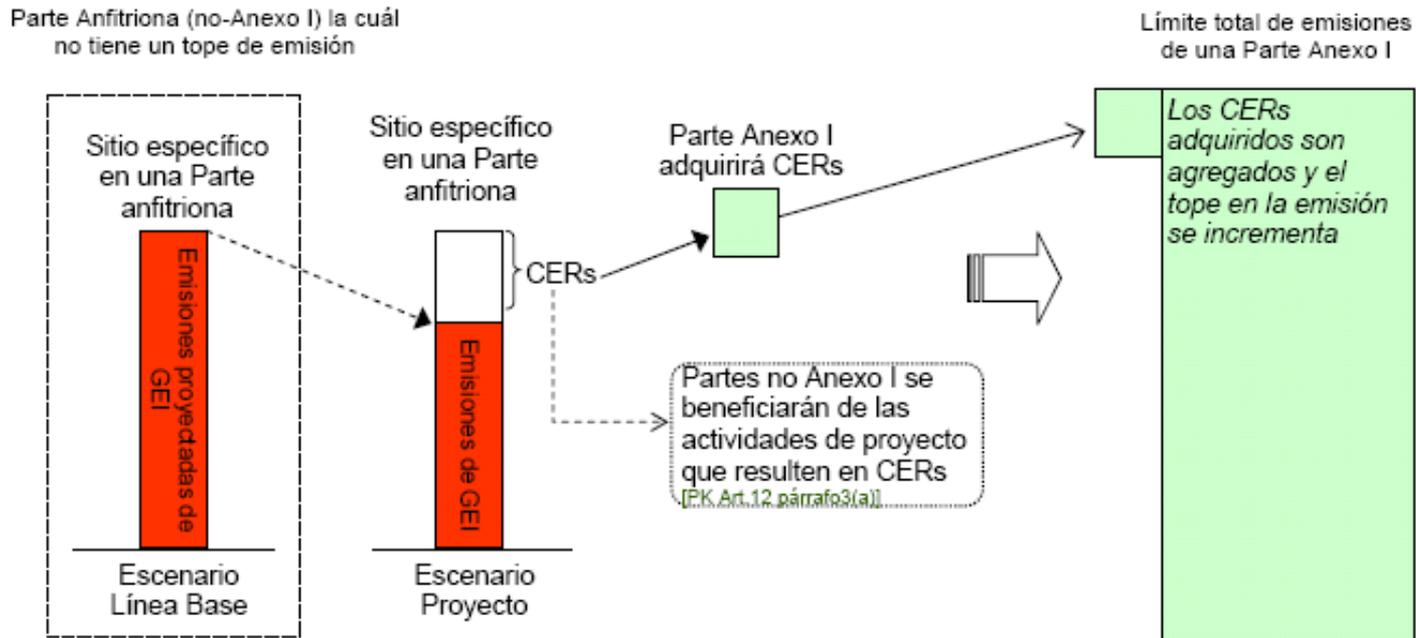
IPCC



Marco para la mitigación:
El Mecanismo para un
Desarrollo Limpio
Acciones nacionales apropiadas
de mitigación (NAMAs)

El Mecanismo para un Desarrollo Limpio

Mecanismo en base a proyectos. Los países Anexo I pueden utilizarlo para cumplir con sus compromisos en el Protocolo de Kioto.



Acciones Nacionales Apropriadas de Mitigación

Plan de Acción de Bali (2007)

Namas (Nationally Appropriate Mitigation Actions):

- Acciones de reducción de emisiones de GEI, implementadas por países en desarrollo de manera voluntaria y en consistencia con objetivos de desarrollo sostenible.
 - Esfuerzos medibles, reportables y verificables ('MRV').
 - Esfuerzos apoyados por países desarrollados mediante provisión de financiamiento, tecnología y desarrollo de capacidades.
 - Fondo Verde Climático.
-

Tipos de NAMAs

La Convención no ha definido aún cómo se implementarán las NAMAs, pero un esquema posible sería:

- NAMA unilateral o autónoma
 - Acción implementada por un país con recursos propios.
 - NAMA con apoyo internacional
 - Acción de mitigación que requiere apoyo internacional (como financiamiento, tecnología o know-how) para su ejecución.
 - NAMA con créditos de carbono
 - Certificación de reducciones de emisiones y comercialización en mercados internacionales
-

