



Center for Climate
and Resilience Research
www.CR2.cl



UNIVERSIDAD
DE CHILE
PATROCINA



UNIVERSIDAD
DE CONCEPCIÓN



UNIVERSIDAD
AUSTRAL DE CHILE

INSTITUCIONES ASOCIADAS



CONICYT

FINANCIA



Cambio climático, contexto internacional, e impactos en Chile

Center for Climate and Resilience Research (CR)²

Mesa de Retiro y/o Reconversión de Unidades a Carbón
Ministerio de Energía
23 de octubre de 2018

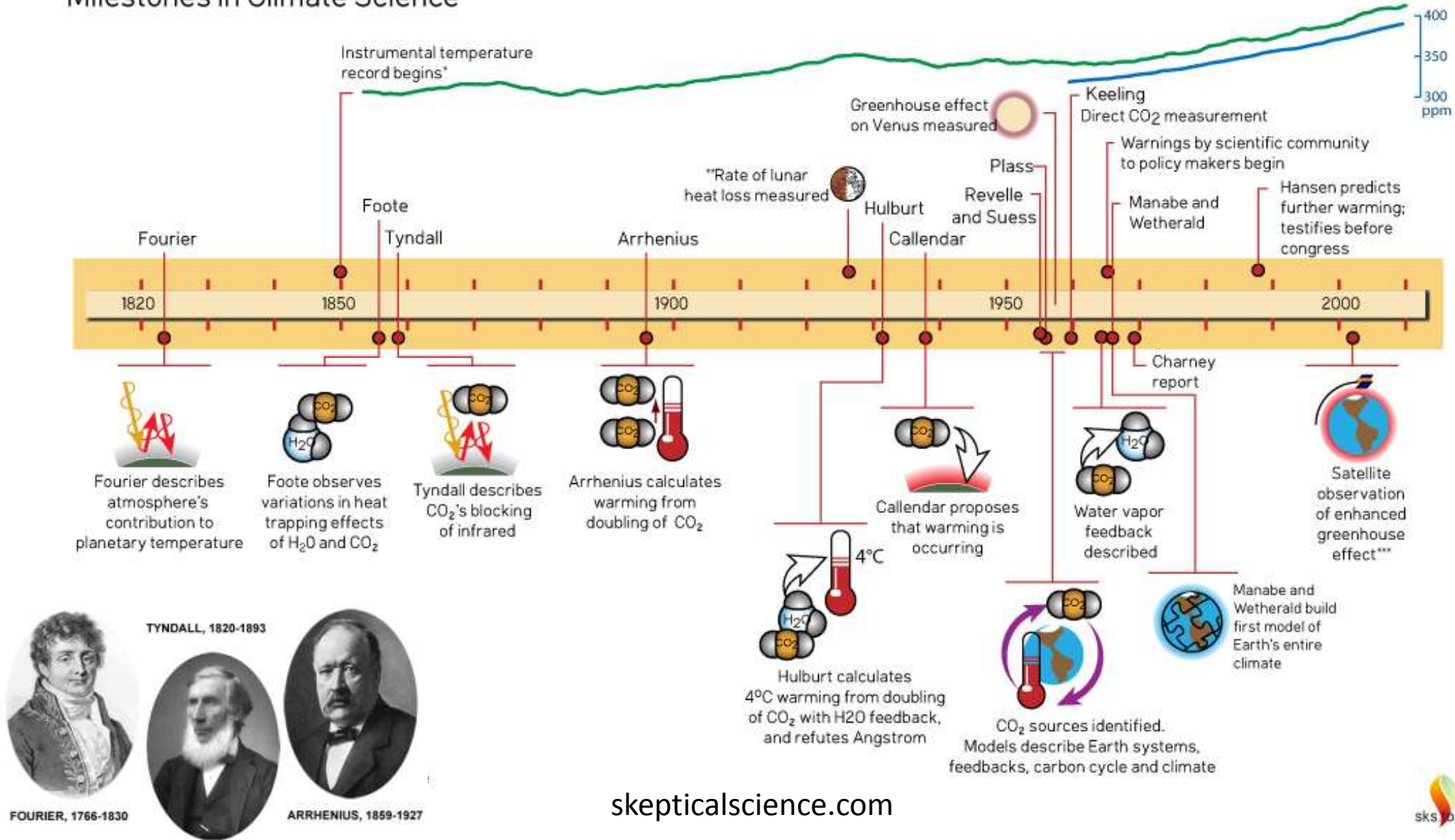
 www.cr2.cl

 [@cr2_uchile](https://twitter.com/cr2_uchile)

 [/cr2uchile](https://facebook.com/cr2uchile)

- Cambio Climático: perspectiva histórica y contexto global
- Impactos en Chile
- Acuerdo de París e Informe IPCC +1.5°C

Milestones in Climate Science



Cambio Climático: perspectiva histórica y contexto global

Joseph Fourier (inicios del sXIX): La temperatura media de la Tierra (+15°C) no es la que corresponde según su distancia al Sol (-17°C). La atmósfera genera un efecto “frazada” en la superficie Terrestre.

John Tyndall (mediados del sXIX): El vapor de agua y el dióxido de carbono (CO₂), a pesar de ser gases minoritarios en la atmósfera, ejercen un efecto invernadero notable.

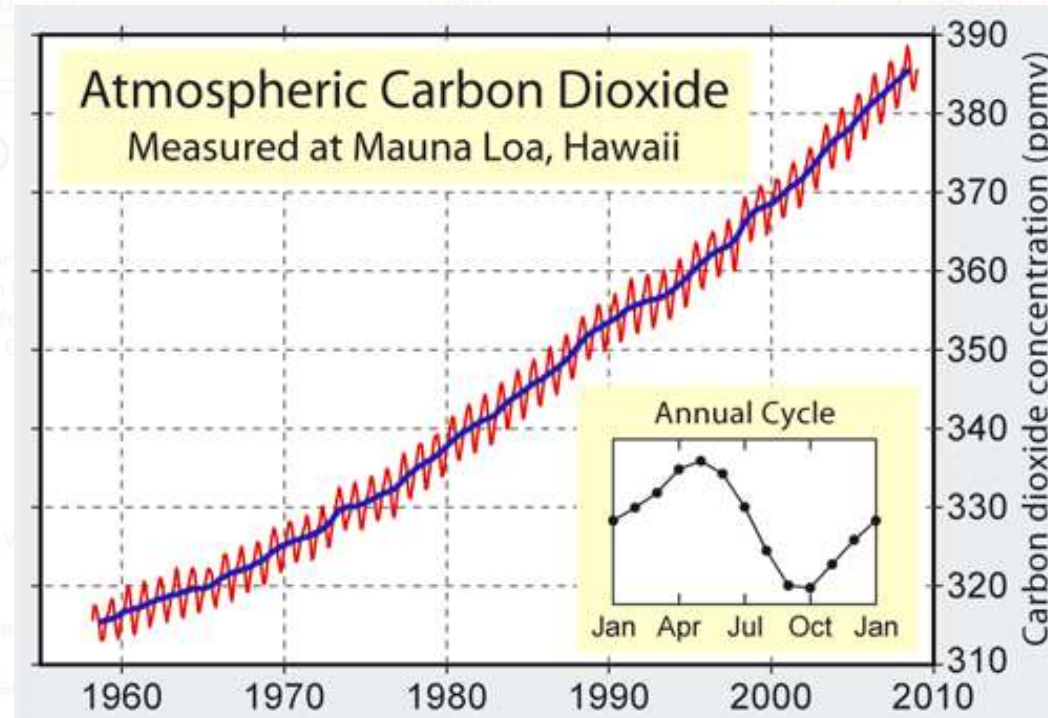
Svante Arrhenius (finales del sXIX): La respuesta en temperatura al aumento (o disminución) de [CO₂] se amplificaría por cambios en el contenido de vapor de agua. La T media de la Tierra debería aumentar en 5-6°C con el doble de [CO₂].

Guy Callendar (inicios de sXX): Incipiente aumento en las T global podría explicarse por un incremento de un 10% en la concentración de CO₂.

