

Única vía para no rebasar el límite de los 2°C

Antonio Sarmiento Galán

Sede Regional Centro

14 Octubre, 2015



Resumen

Los acuerdos que se han estado tomando en las esferas políticas internacionales, principalmente en el grupo de los países económicamente poderosos o G7, respecto a la forma en que debemos afrontar el calentamiento global antropogénico, no corresponden en forma alguna a la que en términos científicos resulta ser la única vía posible para respetar el acuerdo de limitar dicho calentamiento a cuando mucho 2 °C

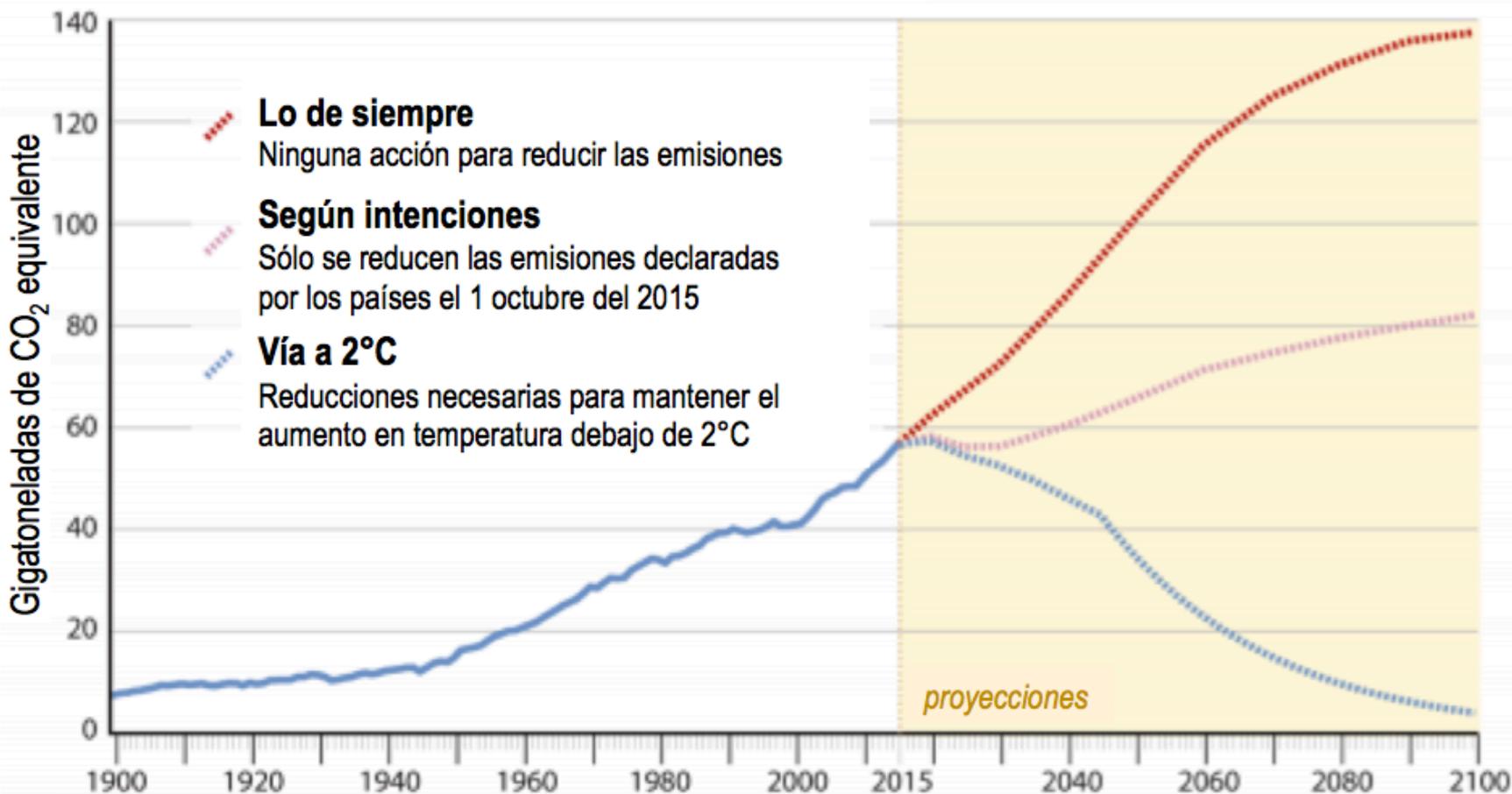
*Los esfuerzos encaminados a la mitigación del calentamiento deben iniciarse reconociendo que el controlar los flujos de bióxido de carbono (CO₂) no es suficiente, pues **lo que realmente importa son las emisiones acumuladas hasta ahora de CO₂***





Intenciones de los países Para evitar efectos potencialmente cataclísmicos, el calentamiento debe mantenerse por debajo de 2°C
Las intenciones actuales permitirán un calentamiento de 3.5°C

Emisiones globales de gases de efecto invernadero*



* Se incluyen las emisiones de todos los gases en unidades de CO_2 eq

Tiempo de vida atmosférico del bióxido de carbono (CO_2) de los combustibles fósiles

El CO_2 liberado por la quema de combustibles fósiles alcanza un equilibrio con los varios reservorios de carbono en la atmósfera, los océanos y la biósfera terrestre en **escalas de tiempo de algunos siglos**

Sin embargo, **una cantidad considerable del CO_2 permanece en la atmósfera** esperando el retorno a la Tierra sólida mediante los procesos de dilución y deposición de carbonato de calcio (CaCO_3), que son considerablemente más lentos

Las medidas usuales de la vida atmosférica del CO_2 **omiten la larga cola** que en el cálculo de los potenciales de calentamiento conduce a subestimar la longevidad del calentamiento global antropogénico



Tiempo de vida atmosférico del bióxido de carbono (CO_2) de los combustibles fósiles

La evaluación completa* de la vida atmosférica del CO_2 indica que **entre un 20 y un 35% del CO_2 permanece en la atmósfera una vez que se ha alcanzado el equilibrio con los océanos (de 2 a 20 siglos)**

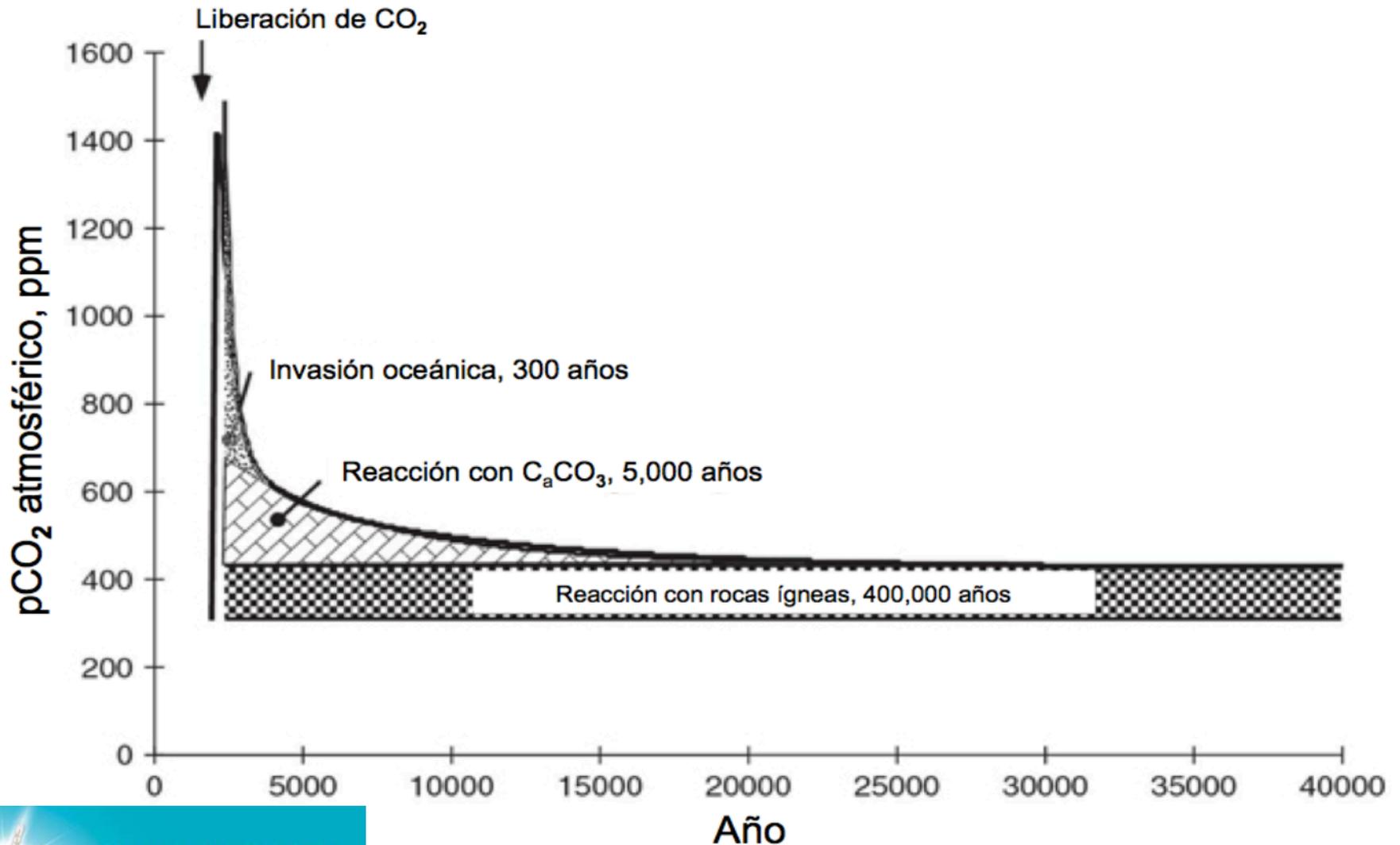
Este CO_2 remanente es lo suficientemente abundante como para continuar causando un impacto substancial sobre el clima durante milenios

La neutralización por el CaCO_3 reduce aún más la fracción atmosférica de CO_2 en escalas de van de 3 a 7 milenios



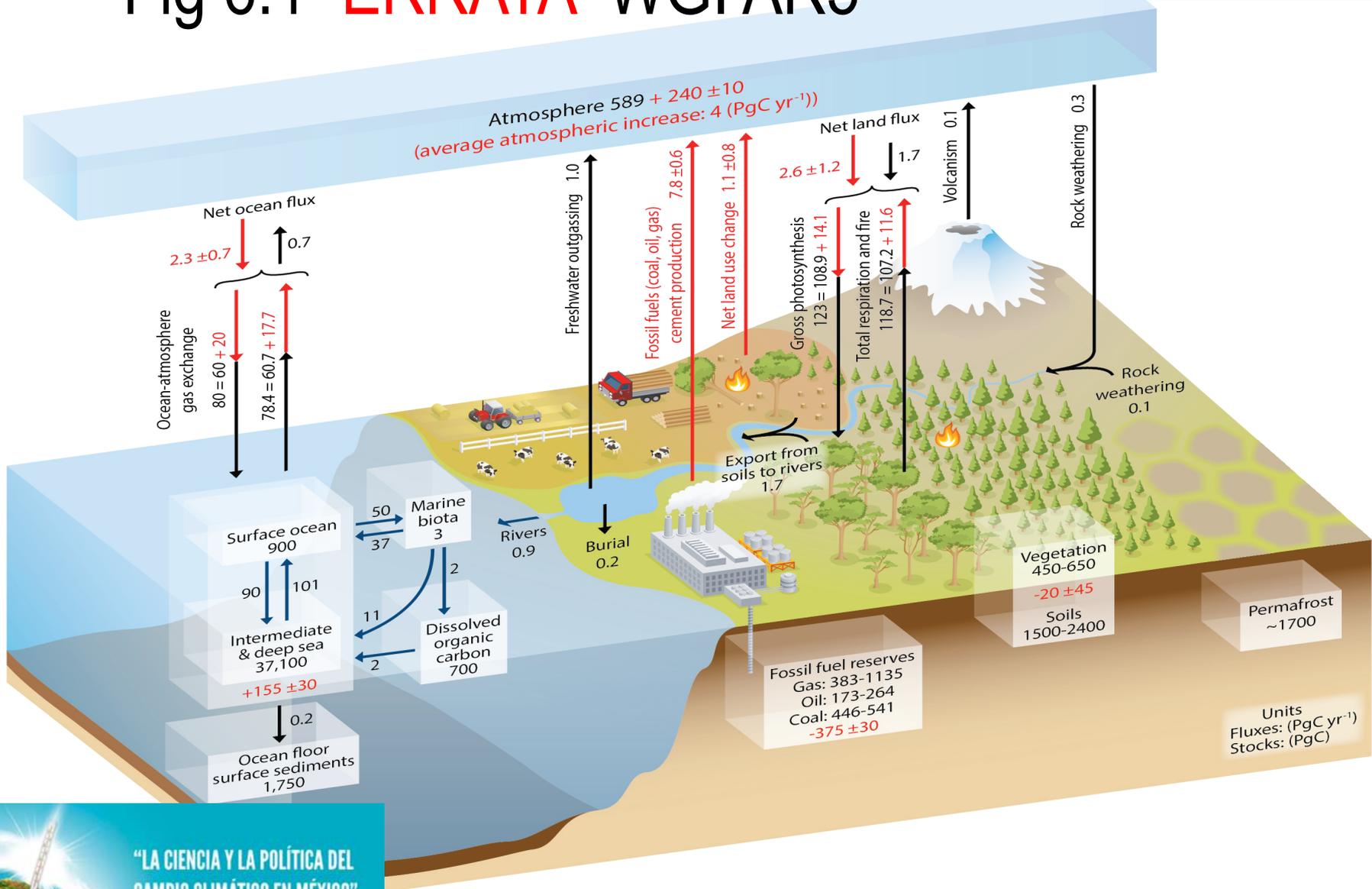
* Vía modelos

Tiempo de vida atmosférico del bióxido de carbono (CO_2) de los combustibles fósiles