El MDL en cifras

	Biomasa	Hidro	Eólico	Total	Hidro/T
Potencia (MW)	11.817	113.557	117.345	257.094	44%
Número de proyectos	910	2.304	2.569	8.971	26%
Inversión (10^6 u\$s)	12.881	141.905	167.888	507.025	28%
Reducciones al 2020 (MtCO ₂)	610	2.759	2.144	12.158	23%

Se incluye a todos los proyectos presentados. Algunos de ellos pueden estar aún en etapas de diseño o de construcción. Valores a Septiembre de 2012.

El MDL en América Latina y Caribe

Potencia incorporada por los proyectos MDL (MW)			
	Hidro	Eólico	Total
Argentina	186	665	1060
Bolivia	90		90
Brasil	12214	5703	19837
Chile	1792	1711	4209
Colombia	1760	20	1870
Costa Rica	197	197	397
Dominicana	80	280	542
Ecuador	3072	24	3203
El Salvador	67		202
Guatemala	534	69	644
Honduras	452	102	700
Jamaica		39	39
Mexico	1174	4464	5901
Nicaragua	15	189	325
Panamá	604	546	1160
Paraguay	200		200
Perú	2866	232	3197
Uruguay		923	1195
AL y C	25303	15162	44785

Se incluye a todos los proyectos presentados. Algunos de ellos pueden estar aún en etapas de diseño o de construcción. Valores a Septiembre de 2012.

Cálculo del aporte de la hidroelectricidad a la mitigación del cambio climático:

El problema de calcular las emisiones evitadas de quema de combustible fósil por aporte de energía renovable

El factor de emisiones de la red

La reducción de emisiones

El factor de emisiones de la red

- La incorporación de una planta de energía renovable tiene dos impactos en la red:
 - a) Sobre la operación de plantas existentes, desplazando a las plantas de costos más altos (y reduciendo el consumo de combustibles); y
 - b) Sobre la inversión en nuevas plantas, demorando la inversión de algunas
 - Para cuantificar este impacto se calcula el Factor de emisiones de la red por el método del Margen Combinado. Este factor mide (en tCO_2/MWh) las emisiones que se producirían en el escenario de línea de base por generar una unidad de energía eléctrica para la red.
-

El factor de emisiones de la red

- El Margen Combinado se calcula como el promedio del Margen de Operación y el Margen de Construcción
 - El *Margen de Operación* es el factor de emisiones que estima como la operación de centrales actualmente conectadas a la red sería afectada por una planta nueva de energía de fuente renovable.
 - El *Margen de Construcción* tiene por objeto reflejar las emisiones de eventuales futuras centrales (expansión del sistema eléctrico) cuya construcción y operación sería desplazada por una planta nueva de energía de fuente renovable.
-

Margen de Operación y Margen de Construcción

- Margen de Operación: promedio ponderado de los factores de emisión de CO₂ de todas las plantas de generación que no sean: renovables, de bajo costo variable o de despacho forzado. En forma simplificada, sería el promedio ponderado de los factores de emisión de las máquinas conectadas a la red que consumen combustible fósil.
 - Margen de Construcción: promedio ponderado de los factores de emisión de las últimas plantas conectadas a la red (por ejemplo el último 20% incorporado).
-

Valores del factor de emisiones de la red

Argentina		0,461
Bolivia		0,575
Brasil		0,295
Chile		0,524
Colombia		0,371
Ecuador		0,652
Perú		0,535
Uruguay		0,632
América Latina		0,472
China		0,920
India		0,880
Total		0,827

Valores en tCO₂/MWh

Emisiones típicas de generación térmica

- Ciclo combinado con gas natural:
400 gCO₂/kWh
 - Turbina de vapor con fuel oil:
750 gCO₂/kWh
 - Turbina de vapor con carbón mineral:
850 gCO₂/kWh
-

La reducción de emisiones

Para un proyecto hidroeléctrico en el MDL, las metodologías indican:

Reducción de emisiones (tCO₂/año) RE= ELB – EP

Emisiones de línea de base (tCO₂/año) ELB= EG x FE

EG energía generada (MWh/año) y

FE factor de emisiones (tCO₂/MWh)