A pesar de lo visionario de estos trabajos, habían muchas dudas (fundadas) en la comunidad científica de la época por conclusiones y estimaciones basadas en observaciones muy escasas.

Charles David Keeling

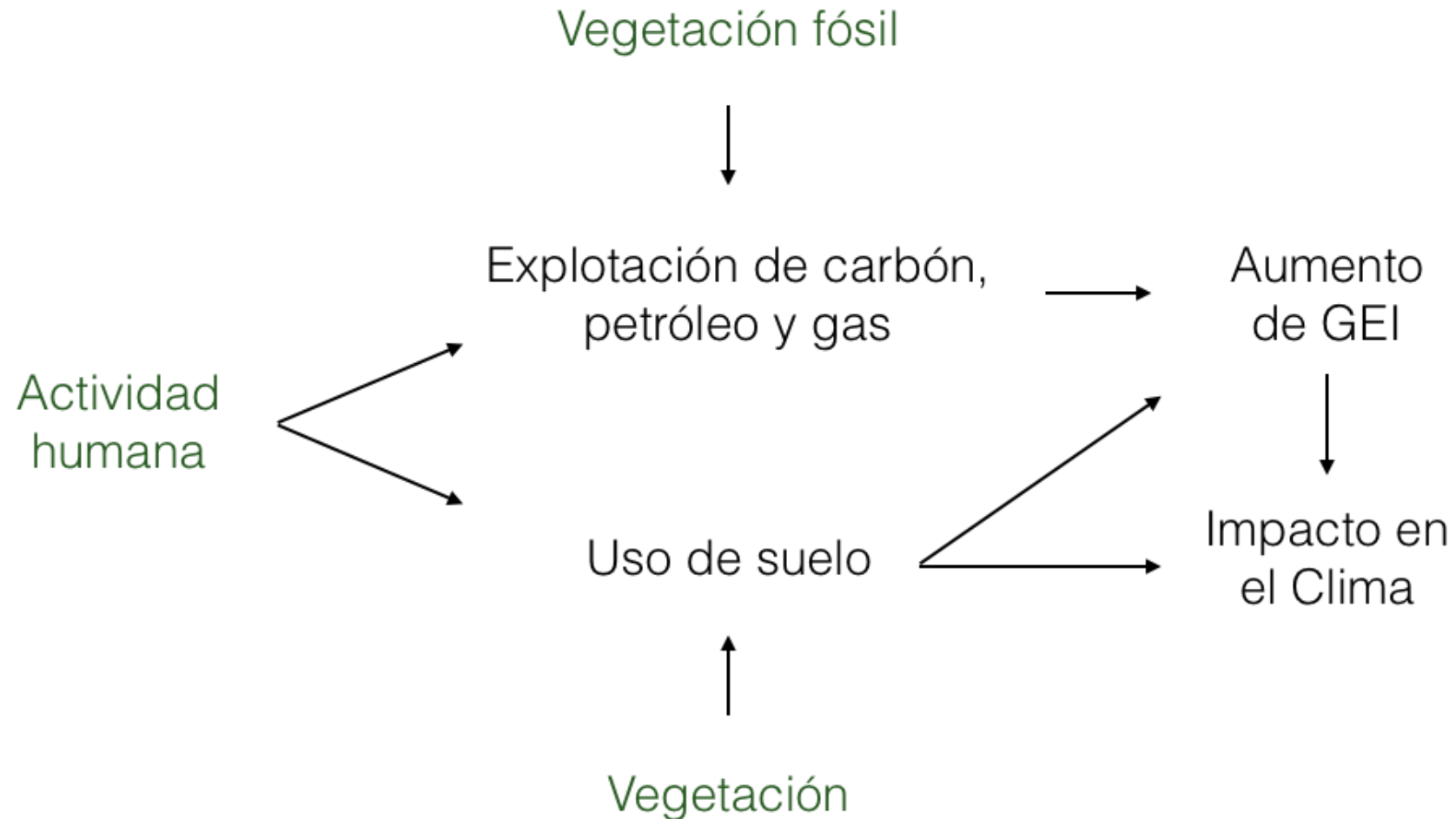
Monitoreo de [CO₂] en Hawaii da lugar a la famosa curva de Keeling. Solo dos años luego del inicio de las observaciones (1957), se constató un aumento no natural de [CO₂], consistente con las emisiones globales de este gas.



www.SkepticalScience.com
Source: All events are from Spencer V. The Discovery of Global Warming unless noted otherwise:
www.aip.org/history/climate/timeline
* Temperature graph, GISS
** Pierrehumbert, Principles of Planetary
*** Nature, 15 March 2001

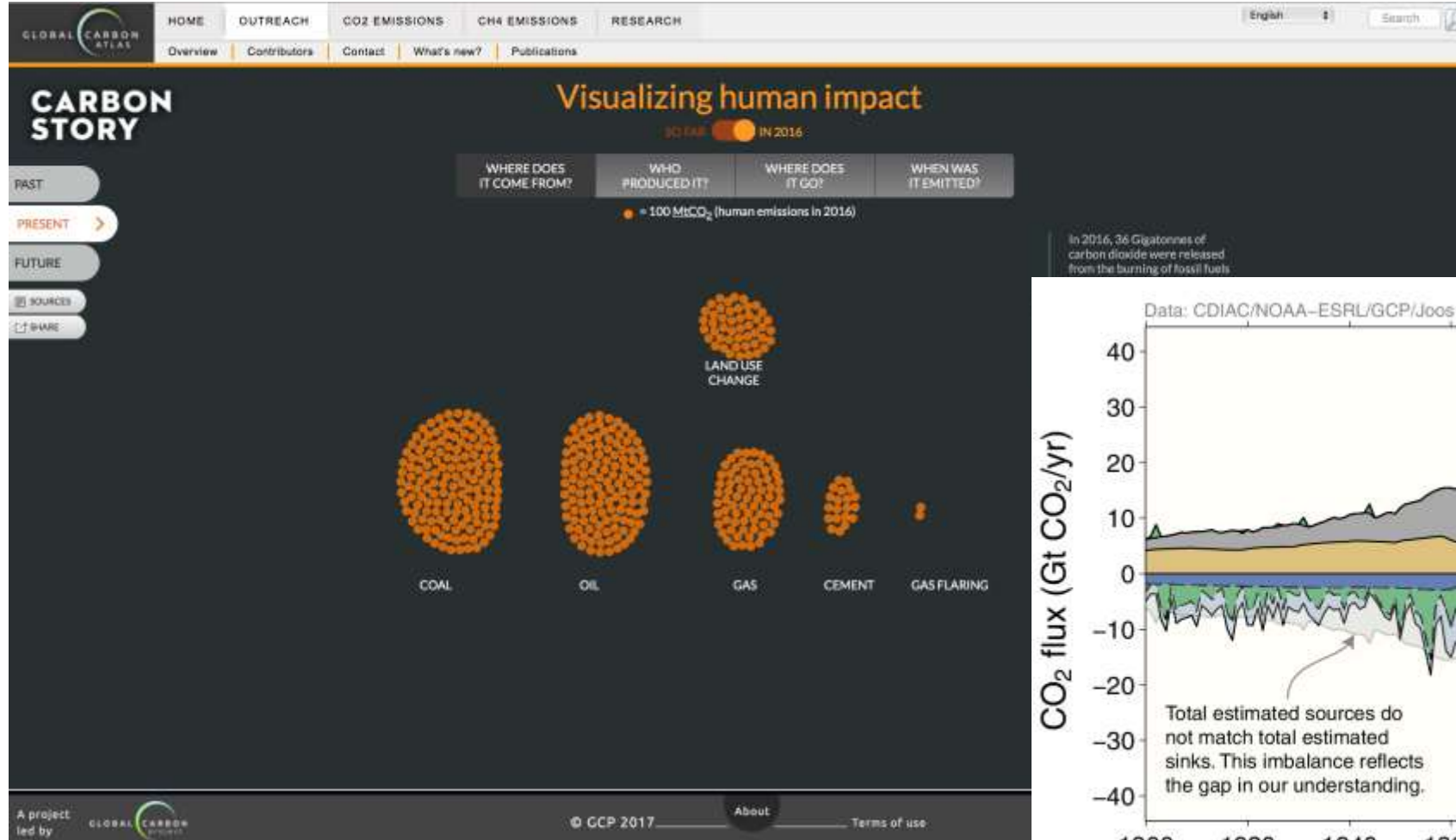
Cambio Climático: perspectiva histórica y contexto global