Ciclo de Carbono

Fig 6.1 **ERRATA** WGI AR5



Balance antropogénico de CO₂

T6.1 WGI AR5

Acumulado desde 1750 y promediado por década

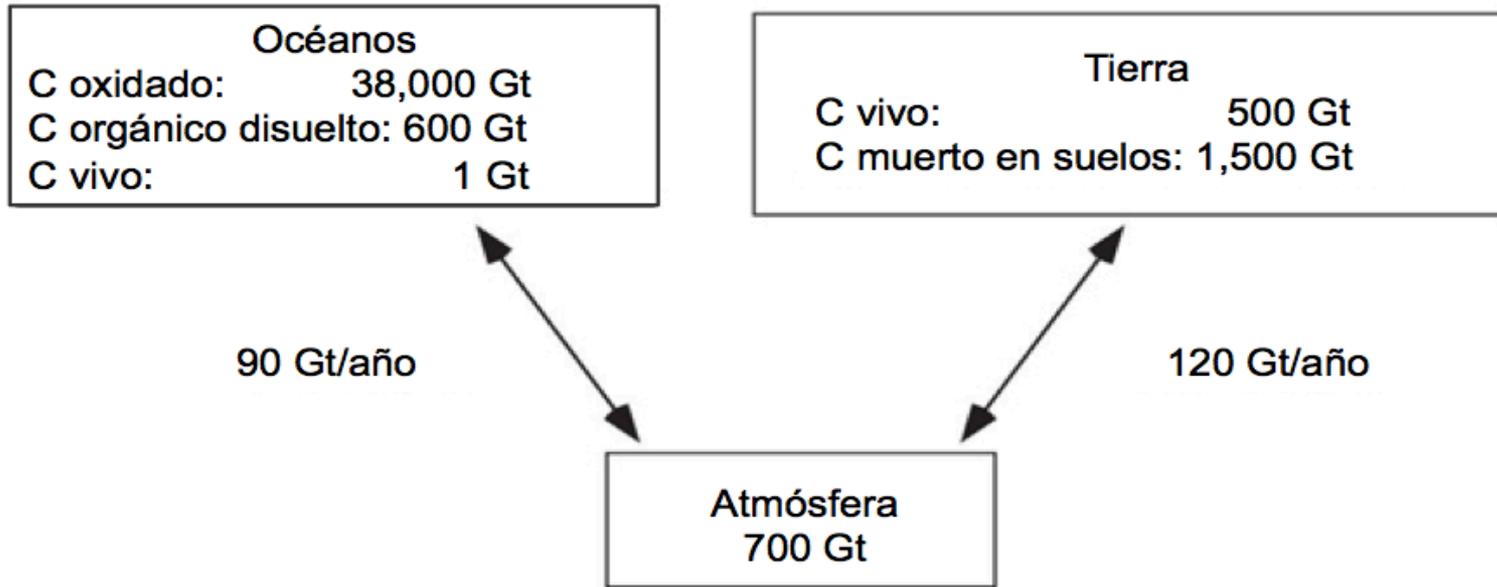
	1750-2011 acum PgC	1980-89 PgC/a	1990-99 PgC/a	2000-09 PgC/a	2002-11 PgC/a
Aumento atmosférico ^a	240±10 ^f	3.4±0.2	3.1±0.2	4.0±0.2	4.3±0.2
Combustibles fósiles y cemento ^b	375±30 ^f	5.5±0.4	6.4±0.5	7.8±0.6	8.3±0.7
Flujo océano-atmósfera ^c	-155±30 ^f	-2.0±0.7	-2.2±0.7	-2.3±0.7	-2.4±0.7
Flujo tierra-atmósfera	30±45 ^f	-0.1±0.8	-1.1±0.9	-1.5±0.9	-1.6±1.0
Cambio neto de uso de suelo	180±80 ^{f,g}	1.4±0.8	1.5±0.8	1.1±0.8	0.9±0.8
Admisión residual terrestre ^e	-160±90 ^f	-1.5±1.1	-2.6±1.2	-2.6±1.2	-2.5±1.3

Flujo negativo de océano-atmós o tierra-atmós significa admisión de C en el reservorio
Intervalo de confianza en el rango de incertidumbre es del 90%



Balance de 1750 a 2011: $375 + 30 = 240 + 155 \pm 10$ PgC
Pg = Gt

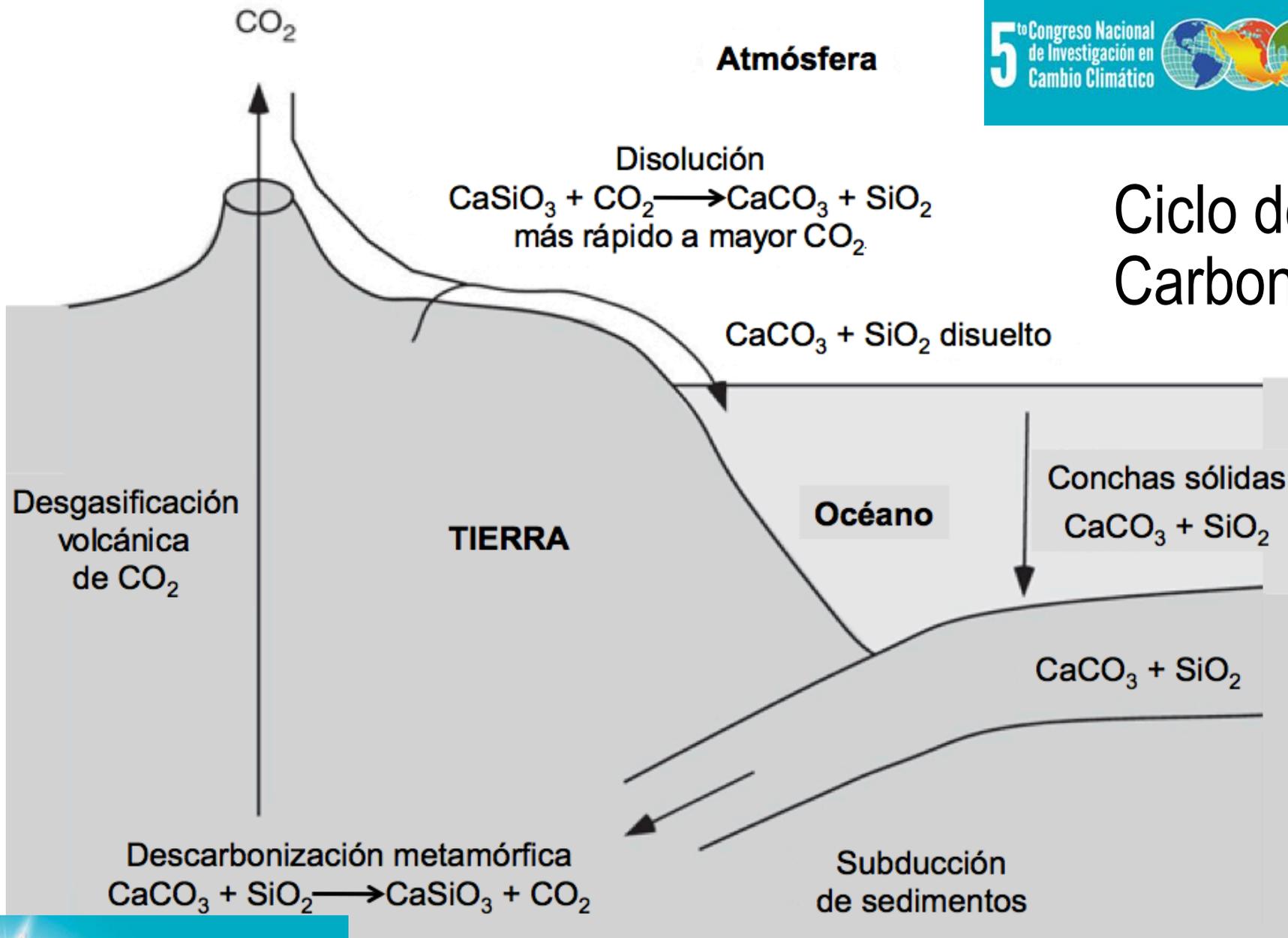
Ciclo de Carbono





Atmósfera

Ciclo de Carbono



Retroalimentaciones

Los cambios en el clima se amplifican por sí mismos pues al aumentar la temperatura de los océanos, éstos liberan más CO₂

La invasión de CO₂ ha acidificado el agua de los océanos cuyo pH se restablece en cierta medida mediante una excesiva disolución de CaCO₃ –en el fondo del mar y en tierra– y a la larga, por la dilución de silicatos en tierra

La recuperación del pH de los océanos restablece su capacidad para amortiguar y absorber CO₂, disminuyendo su concentración atmosférica, durante los siguientes diez milenios

La biósfera en tierra alcanza su mayor impacto dentro de los primeros siglos, que es cuando el CO₂ alcanza su máximo



Respuesta del océano

La remoción de CO₂ de la atmósfera y su almacenamiento seguro (aún por implementarse)
NO SALVARÁ AL OCÉANO

La remoción de CO₂ de la atmósfera **no** puede restablecer las condiciones preindustriales en el océano reduciendo la concentración atmosférica de CO₂ al nivel preindustrial

Aún con tasas irrealizablemente elevadas de remoción (25Gt C/a)

Long-term response of oceans to CO₂ removal from the atmosphere

<http://www.nature.com/nclimate/journal/vaop/ncurrent/full/nclimate2729.html>



En breve

No existe en la literatura científica al respecto, una razón para concluir que los efectos de la liberación del CO₂ se verán substancialmente confinados a tan sólo unos cuantos siglos

En contraste, el ciclo global de carbono indica que los efectos sobre el clima causados por la liberación del CO₂ a la atmósfera, permanecerán en el futuro por decenas o centenas de milenios



OBJETIVO

Nivelar la temperatura, no las emisiones

El principal determinante del calentamiento global superficial medio es el total de emisiones acumuladas de CO₂ debido a que éstas tienden a acumularse en el sistema que regula el clima terrestre (IPCC AR5, 2013)

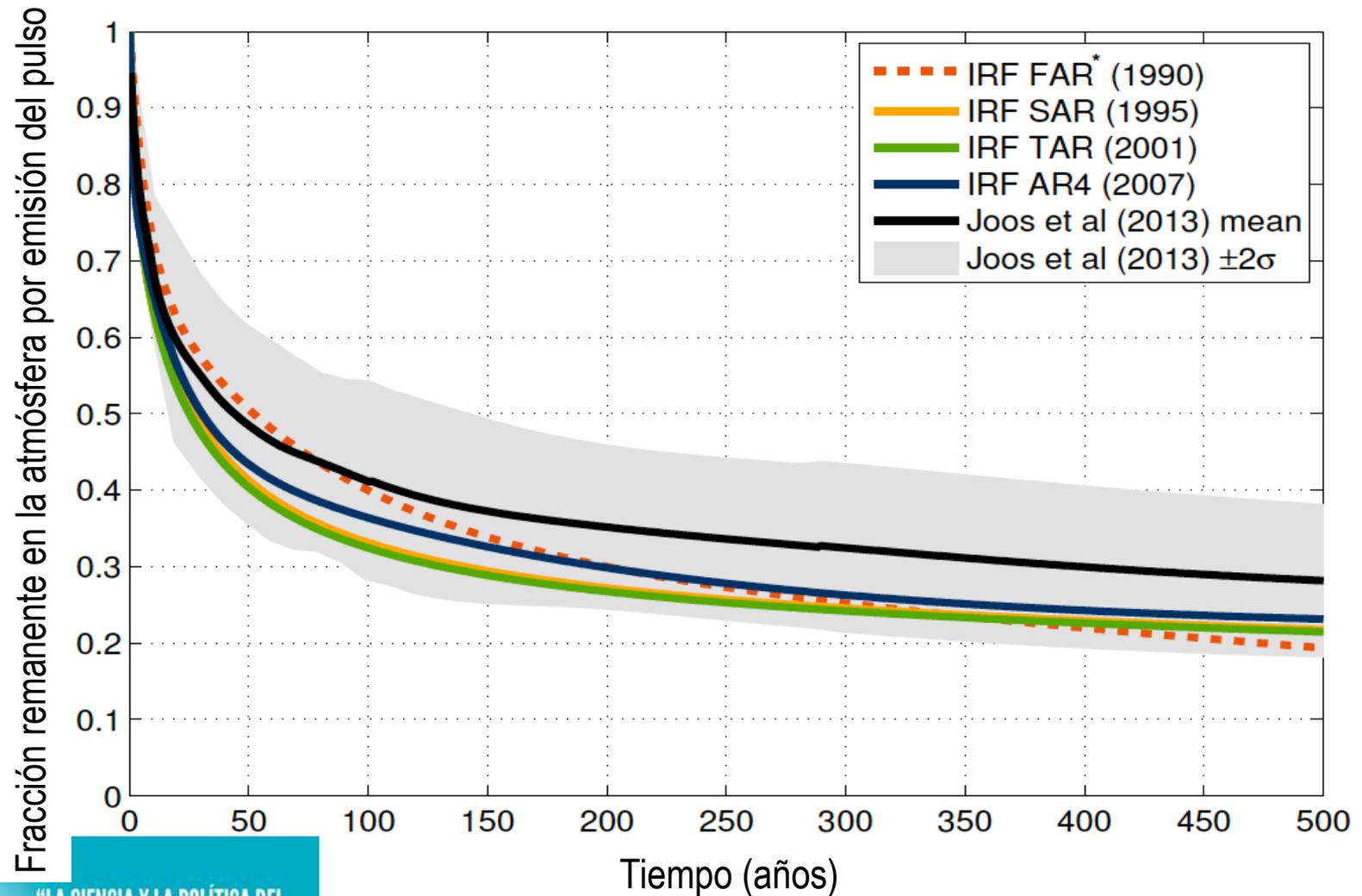
Por lo tanto, el **estabilizar la temperatura requiere** que dicha acumulación cese, es decir, **que las emisiones de CO₂ sean nulas**

Lo relevante para el clima es, en última instancia, el total de las emisiones acumuladas durante toda la época industrial y no la tasa de emisiones de CO₂ durante alguna década dada



Fig. 8.SM.4 IPCC AR5 WGI Respuestas impulsivas en los 5 reportes del IPCC

Para el AR5 se usa un pulso de 100Gt CO₂ con retroalimentaciones en temperatura (Joos *et al.* 2013, Fig. 1)