Emisiones de proyecto (tCO₂/año) EP =

dependen de la relación Potencia / Area del embalse

Si $P/A > 10 \text{ W/m}^2$ EP= 0

Si $10 \text{ W/m}^2 > P/A > 4 \text{ W/m}^2$ EP= 90 tCO₂/MWh

Si $P/A < 4 \text{ W/m}^2$ Las metodologías no son aplicables

Limitaciones en el MDL para proyectos con embalse

Decisión de la Junta Ejecutiva del MDL

- Las propuestas de nuevas metodologías para el proyectos de energía hidroeléctrica con una densidad de potencia inferior a 4 W/m^2 sólo se considerarán después de que la comunidad de expertos trabajando en métodos para la medición de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de los embalses, asociados a los proyectos hidroeléctricos, haya concluido su trabajo.
 - Una excepción es la de proyectos de energía hidroeléctrica con embalse donde se pueda demostrar que las emisiones de GEI del embalse son insignificantes.
-

El aporte de la hidroelectricidad.
Proyecciones. Estudios del IPCC y
de otros organismos
internacionales.

La visión de la Agencia Internacional de Energía

La energía hidroeléctrica aportó el 82% de la electricidad generada a partir de fuentes de energía renovables en el 2010, aumentando a una tasa promedio de alrededor del 3% por año entre 2000 y 2010.

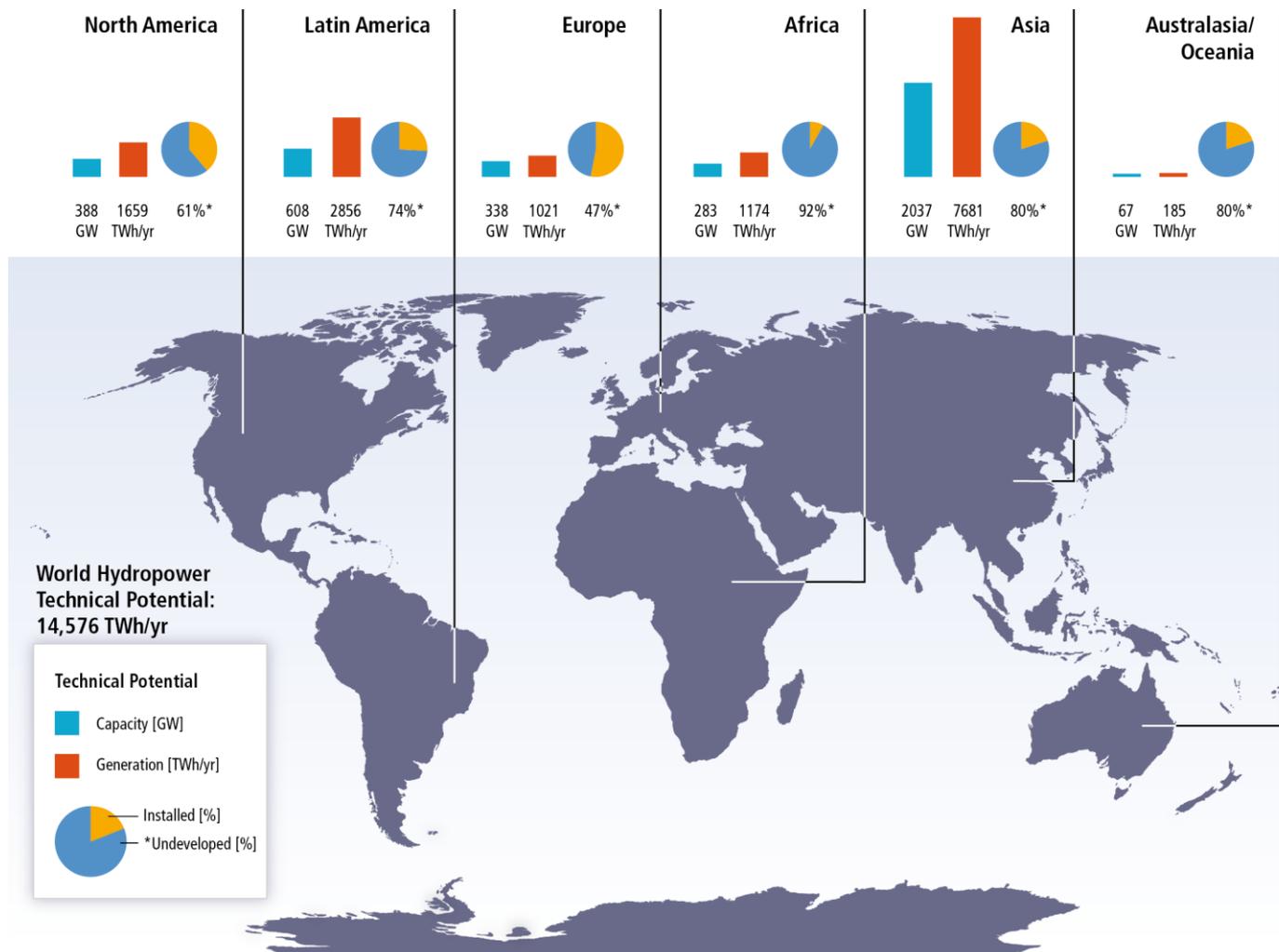
China, Brasil, Canadá, Estados Unidos y Rusia son los líderes mundiales en energía hidroeléctrica. En Brasil y Canadá la energía hidráulica proporciona la mayor parte de la generación de energía.