Revolución industrial y desequilibrio en el ciclo global del carbono



Cambio Climático: perspectiva histórica y contexto global

Revolución industrial y desequilibrio en el ciclo global del carbono



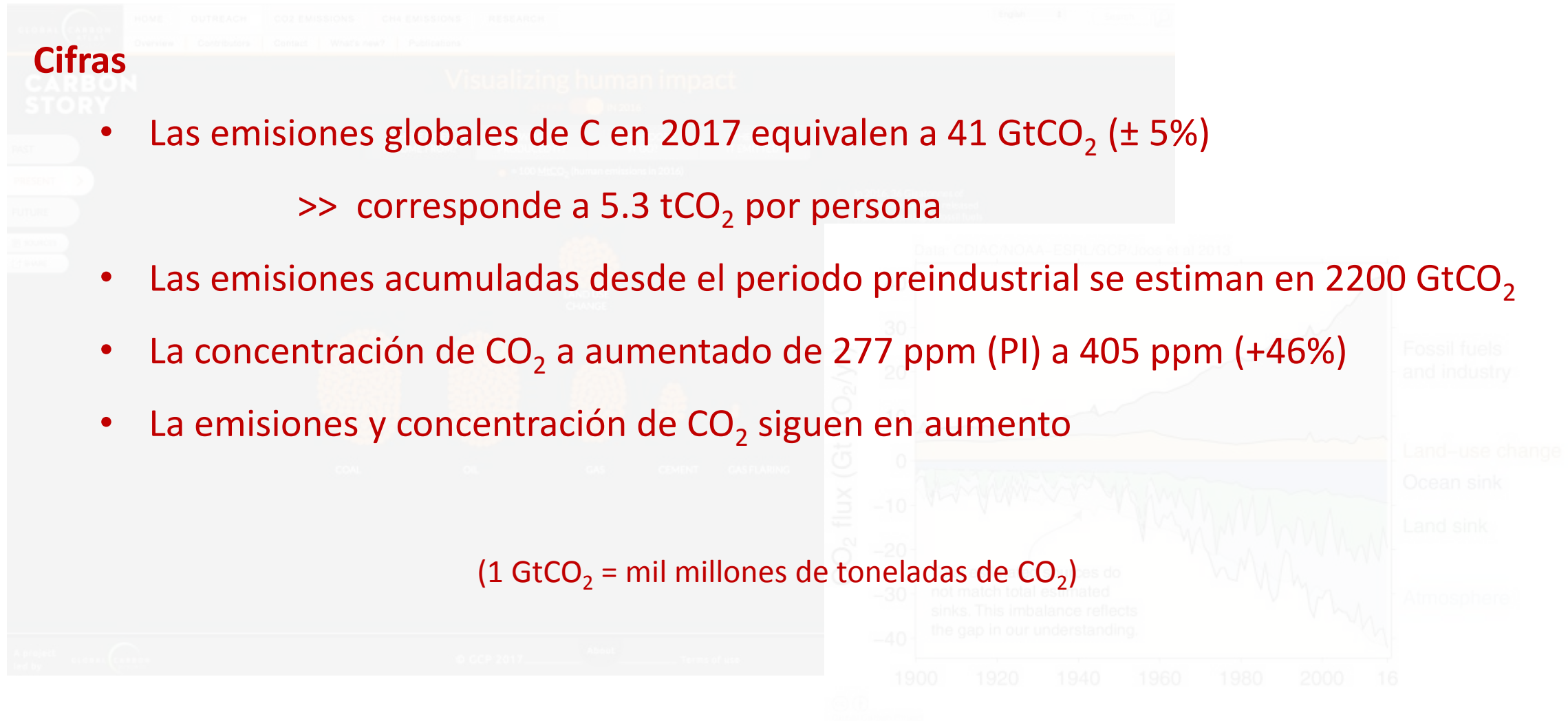
Cambio Climático: perspectiva histórica y contexto global

Revolución industrial y desequilibrio en el ciclo global del carbono

Cifras

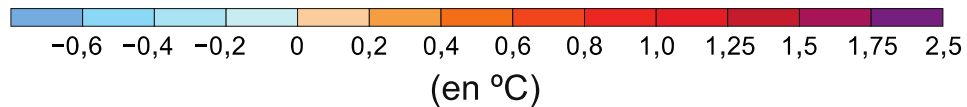
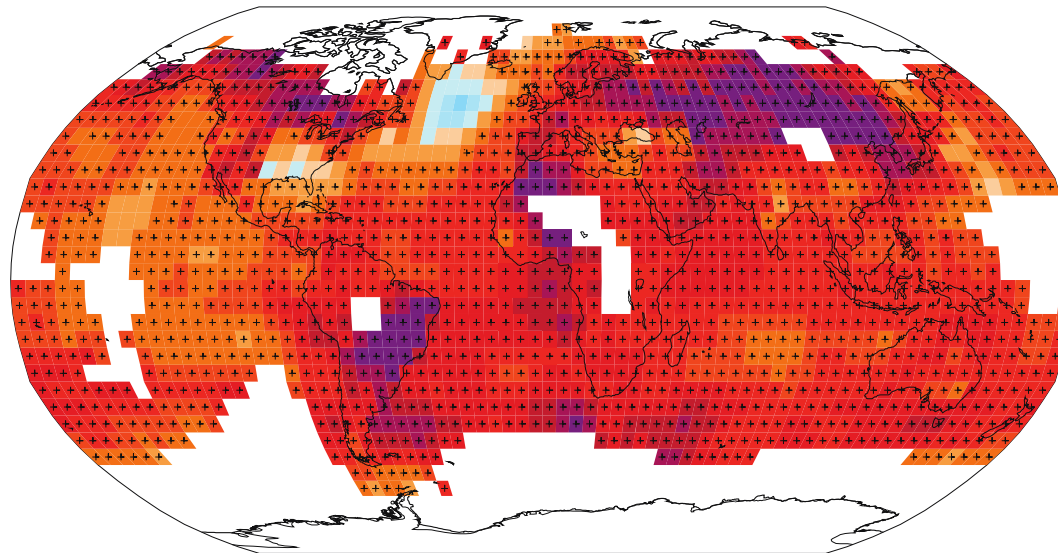
- Las emisiones globales de C en 2017 equivalen a 41 GtCO₂ (± 5%)
>> corresponde a 5.3 tCO₂ por persona
- Las emisiones acumuladas desde el periodo preindustrial se estiman en 2200 GtCO₂
- La concentración de CO₂ a aumentado de 277 ppm (PI) a 405 ppm (+46%)
- La emisiones y concentración de CO₂ siguen en aumento

(1 GtCO₂ = mil millones de toneladas de CO₂)