Respuestas impulsivas en los 5 reportes del IPCC

En el AR5 se usa un pulso de 100Gt CO₂ con retroalimentaciones en temperatura
(Joos et al. 2013, Fig. 1)

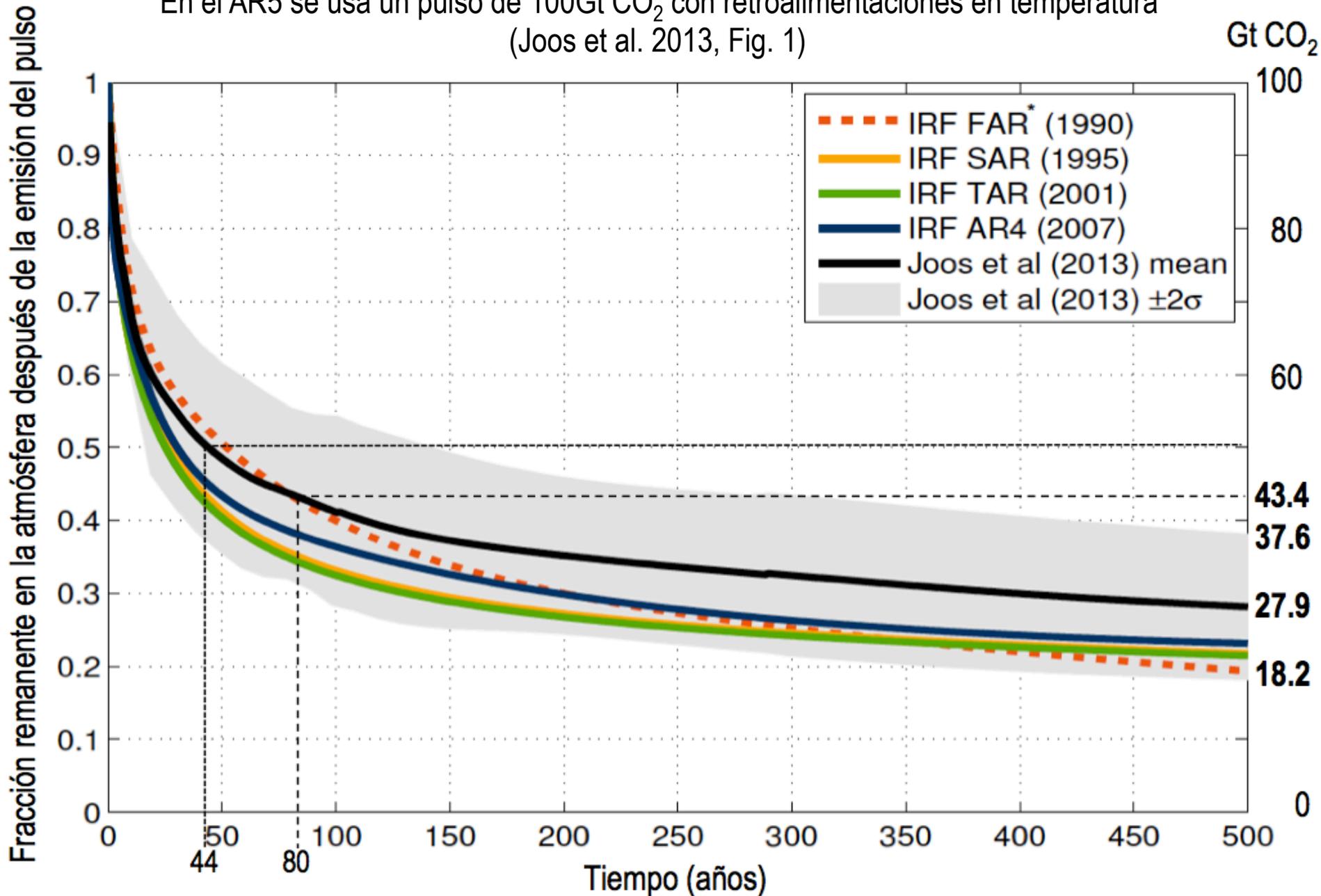
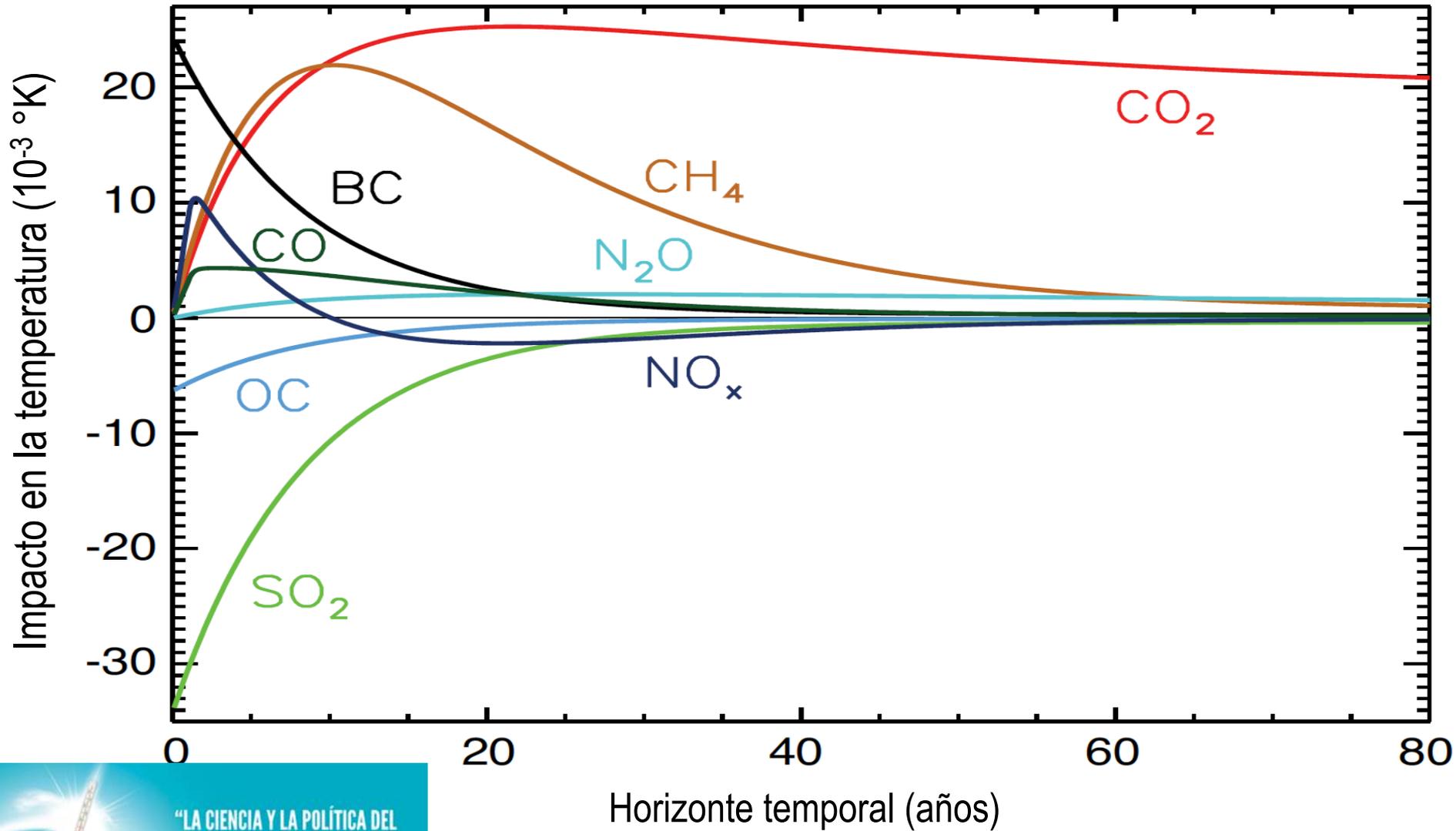




Figura 8.33 IPCC AR5 WGI Respuesta de la temperatura por emisiones antropogénicas totales para un pulso de un año

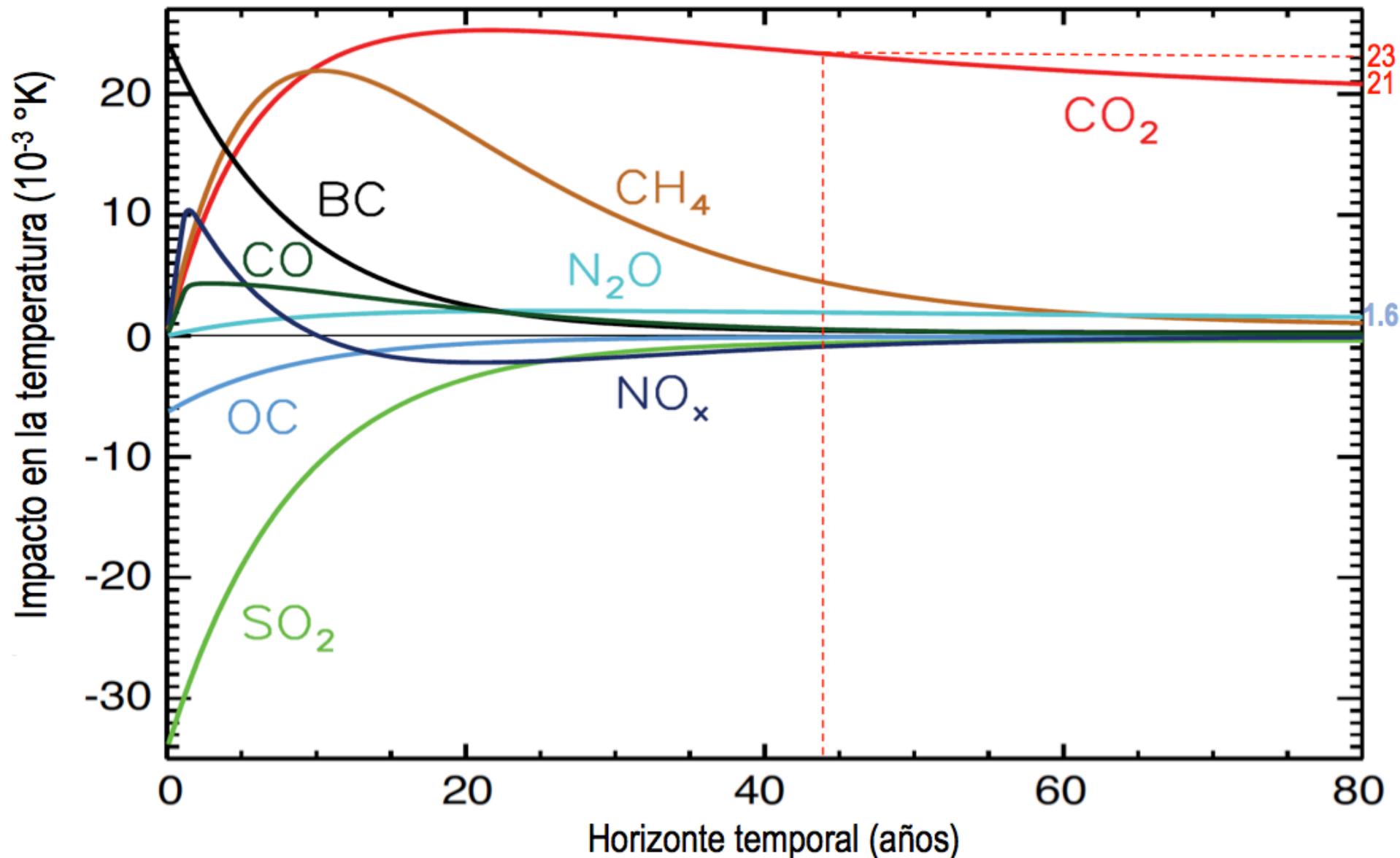
EDGAR 2008 (<http://edgar.jrc.ec.europa.eu/overview.php?v=42>) y BC, OC 2005 (Shindell et al. 2012a)



Respuesta de la temperatura a las emisiones antropogénicas

EDGAR 2008 (<http://edgar.jrc.ec.europa.eu/overview.php?v=42>) y BC, OC 2005 (Shindell *et al.* 2012a)

Figura 8.33 IPCC AR5 WGI



Consecuencias de la acumulación del CO_2

El estabilizar las concentraciones atmosféricas de CO_2 no es suficiente para estabilizar el clima

Aún manteniendo dichas concentraciones constantes, el planeta seguiría calentándose por siglos debido a la acumulación previa de CO_2

Para estabilizar la temperatura se requiere que las emisiones globales de CO_2 se anulen por completo, después de lo cual, la temperatura permanecerá constante

(aún en el caso de que dichas concentraciones se reduzcan gradualmente)

Figura SPM.1 IPCC AR5 WGI Emisiones antropogénicas anuales totales entre 1970 y 2010