En la próxima década, la capacidad instalada de energía hidroeléctrica aumentará en aproximadamente 180 GW, si los proyectos actualmente en construcción se desarrollan según lo previsto (un aumento del 25% de la capacidad instalada actual).

Una tercera parte de este aumento se producirá en China y Brasil. La India también tiene una gran capacidad en construcción. La terminación de estos proyectos en tiempo y de una manera sostenible es esencial para lograr los objetivos del escenario 2DS. Se deben identificar y desarrollar otros proyectos para compensar retrasos o cancelaciones.

Es necesario que el aporte de toda la energía de fuente renovable crezca. En particular, la generación hidroeléctrica debería aumentar desde unos 3500 TWh/año (2010) a unos 7000 en el año 2050 para concretar un escenario 2DS (aumento de temperatura inferior a 2 grados).

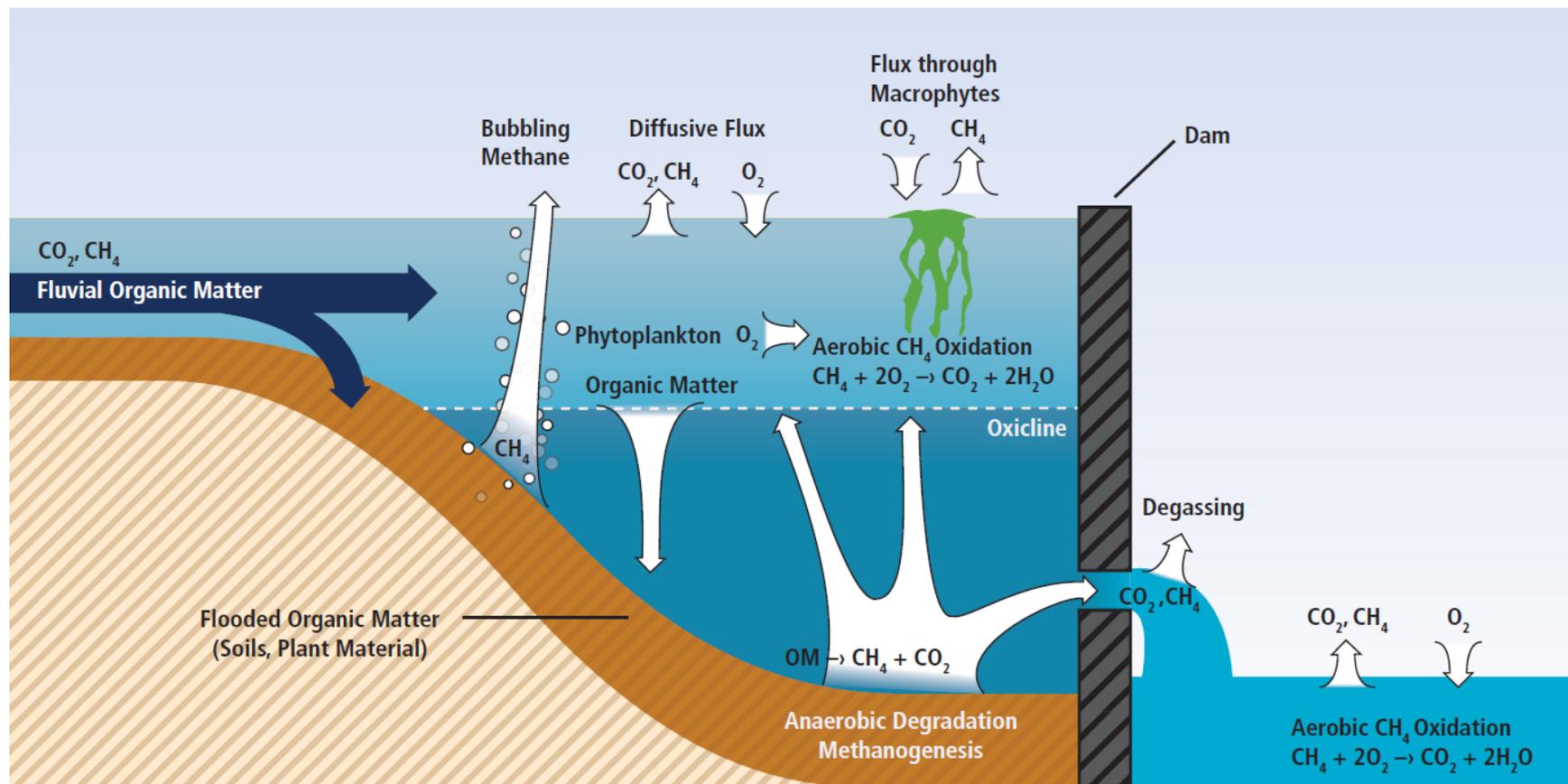
Potencial de la hidroelectricidad



Estimación de las emisiones de metano por la construcción de embalses.

Las Guías para mediciones de UNESCO- International Hydropower Association.

Flujo de GEI



Análisis de ciclo de vida de emisiones de GEI

- Revisión en Reporte Especial sobre Energía Renovable (IPCC 2011) de literatura publicada sobre LCA.
 - Valores de emisiones en tCO_2eq/MWh
 - Los estudios indican en general emisiones de entre 4 y 14, pero en algunos casos pueden ser mucho mayores.
 - En particular para los proyectos con embalse, la mediana está en 5, el percentil 75% en 40 y el valor máximo en 160.
 - Los valores corresponden a emisiones brutas, faltan estudios para determinar las emisiones netas, que se obtienen restando de las brutas, las que hubieran ocurrido sin el embalse.