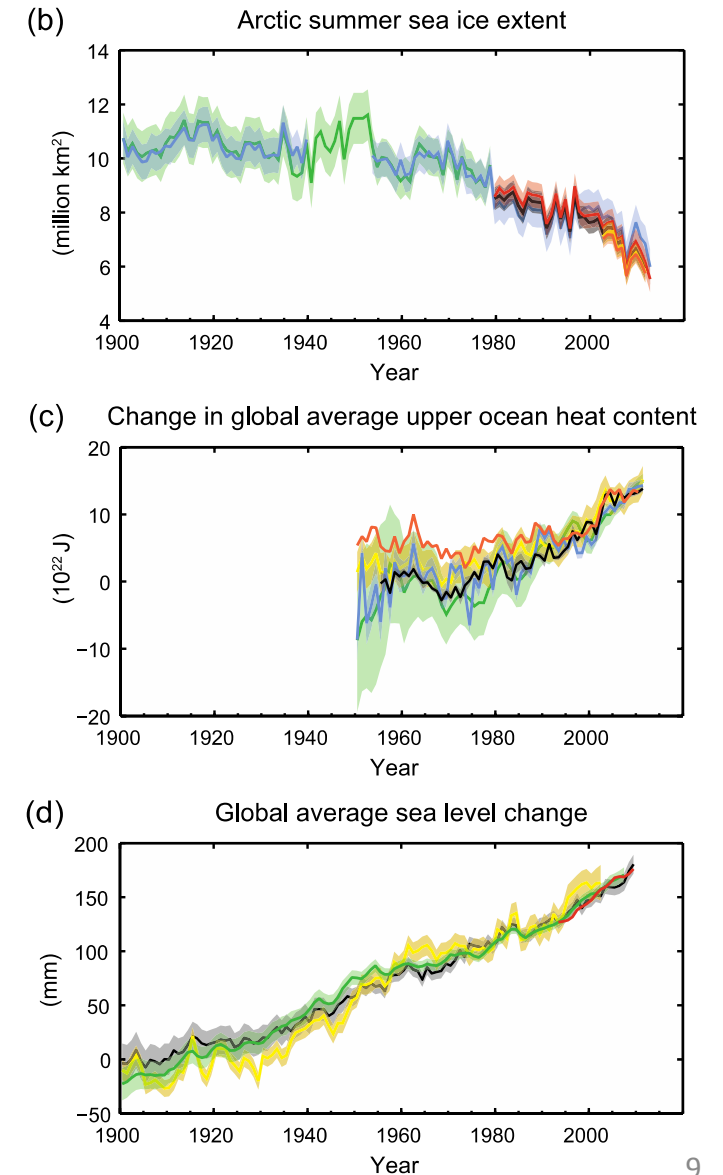
Cambios históricos en el clima

Cambio observado en la temperatura en superficie, 1901-2012



IPCC AR5 (2013)

¿Cambio forzado por la actividad humana
o variabilidad natural?



Cambio Climático: perspectiva histórica y contexto global

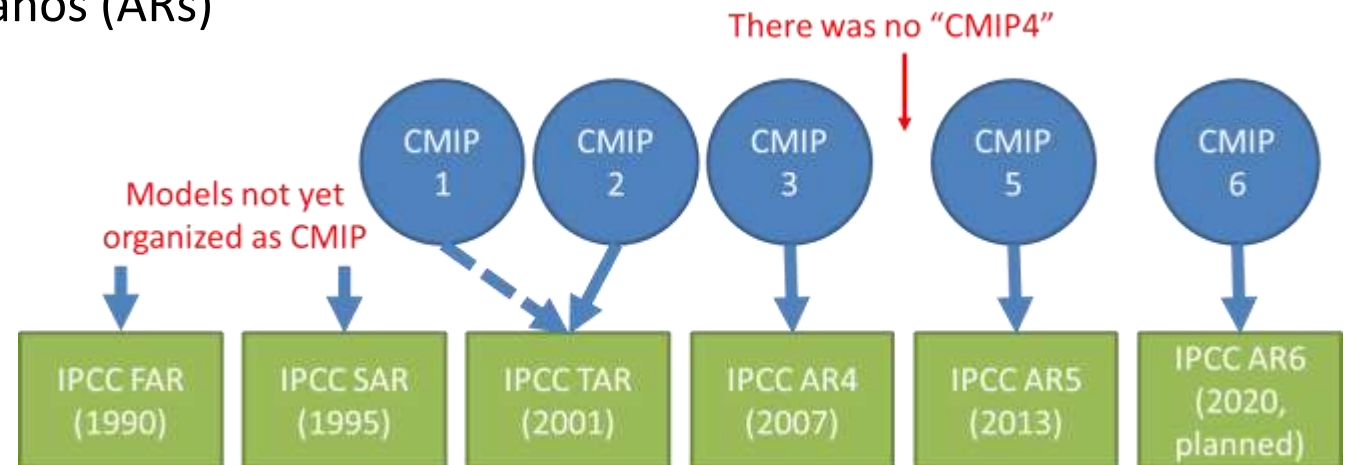
CMIP (*Coupled Model Intercomparison Project*)

Plataforma de cooperación internacional para generar experimentos de modelización climática coordinados, insumo fundamental para el diagnóstico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, ONU).

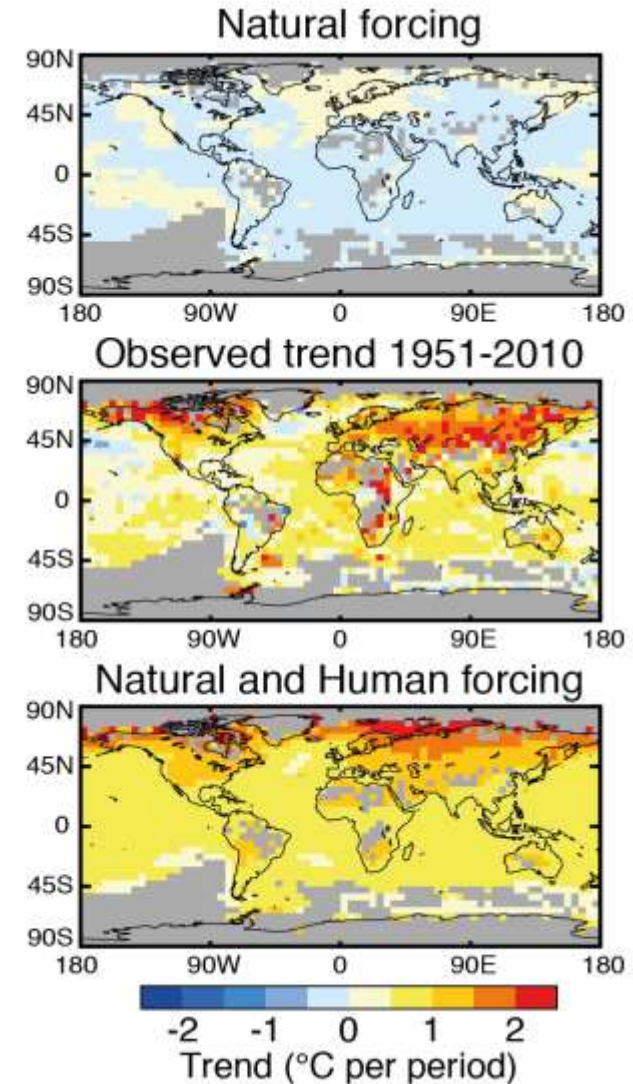
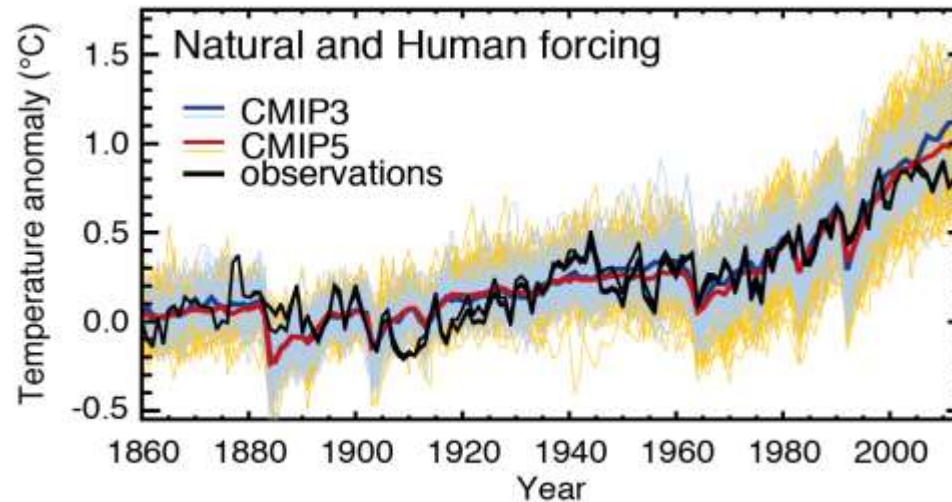
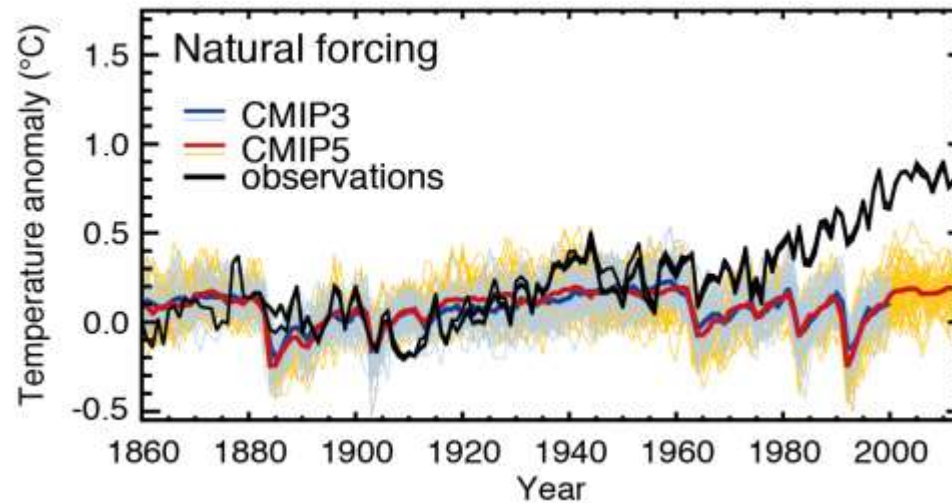
- Diagnóstico en la perturbación del ciclo del carbono y su impacto en el clima del pasado
- Proyecciones climáticas e incertidumbre
- Experimentos idealizados para comprender mecanismos de cambio