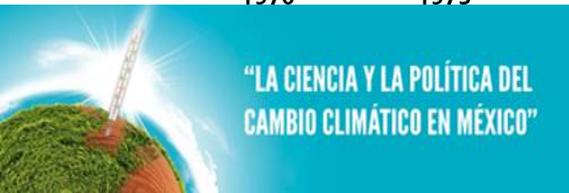
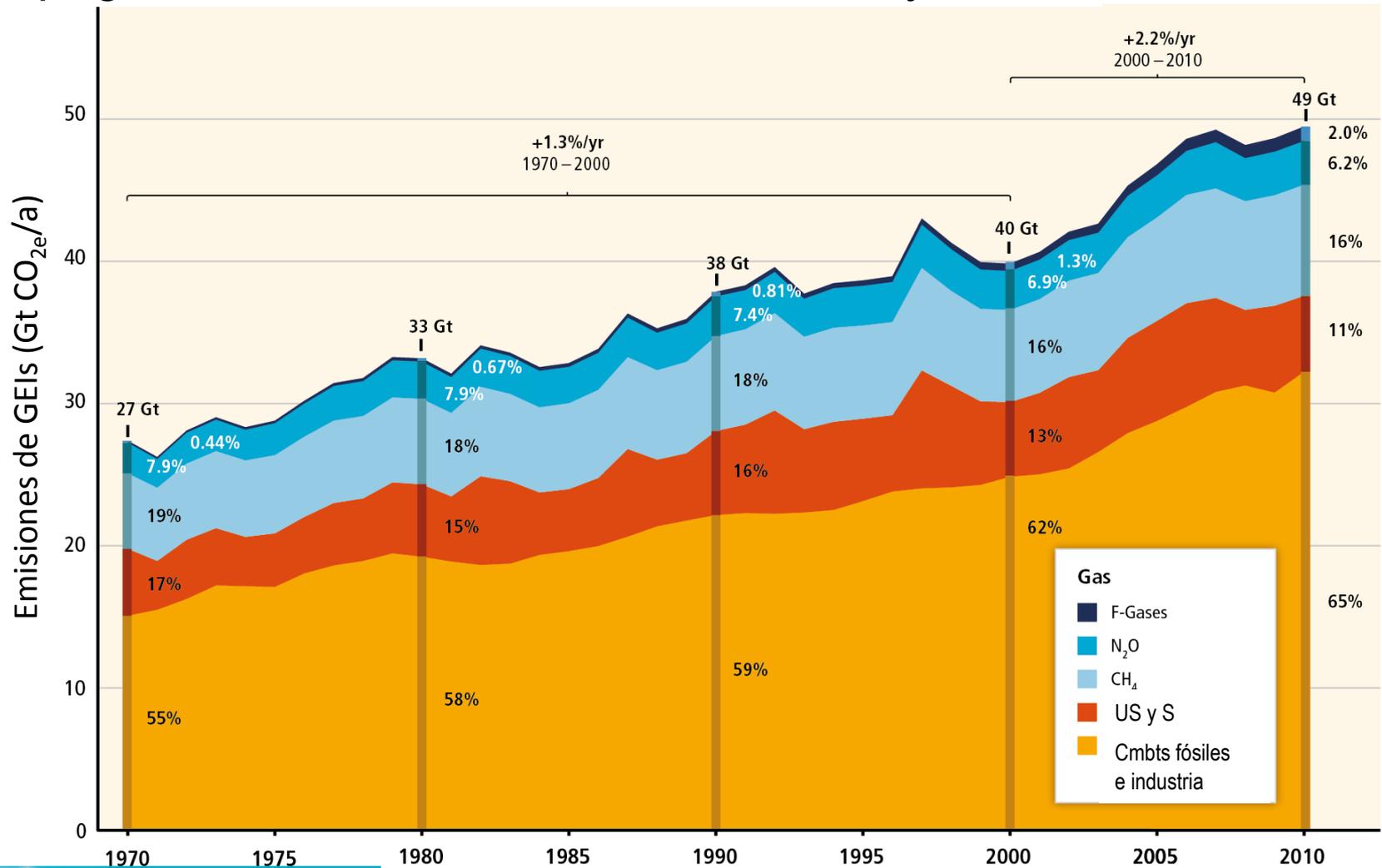




Figura 12.46 IPCC AR5 WGI

(a) Emisiones de CO₂ para RCP2.6 (negro) y 3 ilustrativas que conducen al mismo calentamiento

(b) Cambio en la temperatura global respecto del nivel preindustrial para las trayectorias en (a)

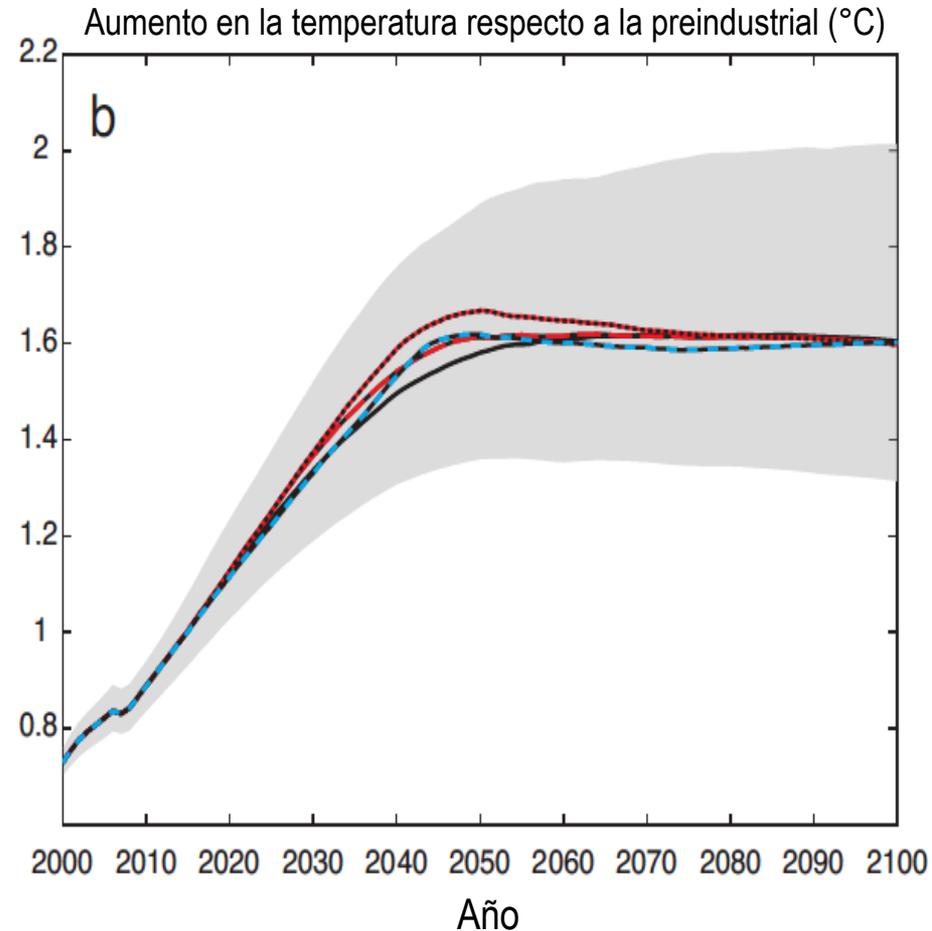
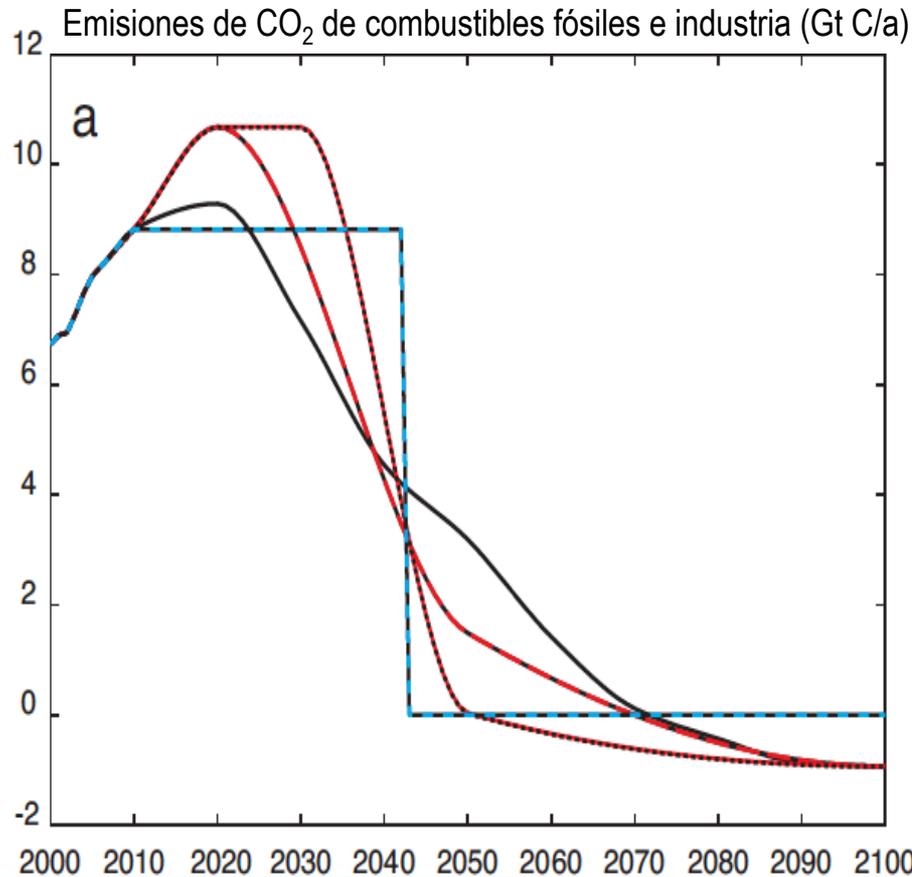
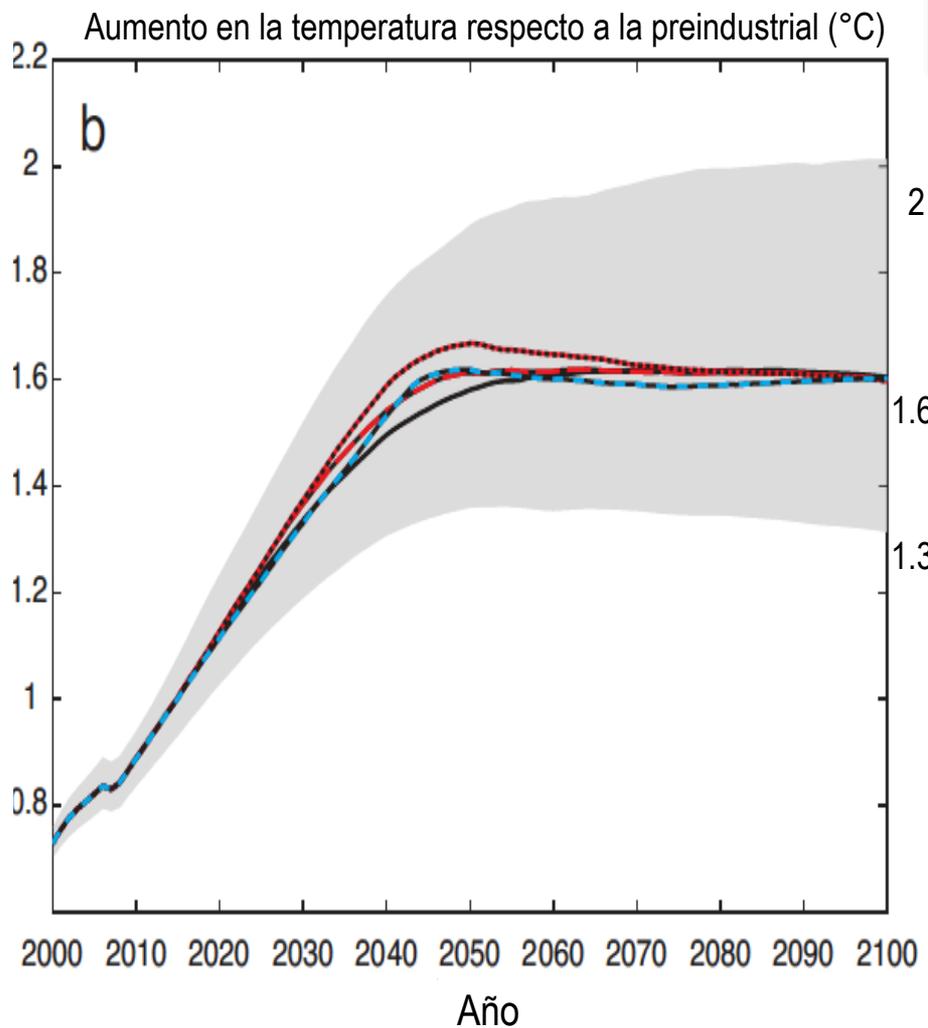
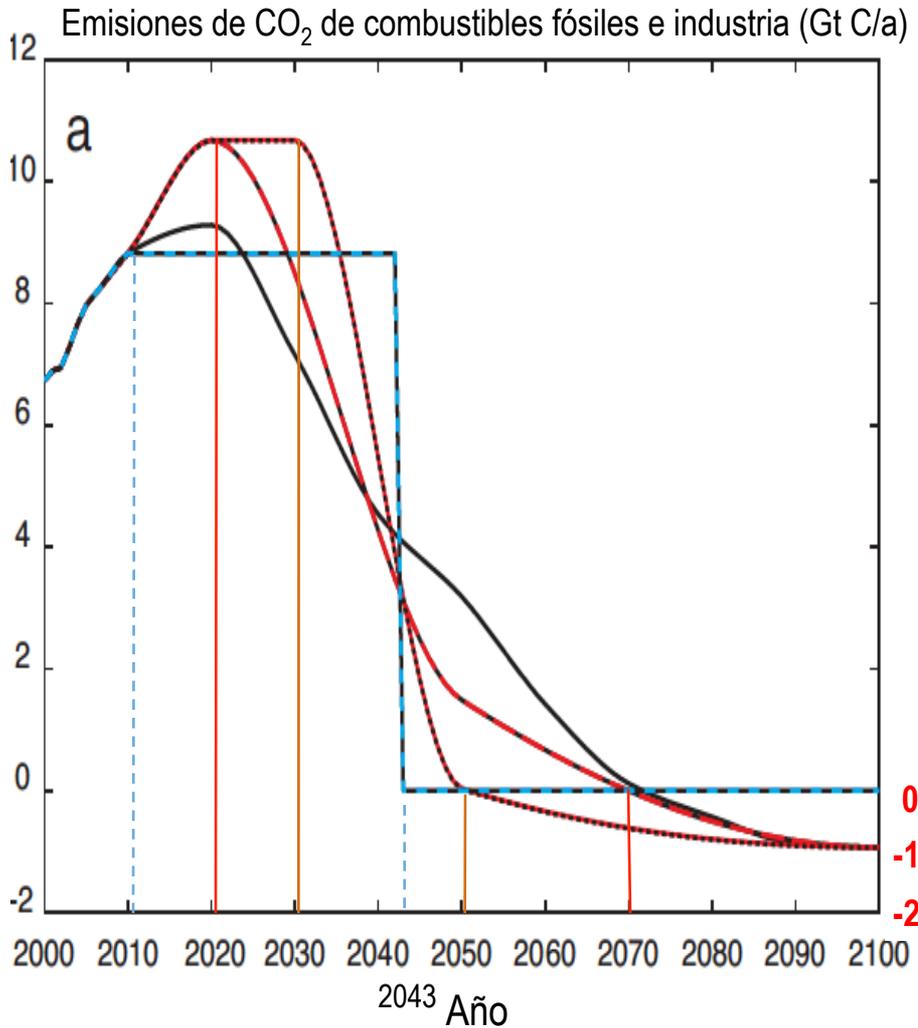