-

Guías para mediciones IHA-UNESCO

- Las Guías proveen procedimientos para mediciones netas de GEI en embalses.
 - No se busca que los procedimientos se conviertan una rutina de monitoreo, ya que los requerimientos son muy intensivos, sino más bien en un método para poder desarrollar modelación predictiva, una vez que se tengan datos obtenidos según las Guías en un número relevante de aprovechamientos hidroeléctricos.
 - Se podría llegar a un procedimiento de dos pasos: a) chequear parámetros que permitan concluir que las emisiones no son significativas y b) monitorear en caso necesario.
-

Guías para mediciones IHA-UNESCO

- Necesidad de hacer mediciones antes y después del llenado de los embalses (emisiones netas)
 - Criterios de muestreo: distribución espacial y temporal, cantidad de muestras
 - Métodos para mediciones terrestres
 - Métodos para mediciones en agua (CO_2 y CH_4 por difusión y CH_4 por burbujeo)
 - Mediciones en el embalse, a la salida de la turbina y aguas abajo
 - Especificaciones para equipamiento (cámaras de flujo, embudos, analizadores de gases)
 - Criterios estadísticos para integrar resultados
-

-
- Resumen
 - Preguntas y comentarios
-

Muchas gracias!

Daniel Perczyk
dp@itdt.edu

Referencias

- Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático

www.ipcc.ch

- Agencia Internacional de la Energía

www.iea.org

- Proyecto Berkeley Earth

berkeleyearth.org/

- Mecanismo para un Desarrollo Limpio

cdm.unfccc.int/

International Hydropower Association

hydropower.org/