IPCC

- Avances en Ciencia del Cambio Climático (WG1), Impactos (WG2) y Mitigación (WG3)
- Informes de evaluación cada ~ 7 años (ARs)
- Informes especiales, +++



Detección y atribución (D&A) de cambios

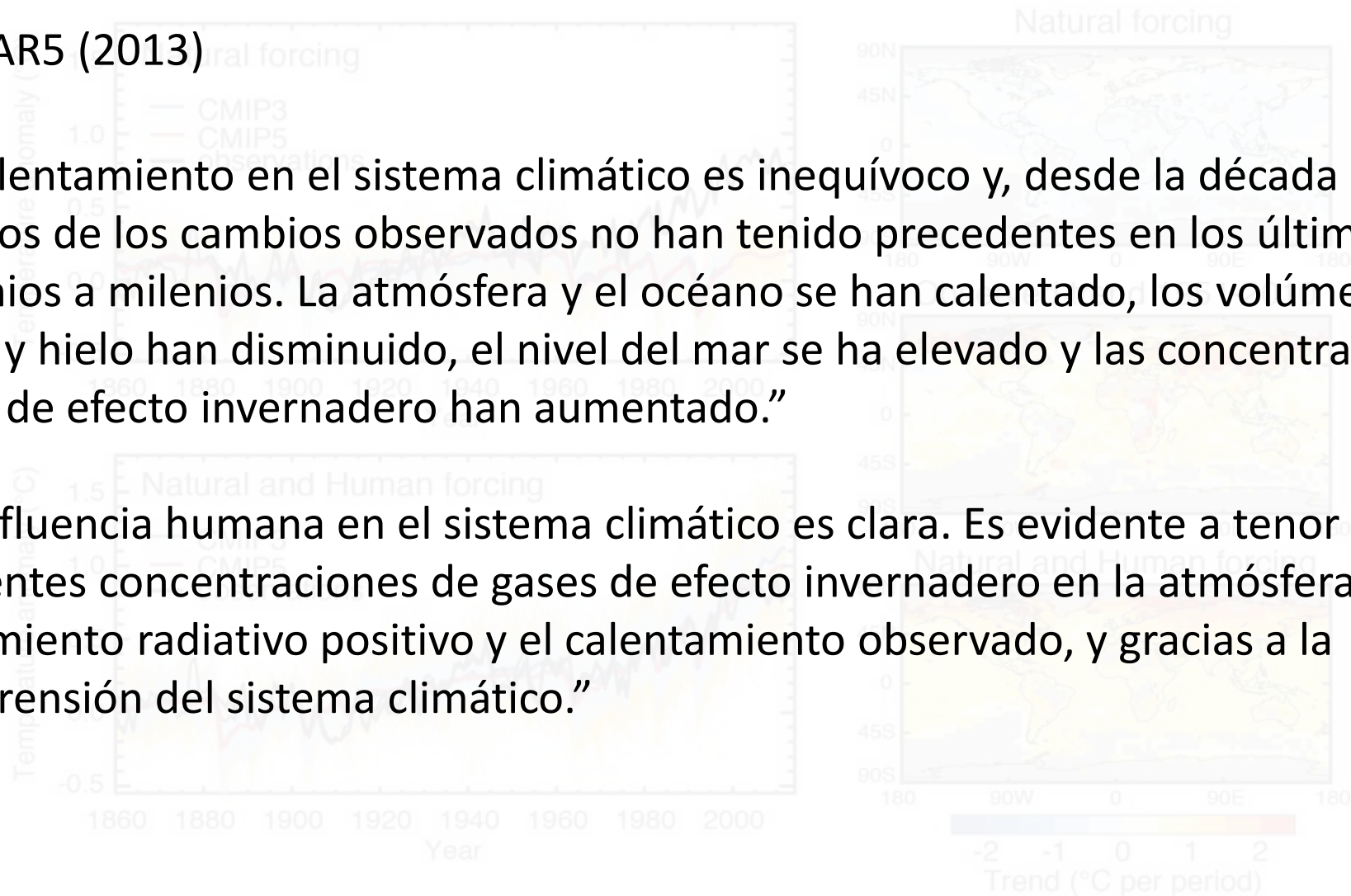


Detección y atribución (D&A) de cambios

IPCC AR5 (2013)

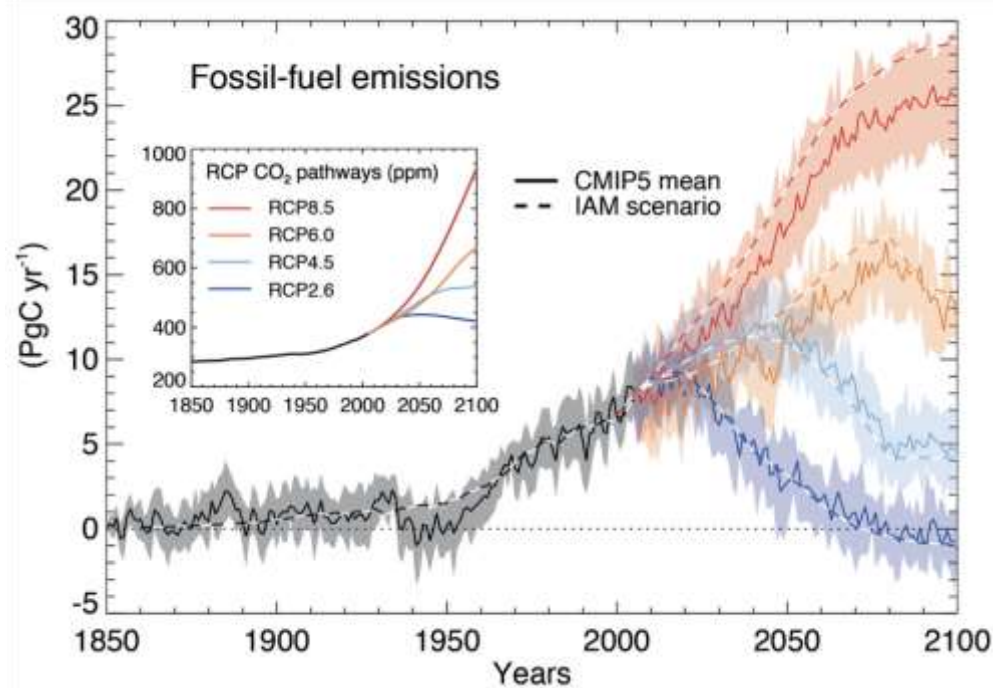
“El calentamiento en el sistema climático es inequívoco y, desde la década de 1950, muchos de los cambios observados no han tenido precedentes en los últimos decenios a milenios. La atmósfera y el océano se han calentado, los volúmenes de nieve y hielo han disminuido, el nivel del mar se ha elevado y las concentraciones de gases de efecto invernadero han aumentado.”