Figura 12.46 IPCC AR5 WGI

(a) Emisiones de CO₂ para el escenario RCP2.6 (negro) y tres emisiones ilustrativas modificadas que conducen al mismo calentamiento

(b) Cambio en la temperatura global respecto del nivel preindustrial para las trayectorias en (a)



Decremento anual requerido en emisiones 2.2%

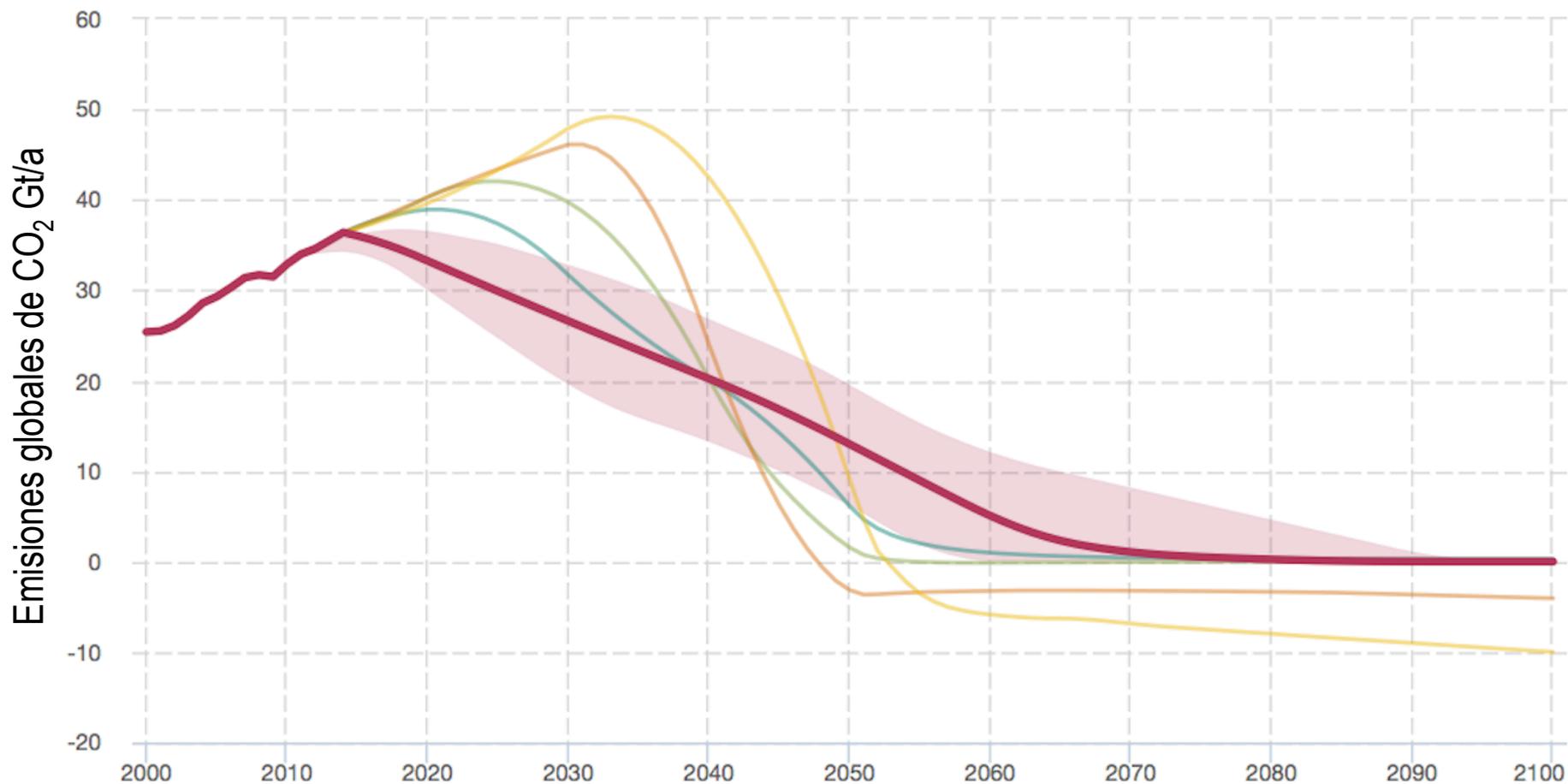
2015

2020

2025

2030

2035



"LA CIENCIA Y LA POLÍTICA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN MÉXICO"

Emisiones anuales negativas 0 Gt

% de terreno cultivado requerido para capturar CO₂

Decremento anual requerido en emisiones 4.6%

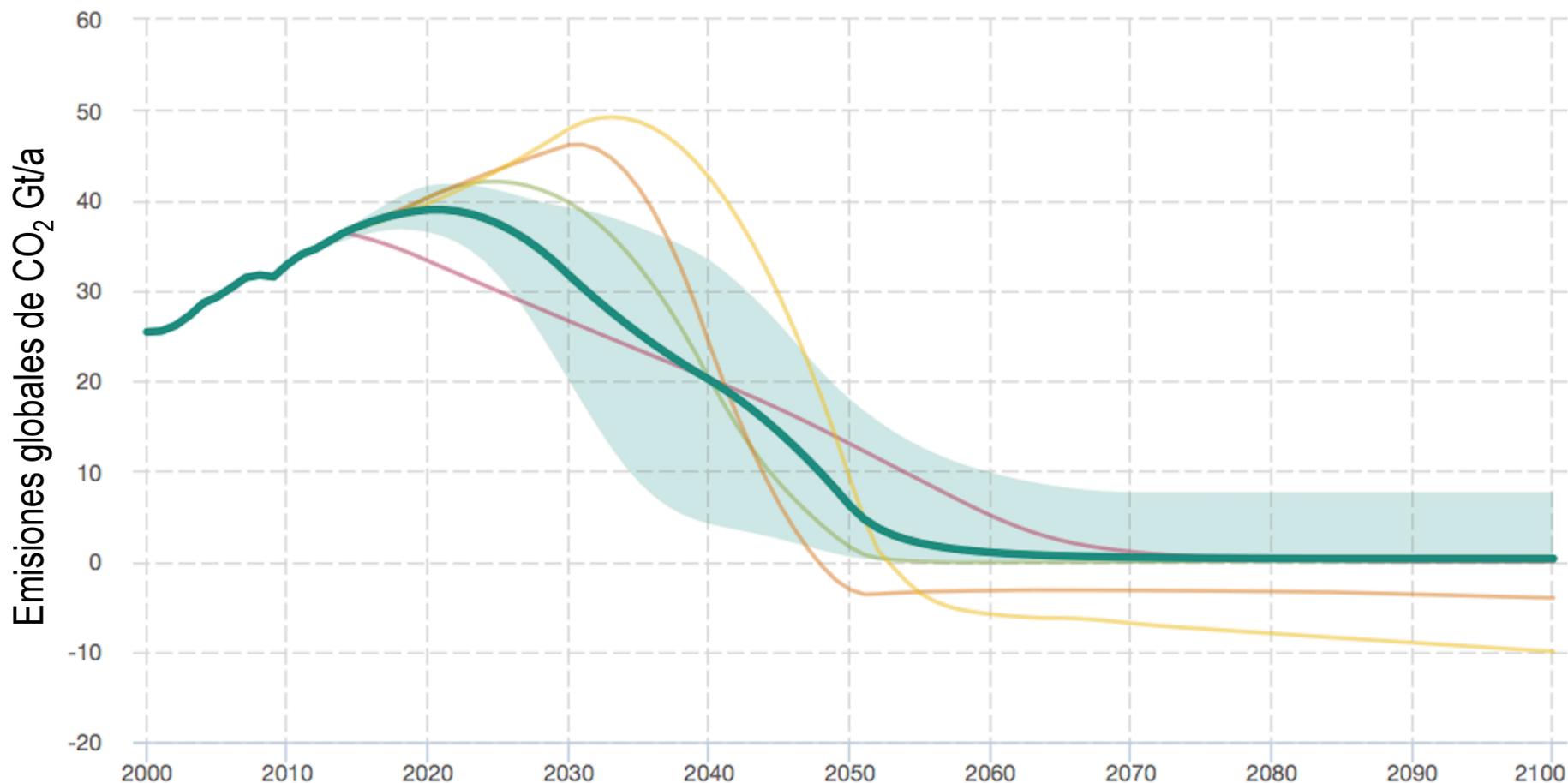
2015

2020

2025

2030

2035



"LA CIENCIA Y LA POLÍTICA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN MÉXICO"

Emisiones anuales negativas 0 Gt

% de terreno cultivado requerido para capturar CO₂

Decremento anual requerido en emisiones 6.9%

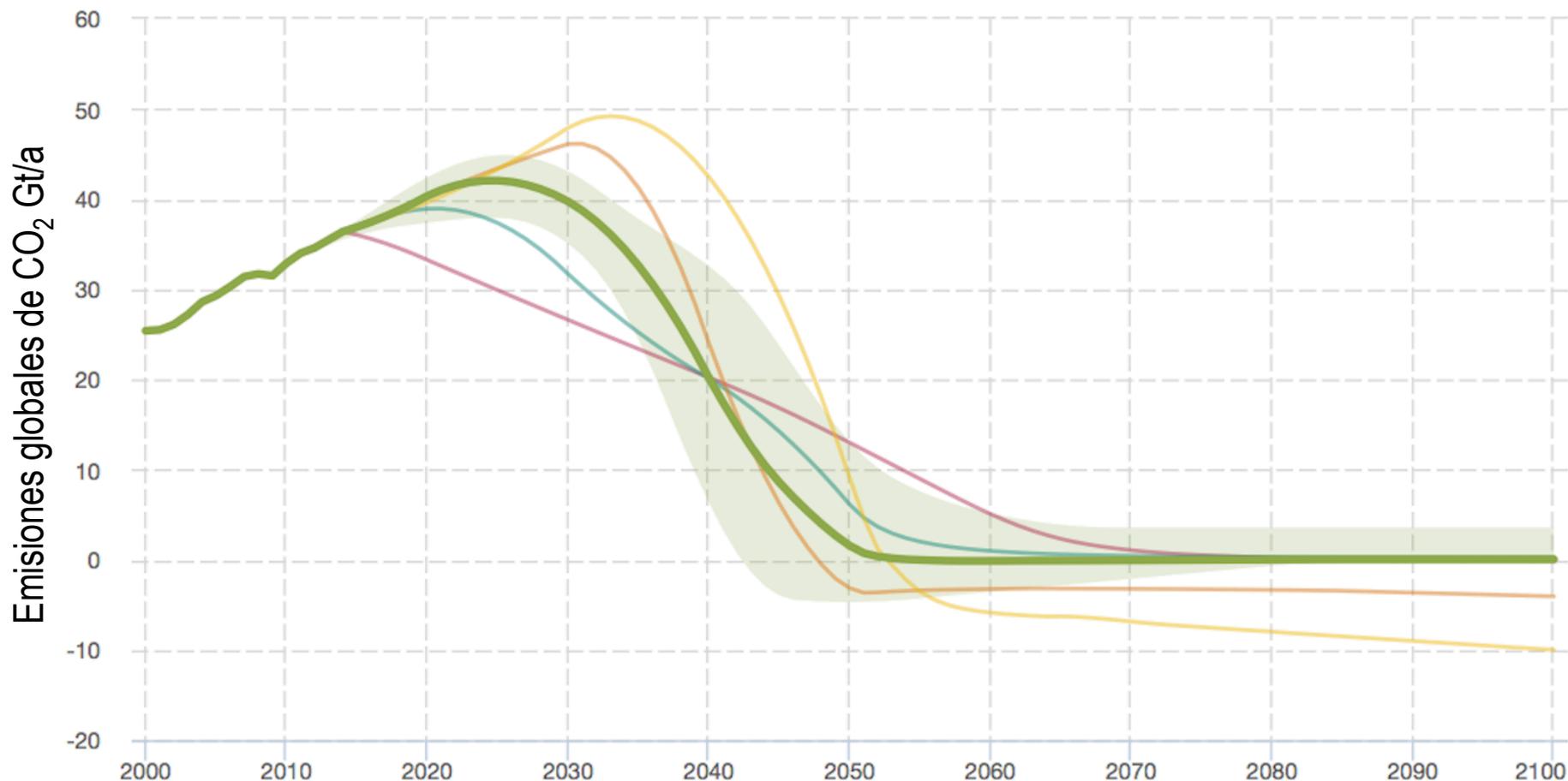
2015

2020

2025

2030

2035



"LA CIENCIA Y LA POLÍTICA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN MÉXICO"