“La influencia humana en el sistema climático es clara. Es evidente a tenor de las crecientes concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera, el forzamiento radiativo positivo y el calentamiento observado, y gracias a la comprensión del sistema climático.”



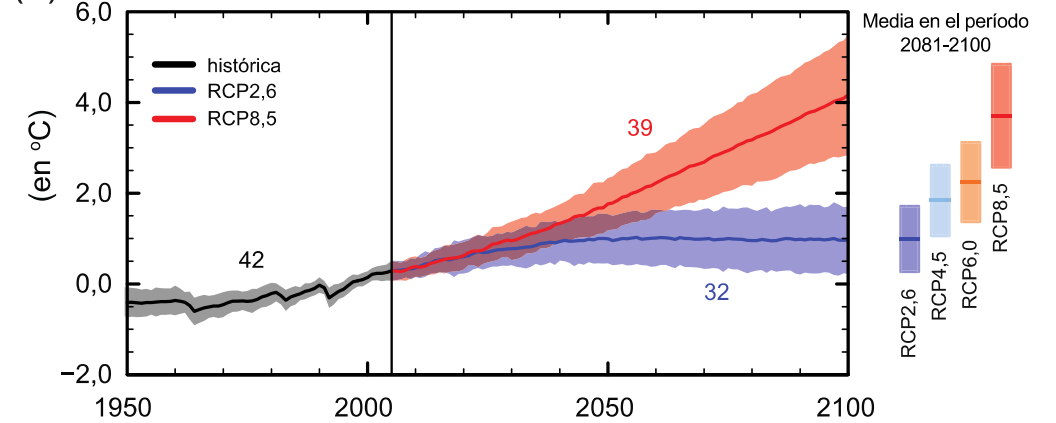
Cambio Climático: perspectiva histórica y contexto global

Proyecciones climáticas según escenarios socio-económicos

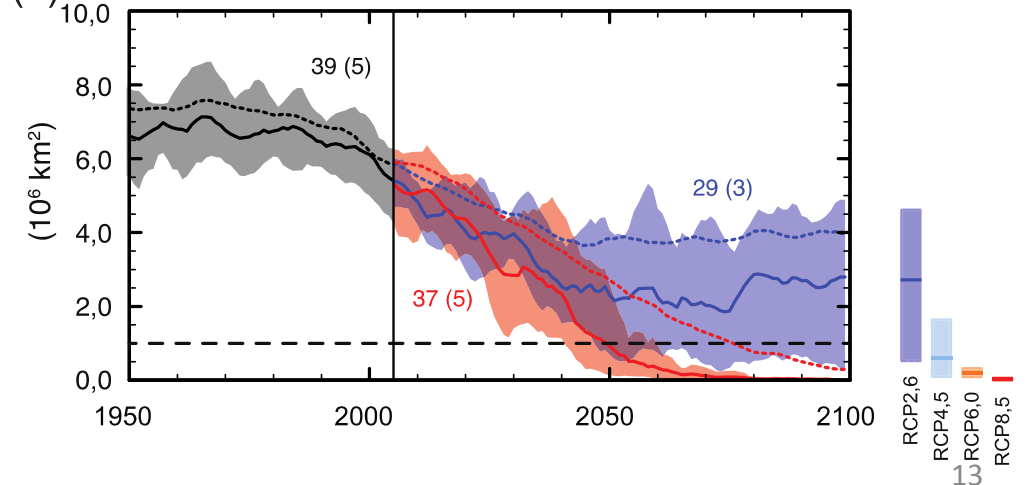


IPCC AR5 (2013)

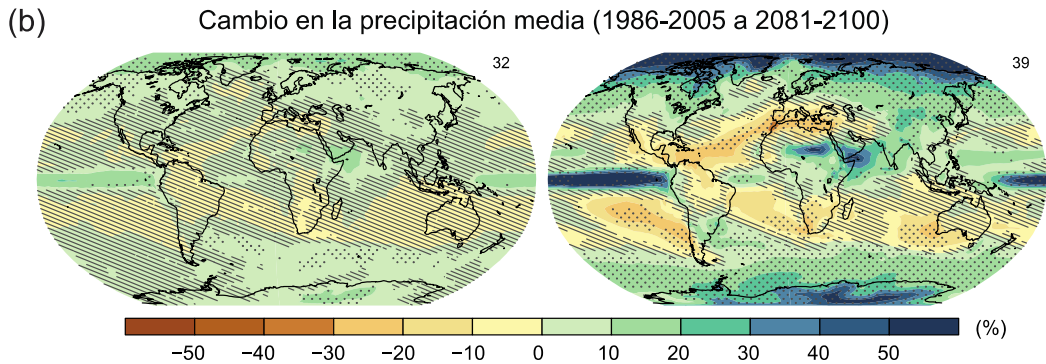
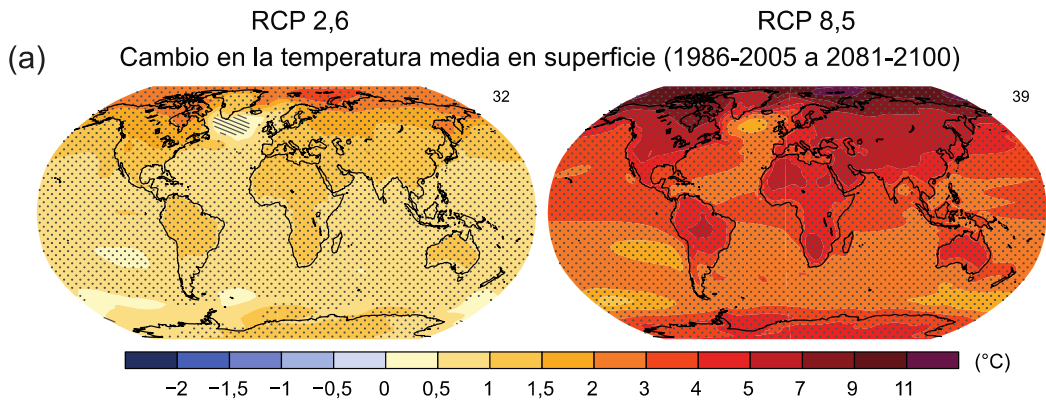
(a) Cambio en la temperatura media global en superficie



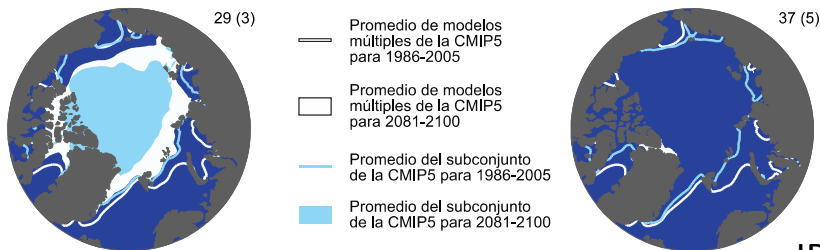
(b) Extensión del hielo marino en septiembre en el hemisferio norte



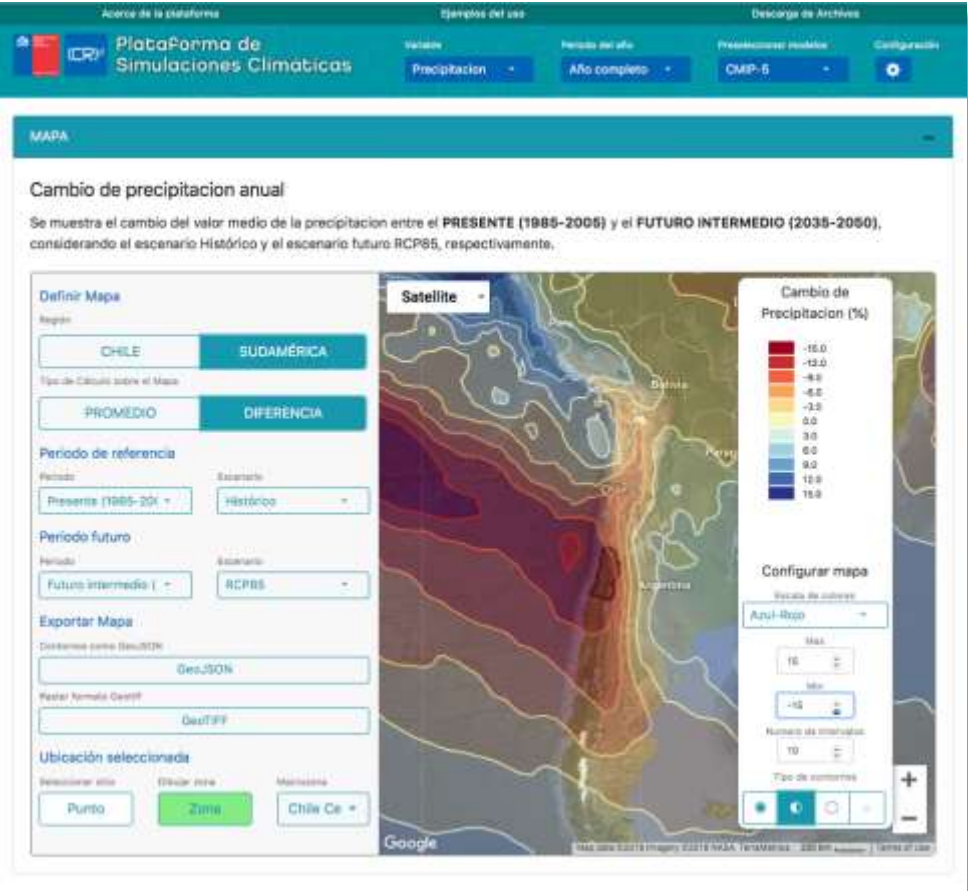
Proyecciones climáticas según escenarios socio-económicos



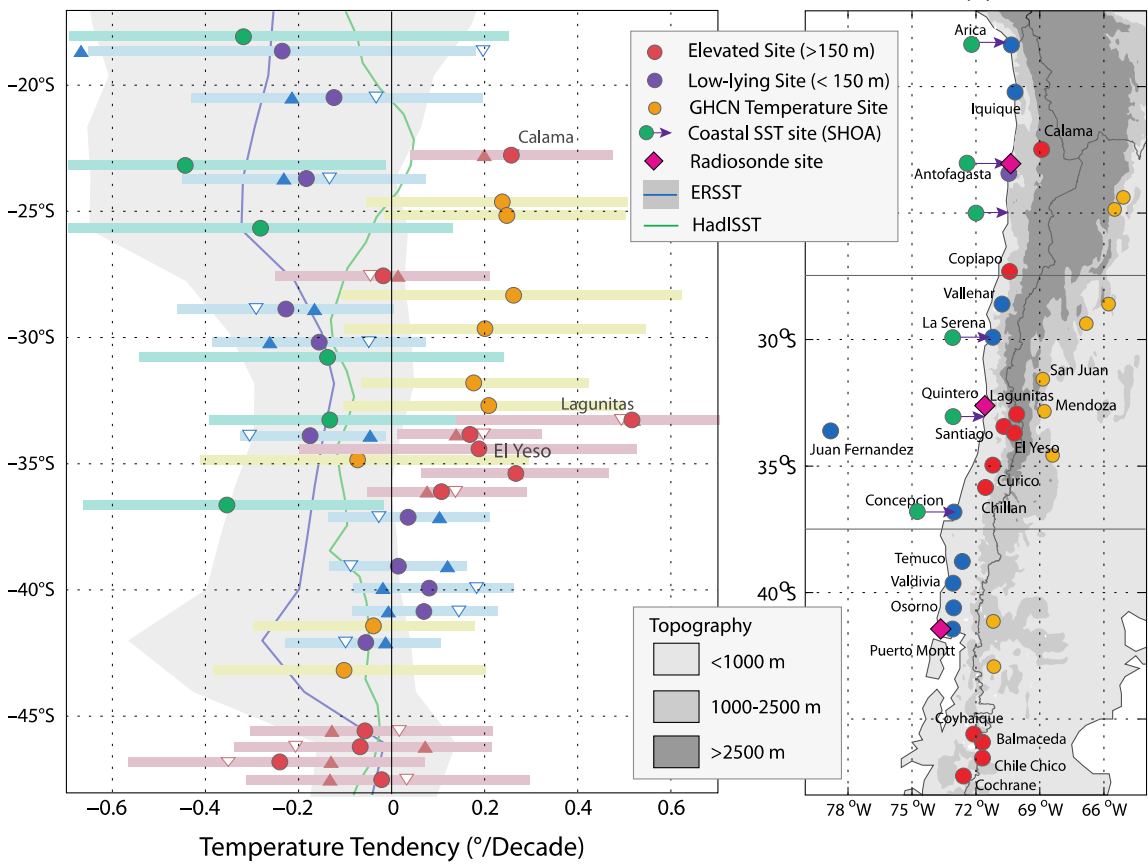
(c) Extensión de hielo marino en septiembre en el hemisferio norte (promedio para 2081-2100)