Emisiones anuales negativas 0 Gt

% de terreno cultivado requerido para capturar CO₂

Decremento anual requerido en emisiones 9.6%

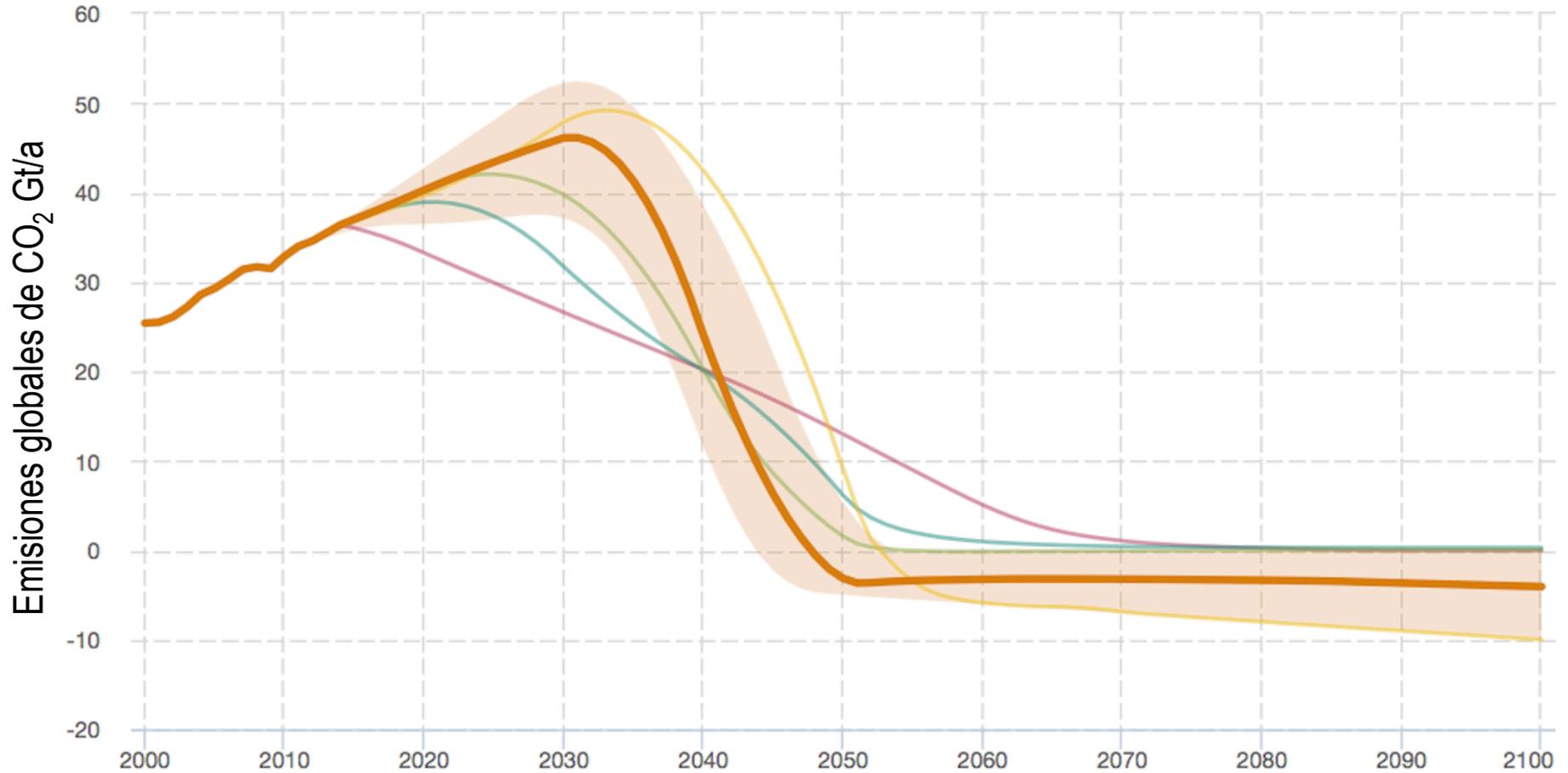
2015

2020

2025

2030

2035



Emisiones anuales negativas 4.1 Gt
% de terreno cultivado requerido para capturar CO₂

Decremento anual requerido en emisiones 15.6%

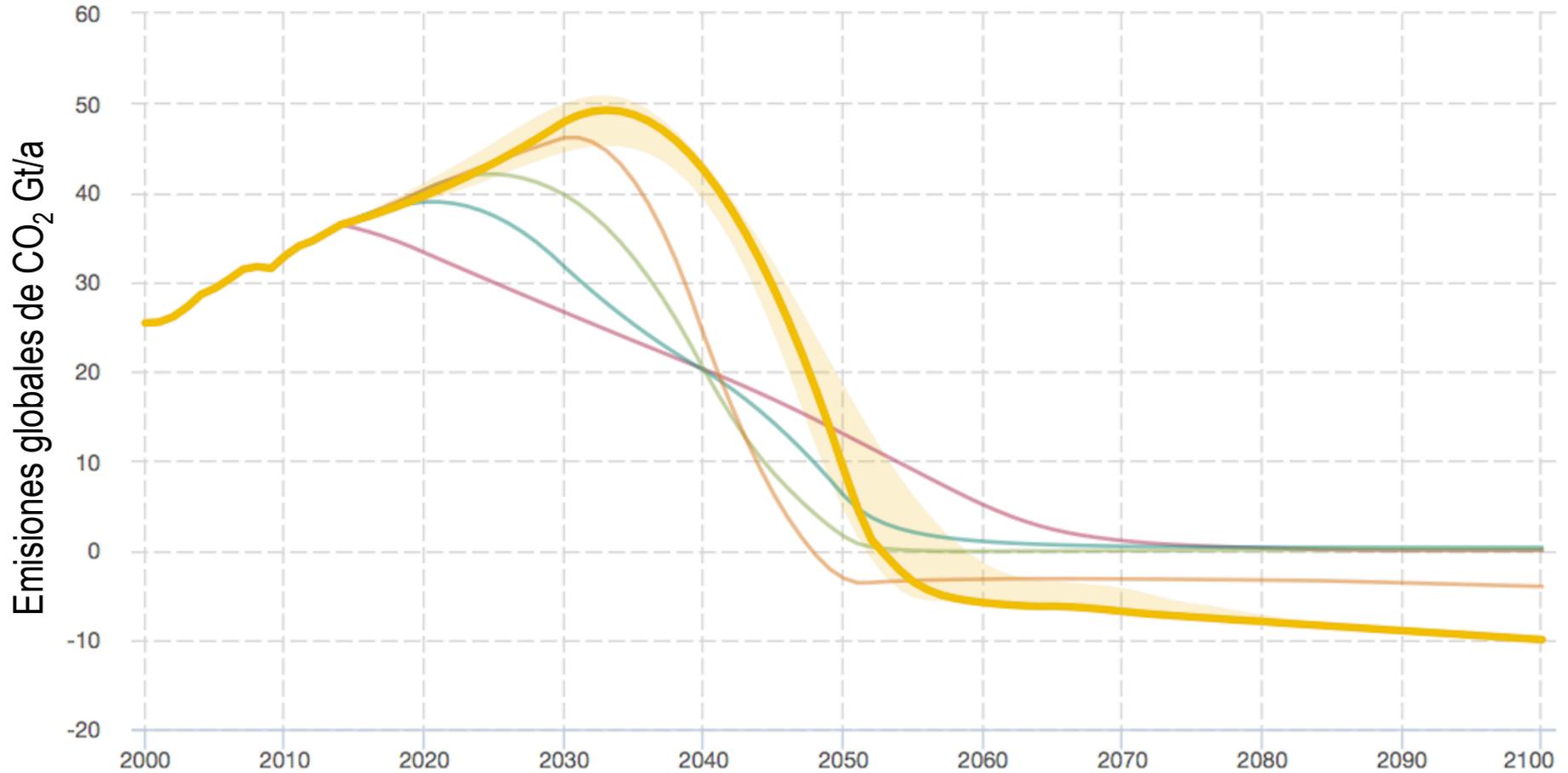
2015

2020

2025

2030

2035



Emisiones anuales negativas 10. Gt
% de terreno cultivado requerido para capturar CO₂

Figura 12.46 IPCC AR5 WGI El retraso en la acción

La figura anterior indica que mientras más tardemos en iniciar la reducción de las emisiones, mayor será la tasa con la que éstas deberán decaer para alcanzar algún valor deseado de la temperatura

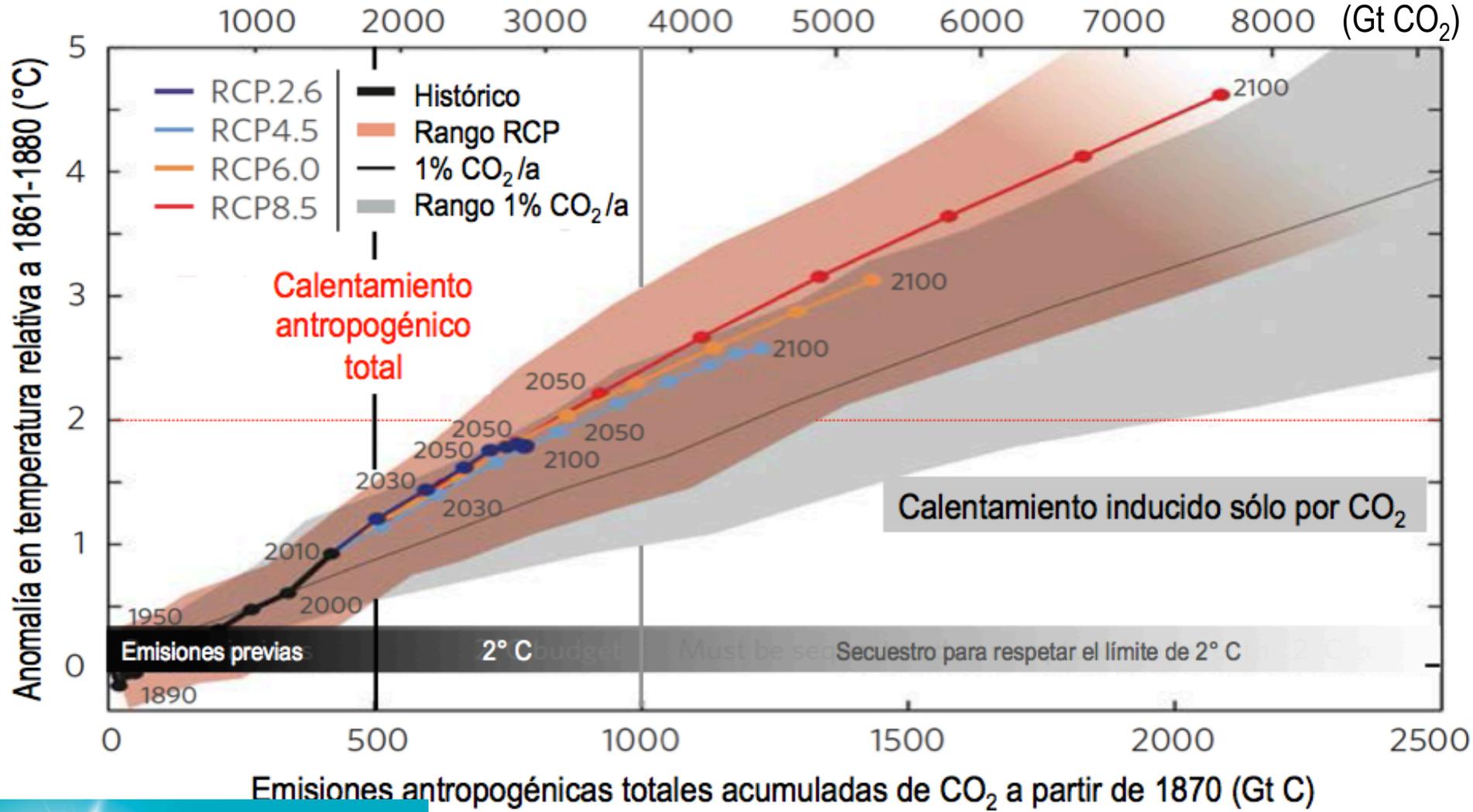
El costo de las reducciones crece a medida que la tasa de decrecimiento sea mayor y puede llegar a valores que no sean técnica o políticamente realizables (afirmación no aplicable a los otros GEIs de vida corta como el metano)

El calentamiento máximo comprometido ha estado creciendo con una tasa aproximadamente igual a la de las emisiones acumuladas
(\approx al doble de la tasa con la que crecen las temperaturas observadas)

Consecuentemente, las medidas que de haberse implementado en 1992 hubiesen limitado el calentamiento debido al CO₂ a 2° C, de iniciarse hoy en día permitirán un calentamiento mayor a los 3° C



Aumento de la temperatura global promedio debido a las emisiones globales acumuladas de CO₂ Fig. SPM.10



Aumento de la temperatura global promedio debido a las emisiones globales acumuladas de CO₂ Fig. SPM.10

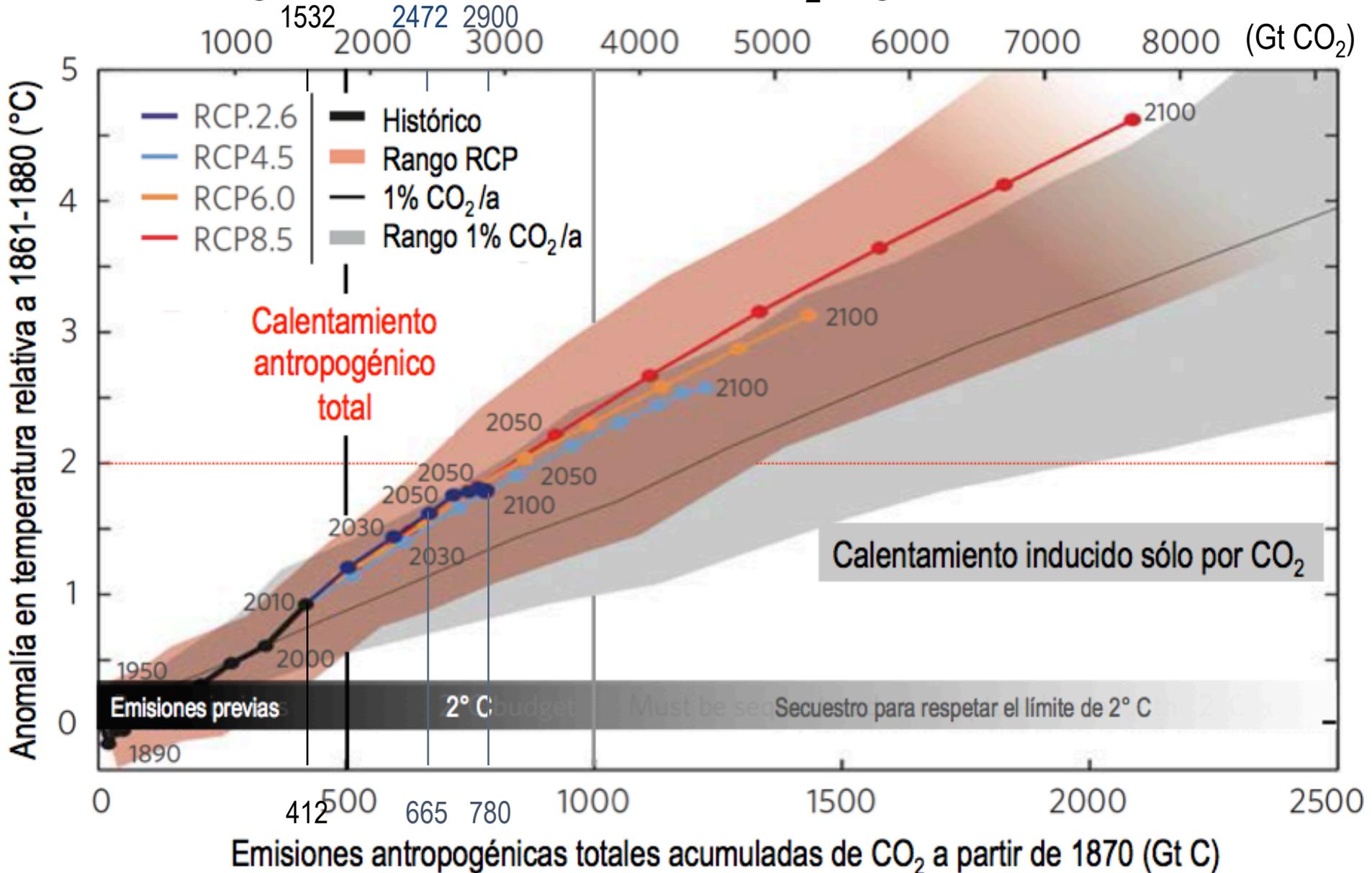


Figura SPM.10 IPCC AR5 Modelos CMIP-5

Patrón común: dada una acumulación total de emisiones, el planeta experimenta casi el mismo calentamiento (independientemente de la tasa con que las emisiones se realizaron); nótese la distinta amplitud de las décadas para cada escenario (círculos coloreados llenos)

El calentamiento debido a los demás GEIs añade a partir del 2050 entre 25 y 30% del ocasionado por el CO₂

El único escenario que permanece por debajo de los 2° C es el RCP2.6 debido a que las emisiones de CO₂ cesan alrededor del 2050 (la acumulación cesa y 10 años después, la temperatura deja de crecer)



Figura SPM.10 IPCC AR5 Modelos CMIP-5

Implicaciones para el balance del C acumulado en la barra inferior:

Emissiones previas (combust fósiles, cambio uso de suelo) $> 0.5 \times 10^{12}$ t C (negro)

Emissiones futuras: entre la mitad y la misma cantidad si $T < 2^\circ$ C (gris oscuro)

Emissiones por arriba de 10^{12} t C (gris claro) deberán evitarse o capturarse



Mitigación, puntos finos

Para mantener una modesta probabilidad de no sobrepasar los 2° C, las emisiones antropogénicas totales de CO₂ durante todo el Antropoceno, no deben sobrepasar 10¹² t C (3.7 X 10¹² t CO₂)

Cifra por debajo del doble de lo que ya se emitió

Lancet: Emisiones(CO₂) < 2.9X10¹² t CO₂ en el 2100 ≈ RCP2.6

Reducir las tasas de acumulación de CO₂ no ayuda, a menos que se llegue a emisiones nulas

Muchas medidas efectivas en cuánto a costos para reducir emisiones a corto plazo, como mejorar la eficiencia energética, no llevan a la eliminación total de emisiones y son por lo tanto, ineficientes para nivelar la temperatura



Mitigación, puntos finos

Tabla. Valor máximo de emisiones acumuladas de CO₂ compatibles con la probabilidad de que el calentamiento global superficial sea menor a los 2° C; valores en Gt C (Gt CO₂)

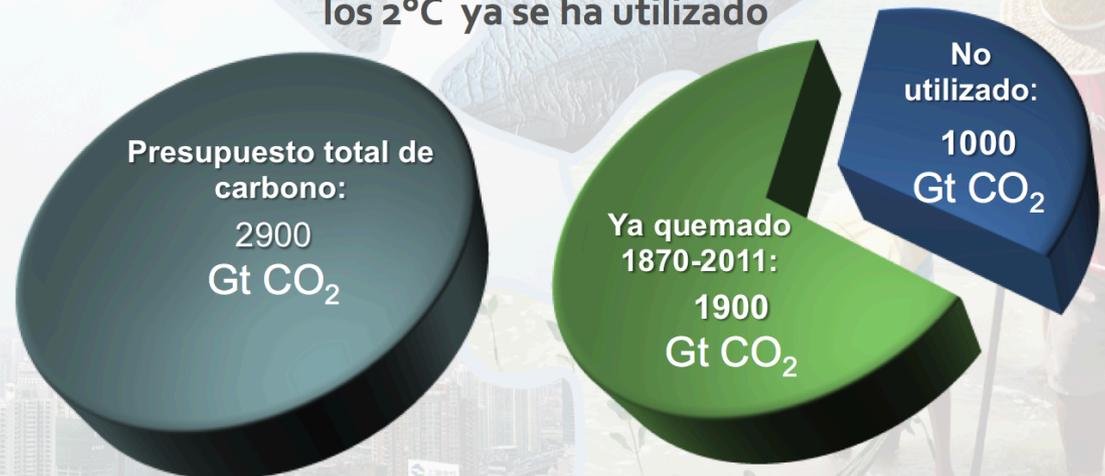
Probabilidad	Emisiones de todos los GEIs (Gt)	Emisiones de CO ₂ exclusivamente (Gt)
> 33 %	1,570 (5,760)	900 (3,300)
> 50 %	1,210 (4,440)	820 (3,010)
> 66 %	1,000 (3,670)	790 (2,900)

Fuente: IPCC, 2013a.

Fig. SPM.10 ↗

Lancet ↗

65% del presupuesto de carbono compatible con el objetivo de los 2°C ya se ha utilizado



Mitigación, puntos finos

La tecnología más prometedora para alcanzar la eliminación de emisiones **era** la captura y almacenaje de carbono (CAC) junto con nuevos métodos para generar energía a partir de biomasa, pues posiblemente permitiría extraer CO₂ de la atmósfera

Sin embargo, la remoción de CO₂ de la atmósfera **no** puede restablecer las condiciones preindustriales en el océano reduciendo la concentración atmosférica de CO₂ al nivel preindustrial
Aún con tasas irrealizablemente elevadas de remoción (25Gt C/a)

Long-term response of oceans to CO₂ removal from the atmosphere

<http://www.nature.com/nclimate/journal/vaop/ncurrent/full/nclimate2729.html>



Mitigación, puntos finos

Las emisiones previas dejan un legado substancial en el ambiente marino, principalmente en el océano profundo, cuyos efectos perduran por siglos

Emitir CO₂ ahora y retirarlo de la atmósfera después, de ninguna forma es equivalente a no haberlo emitido

El carbono que llegue al fondo del océano tardará mucho tiempo en volver a salir; el calor y la acidez frenan la circulación del agua y por lo tanto, reducen la transferencia de oxígeno y nutrientes (más de un milenio para volver del fondo a la superficie)

No existe evidencia sobre la posibilidad de que el añadir alcalinidad (silicatos/carbonatos) para neutralizar la acidez, tenga efectos adversos; a escala global implicaría minar y triturar volúmenes anuales varias veces mayores a la producción actual de carbón



Mitigación, puntos finos

Sólo quedan los nuevos métodos de biomasa

Sanchez et al. (2015) Biomass enables the transition to a carbon-negative power system across western North America. *Nature Climate Change* www.nature.com/nclimate/journal/v5/n3/full/nclimate2488.html

Balakrishnan, M. et al. (2015) Novel pathways for fuels and lubricants from biomass optimized using life-cycle greenhouse gas assessment. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Junio, 2015 www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1508274112

Sin embargo, el énfasis se pone nuevamente en el **uso de combustibles con enormes riesgos de fugas**

Única solución duradera: cambio de sistema económico y fuentes renovables de energía



El mito de la equivalencia con el CO₂

Ampliamente usada en política climática y en comercio de emisiones, resulta rotundamente equivocada para estabilizar la temperatura del planeta

No todas las medidas para reducir las emisiones que se considerarían equivalentes a cierta cantidad de emisiones de CO₂ en el 2030, son realmente equivalentes.

Algunas (CAC), proporcionan una ruta para llegar a emisiones netas nulas o negativas de CO₂; otras (eficiencia energética o reducción de emisiones de GEIs de vida corta) no lo hacen.

En ausencia de un plan para lograr emisiones netas nulas de CO₂, las medidas a corto plazo fallarán final e irremediablemente

Es primordial reconocer la importancia de eliminar las emisiones de CO₂ para diseñar e implementar políticas a largo plazo que, junto con las de corto plazo, permitan eliminar las emisiones de todos los contaminantes climáticos en las

próximas décadas

CO₂ acumulado *versus* GEIs de vida corta

Se ha preferido eliminar GEIs de vida corta (metano, hollín) por ser lo menos caro y por tener impactos a corto plazo (reducir las emisiones de CH₄ a la mitad implica reducir sus abundancias atmosféricas por una cantidad comparable en 2 décadas; en el caso del CO₂ sólo implica que la abundancia siga aumentando con la mitad de la rapidez con la que lo venía haciendo)

Estas medidas sólo tendrán impacto en el calentamiento máximo si las emisiones de CO₂ se reducen drástica y simultáneamente de manera que la temperatura comience a estabilizarse justo después del 2050 (para lo que se requiere que las emisiones de CO₂ vayan desapareciendo hasta anularse justo antes de dicho año)

En el contexto del objetivo global de la Convención Marco de la ONU, la reducción de las emisiones de GEIs de vida corta sólo se vuelve importante cuando las emisiones de CO₂ ya se encuentran en severo e irreversible declive



Intenciones de los países

Las intenciones formales para la mitigación del calentamiento declaradas ante la Organización de las Naciones Unidas se pueden consultar en UNFCCC (2015)

<http://www4.unfccc.int/submissions/indc/Submission%20Pages/submissions.aspx>

y la efectividad real de dichas intenciones en Climate Action Tracker (2015) <http://climateactiontracker.org/countries/>

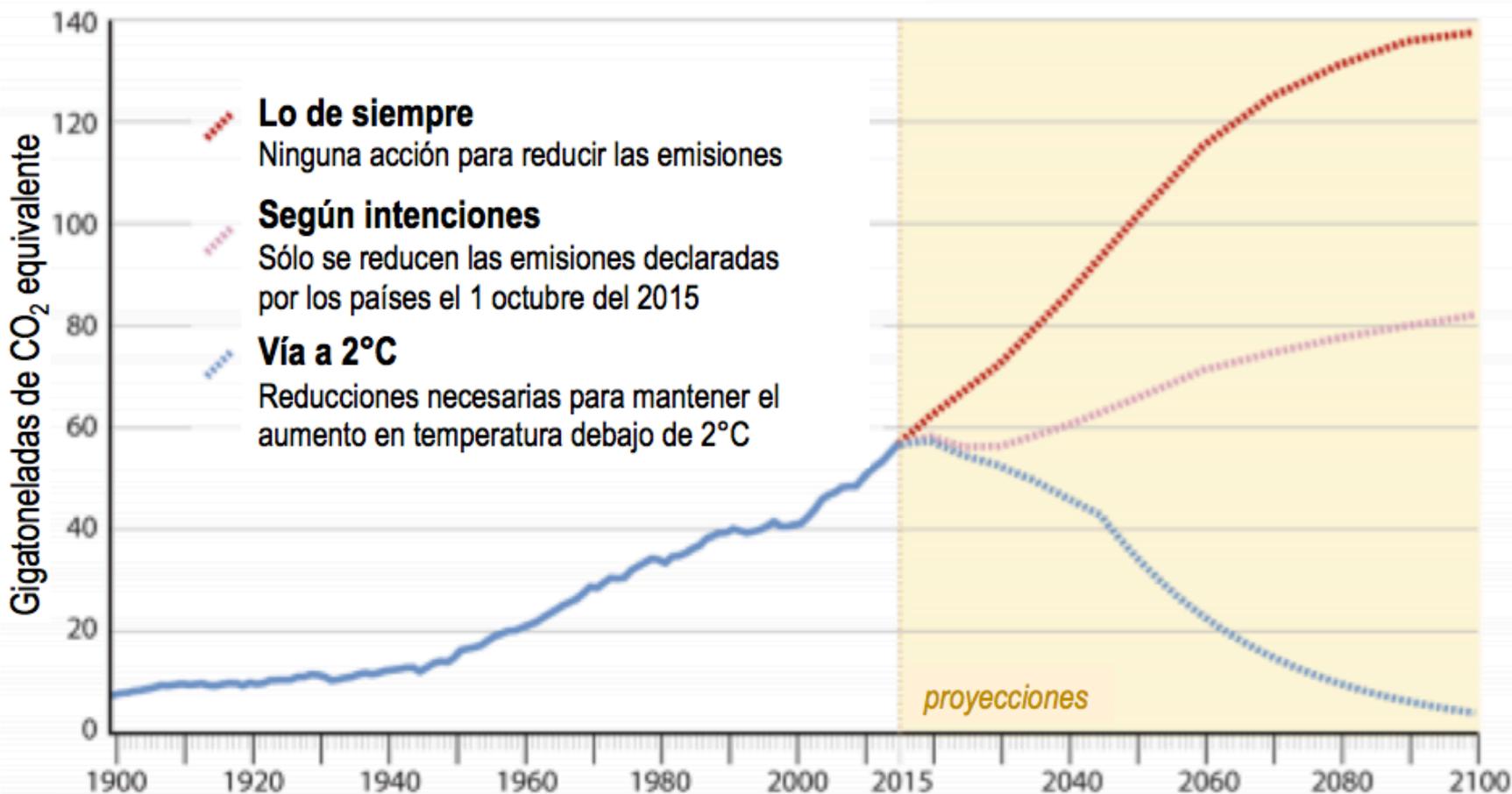
no está por demás mencionar que **las propuestas por México son inadecuadas para el propósito de respetar el límite de calentamiento acordado**, por decirlo de la manera más suave posible





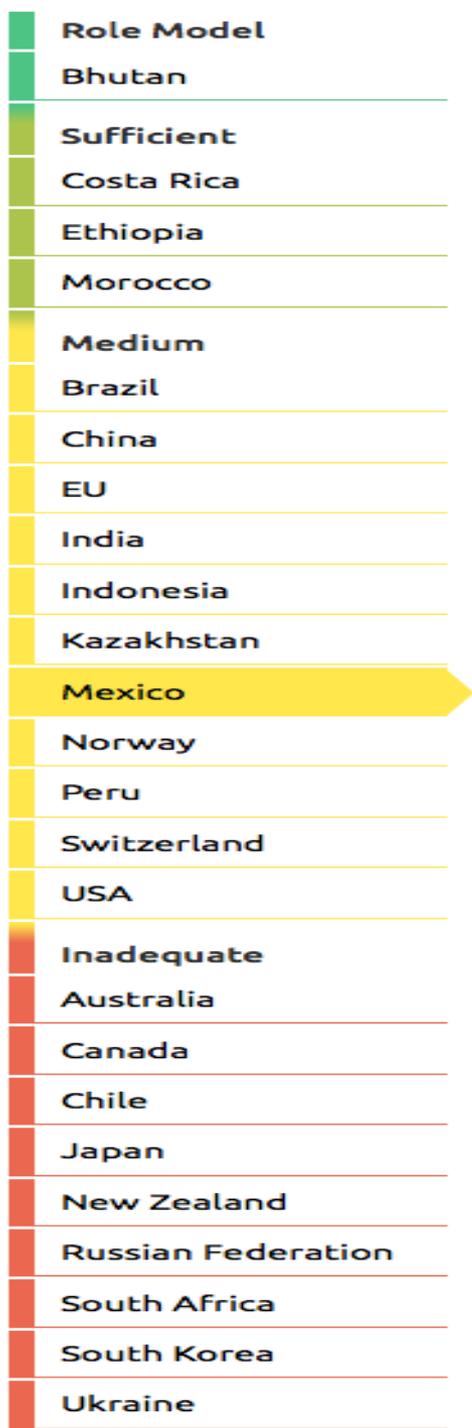
Intenciones de los países Para evitar efectos potencialmente cataclísmicos, el calentamiento debe mantenerse por debajo de 2°C
Las intenciones actuales permitirán un calentamiento de 3.5°C

Emisiones globales de gases de efecto invernadero*



* Se incluyen las emisiones de todos los gases en unidades de CO_2 eq





Modelo a seguir

Más que consistente con el límite $< 2^{\circ}\text{C}$

Suficiente

Consistente con el límite $< 2^{\circ}\text{C}$

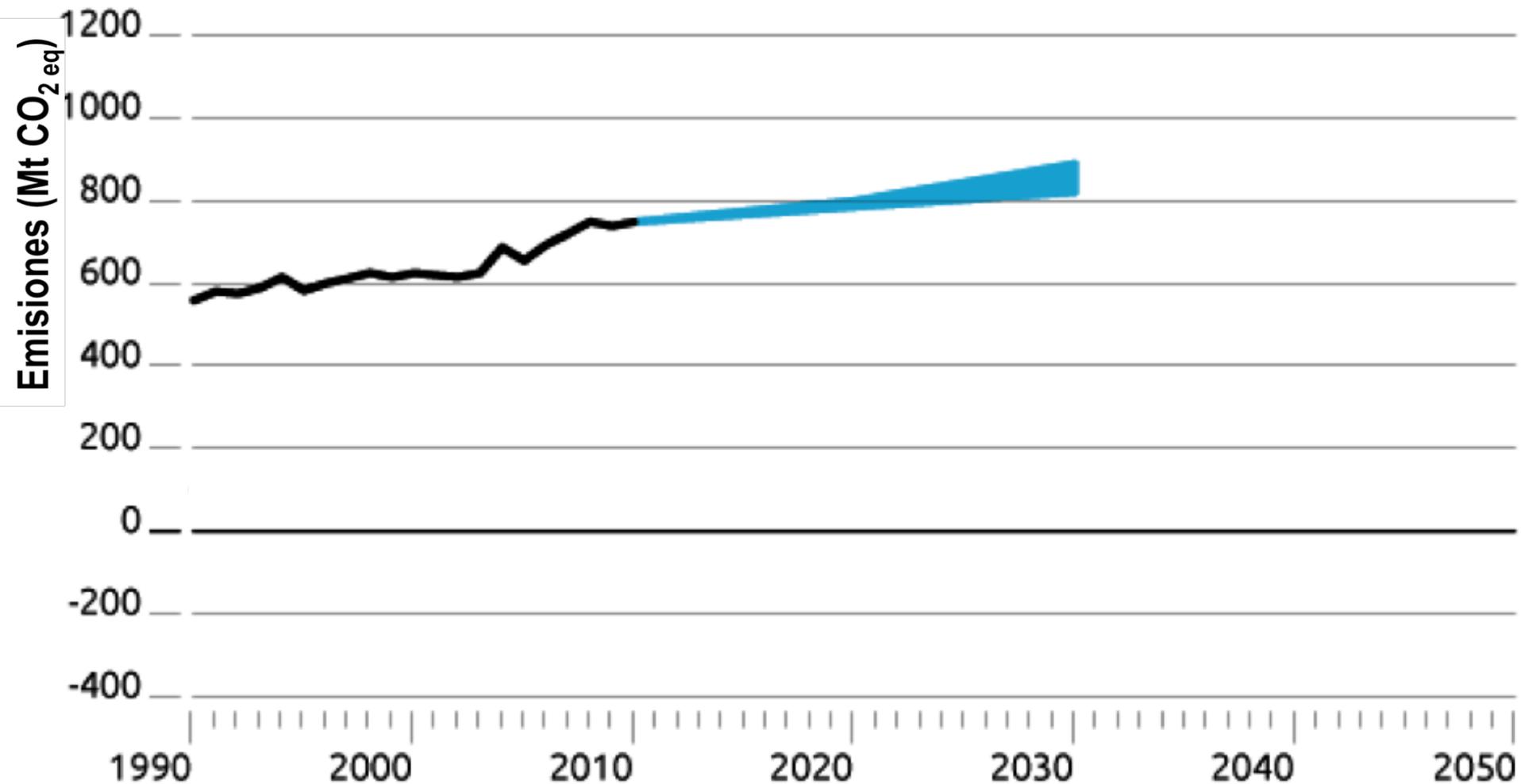
Medio

Inconsistente con limitar el calentamiento a menos de 2°C , requeriría que muchos otros países hicieran un esfuerzo comparablemente mucho mayor y realizaran reducciones mucho más grandes

Inadecuado

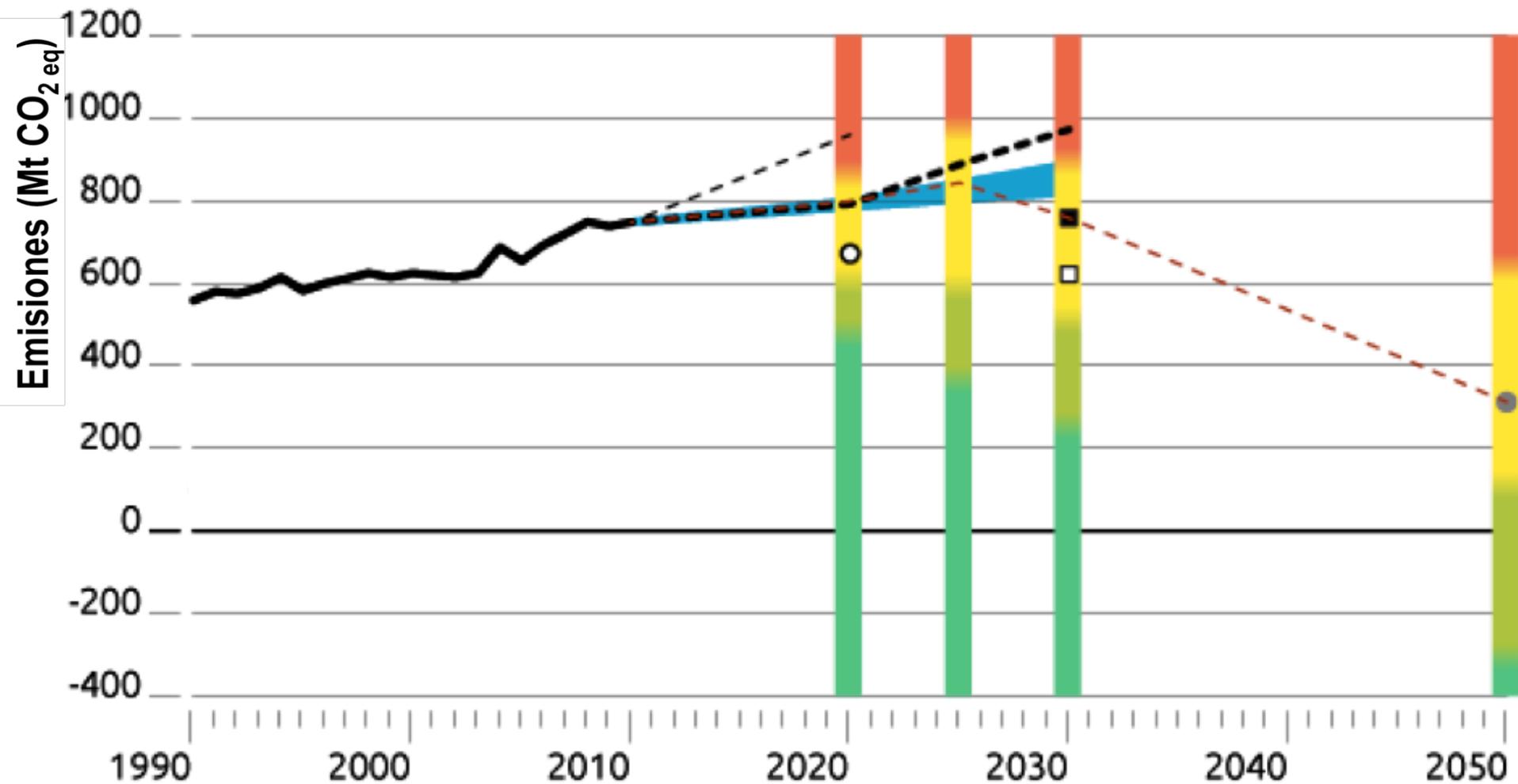
Si todos los gobiernos proponen posiciones inadecuadas el calentamiento probablemente exceda $3\text{--}4^{\circ}\text{C}$

Emisiones de México



Emisiones en 2010: 760Mt CO₂ eq

Emisiones de México



El plan de México para eliminar emisiones de CO₂

Presentado el 30 de marzo del 2015

Compromiso actual: reducción para el 2030 del 22% respecto del BaU empezando en 2013

Compromiso previo: reducción para el 2050 del 50% respecto del 2000

Gases: todos los GEIs no controlados por el Protocolo de Montreal (CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆, NF₃)

Sectores: todos los del IPCC (Energía, procesos industriales y uso de productos, agricultura, silvicultura y uso de suelo, residuos y otros (ej. eutrofización))

El plan de México para eliminar emisiones de CO₂





DUTCH GOVERNMENT SUED FOR CLIMATE ACTION FAILURE

“It’s a lawsuit
out of
love”
– Marjan Minnesma,
executive director, Urgenda

URGENDA



URGENDA

El IPCC concluyó que para estabilizar las emisiones de GEIs en 450 ppm, los países en el Anexo 1 deben reducir sus emisiones de GEIs entre 25% y 40% para el 2020 y entre 80% y 95% para el 2050, en ambos casos respecto de los niveles en 1990

La corte basándose en la 4ta Evaluación Científica del IPCC (2007) --incluyendo la conclusión de que para alcanzar la meta de respetar el límite al calentamiento de 2 °C, las concentraciones atmosféricas de GEIs estabilizadas en 450 ppm CO₂ significarían prevenir un calentamiento mayor a dicho límite con una probabilidad del 50%-- decide

URGENDA

... dado que el estabilizar las concentraciones atmosféricas de los GEIs en 450 ppm probablemente no sea lo suficientemente riguroso para mantener el calentamiento por debajo de los 2 °C, sin mencionar que quizá sea necesario un límite más protector de 1.5 °C para prevenir un calentamiento catastrófico,

todas las naciones desarrolladas tienen la obligación tanto legal como ética de reducir sus emisiones de GEIs por un mínimo del 25% para el 2020 respecto de sus niveles en 1990, pero debido a que la meta de una concentración atmosférica de 450 ppm probablemente no sea suficientemente protectora, los compromisos nacionales de los países desarrollados deben ser reducciones mayores al 25% del nivel en 1990 para el 2020

URGENDA

La corte da la razón a Urgenda cuando argumenta que

La postposición de los esfuerzos de mitigación, como actualmente lo propone el Estado (reducción menos estricta entre el presente y 2030 y una reducción importante a partir del 2030), **causará un efecto de acumulación que resultará en niveles más elevados de CO₂ en la atmósfera** en comparación con una reducción porcentual más uniforme o lineal que se inicie el día de hoy

Una meta de reducción más alta para el 2020 (40, 30 ó 25%) causará una acumulación total más baja de GEIs a lo largo de un lapso mayor en comparación con la meta de menos del 20% elegida por el Estado

URGENDA

Seguir **la vía de reducción del Estado**, aún y cuando también apunta a lograr la meta de 2 °C, contribuirá de hecho a aumentar de manera importante el riesgo de un cambio climático peligroso y por lo tanto, **no puede ser considerada como una alternativa suficiente y aceptable a la mayor reducción, científicamente reconocida y provada, de entre 25 y 40% en el 2020**

Limitar el calentamiento a menos de 2 °C con una alta probabilidad significa que será necesario anular por completo las emisiones de GEIs entre el 2060 y el 2080 y que probablemente las emisiones deban ser negativas subsecuentemente; **las emisiones de CO₂ de la quema de combustibles fósiles y de la industria necesitarán anularse tan pronto como el 2045 y no después del 2065 y volverse negativas subsecuentemente**

J Hansen Oregon



GRACIAS



“LA CIENCIA Y LA POLÍTICA DEL
CAMBIO CLIMÁTICO EN MÉXICO”

ansar@matcuer.unam.mx