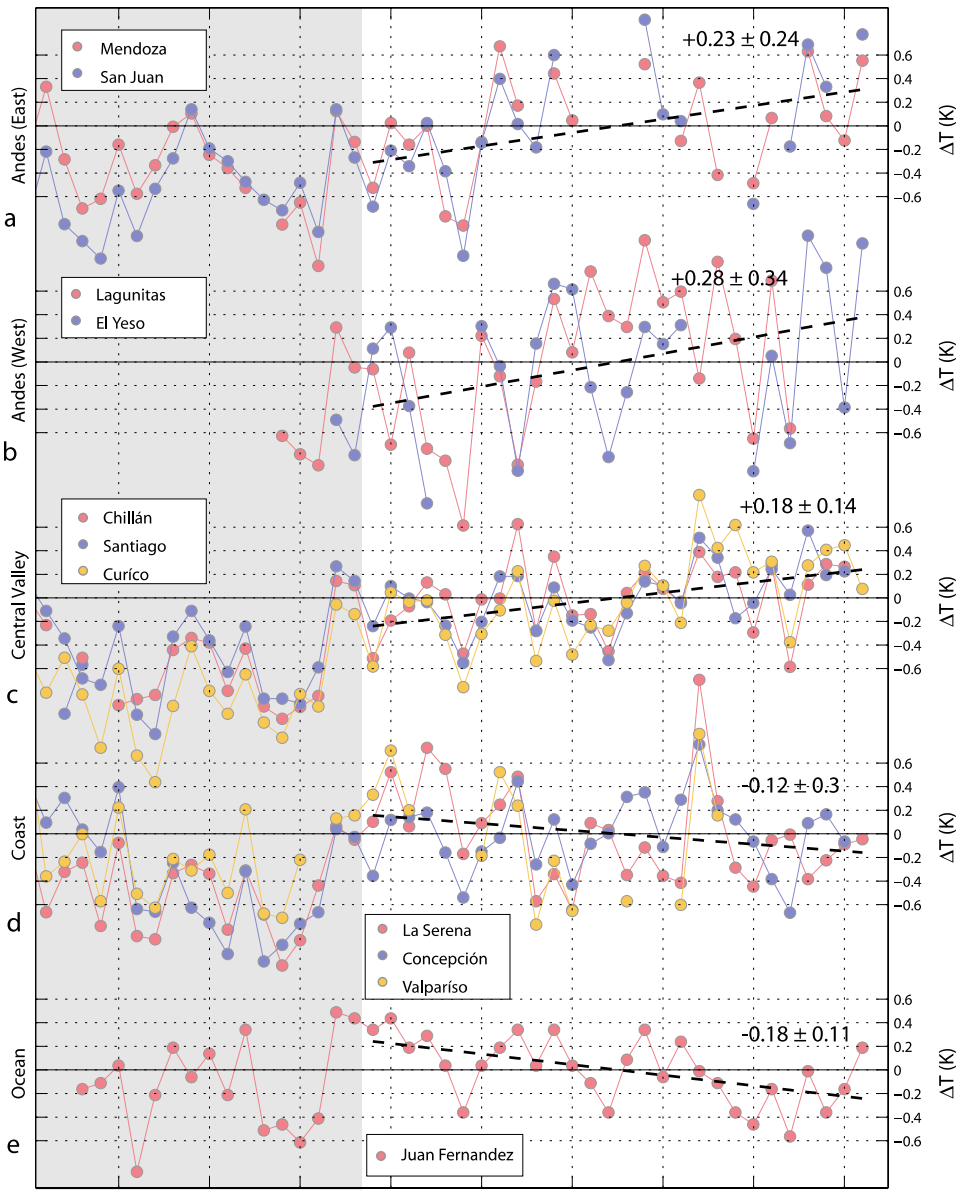
<http://simulaciones.cr2.cl>



Cambios de temperatura entre 1979-2006



Falvey & Garreaud 2009

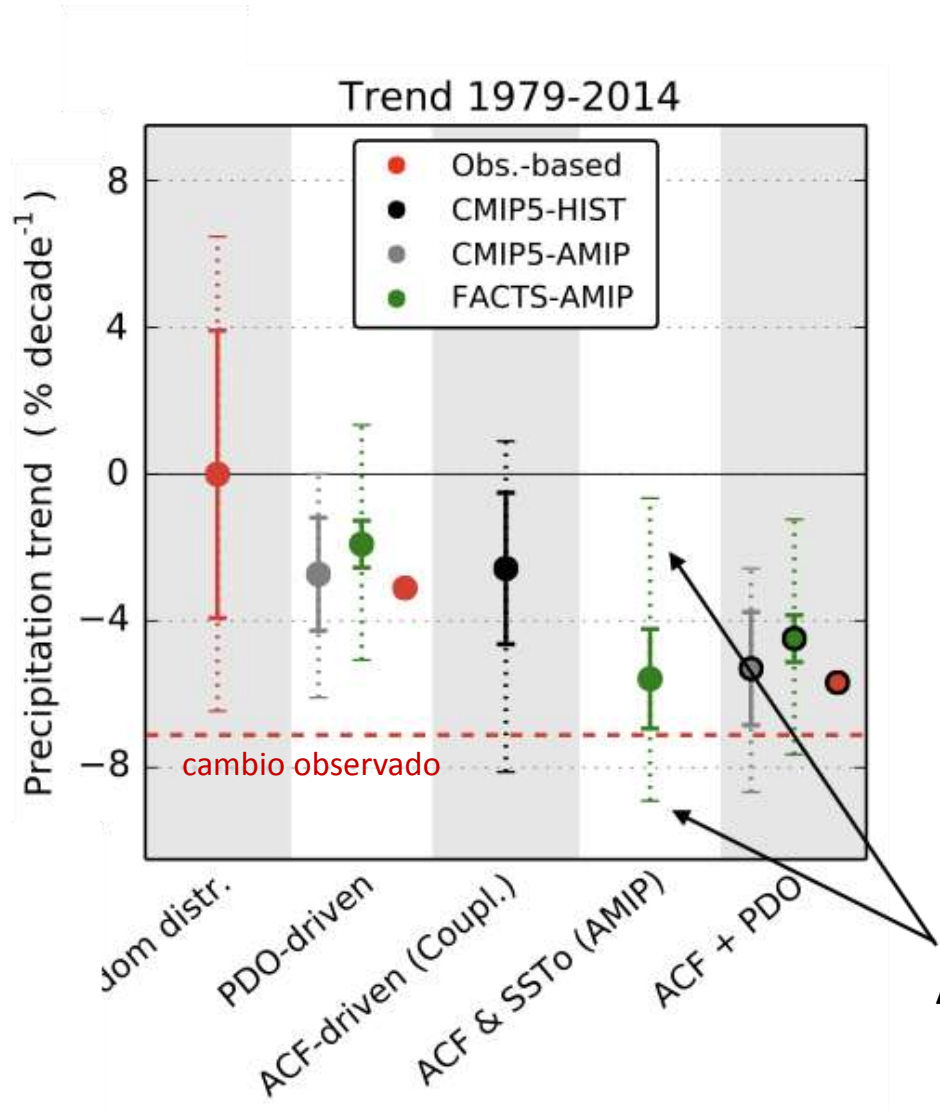


1960

2006

Cambio climático en Chile

Cambios en la precipitación



Oscilación Decadal del Pacífico (natural) ~ 1/3

+

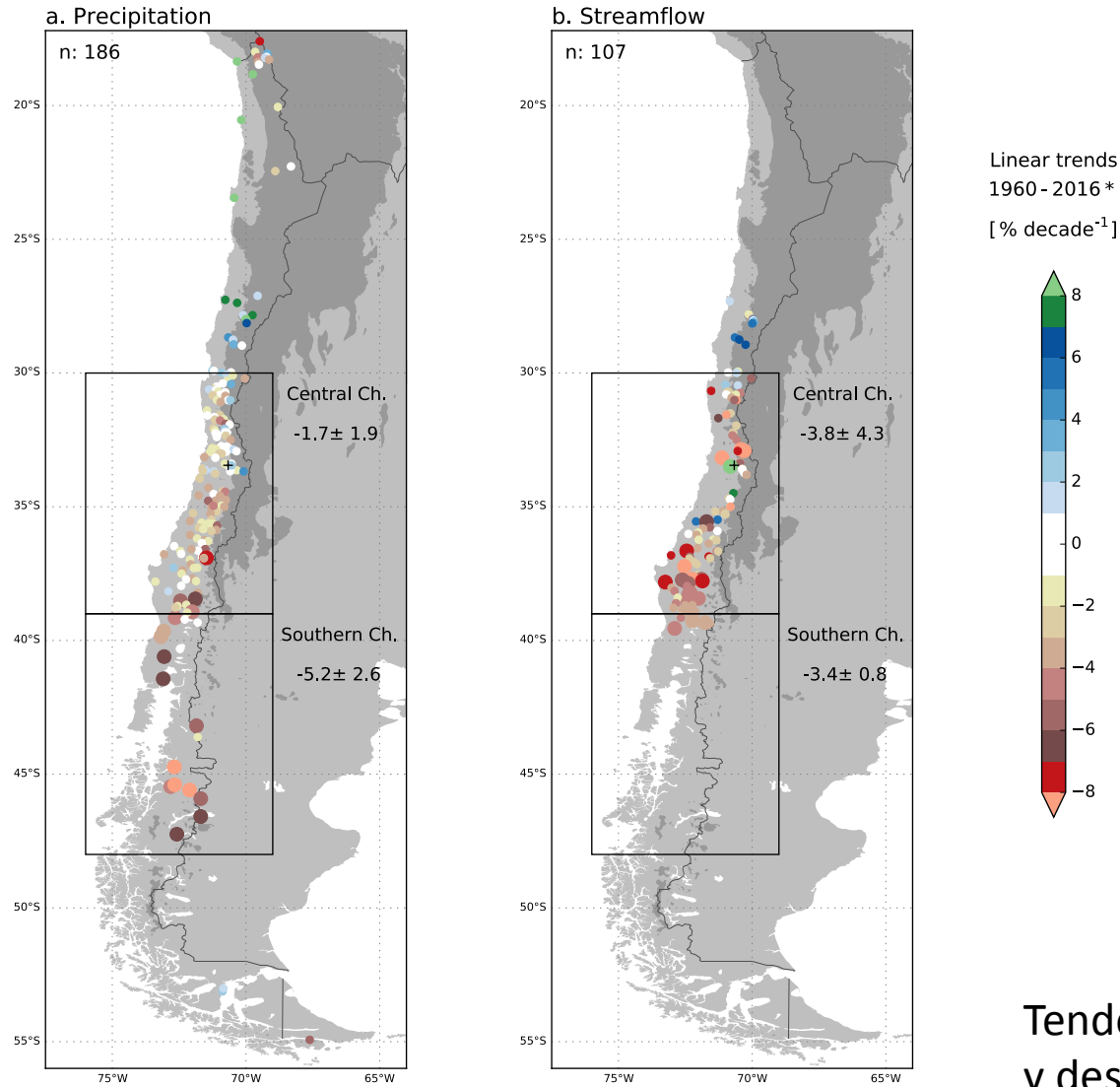
Forzamiento antrópico (cambio climático) ~ 1/3

+

?

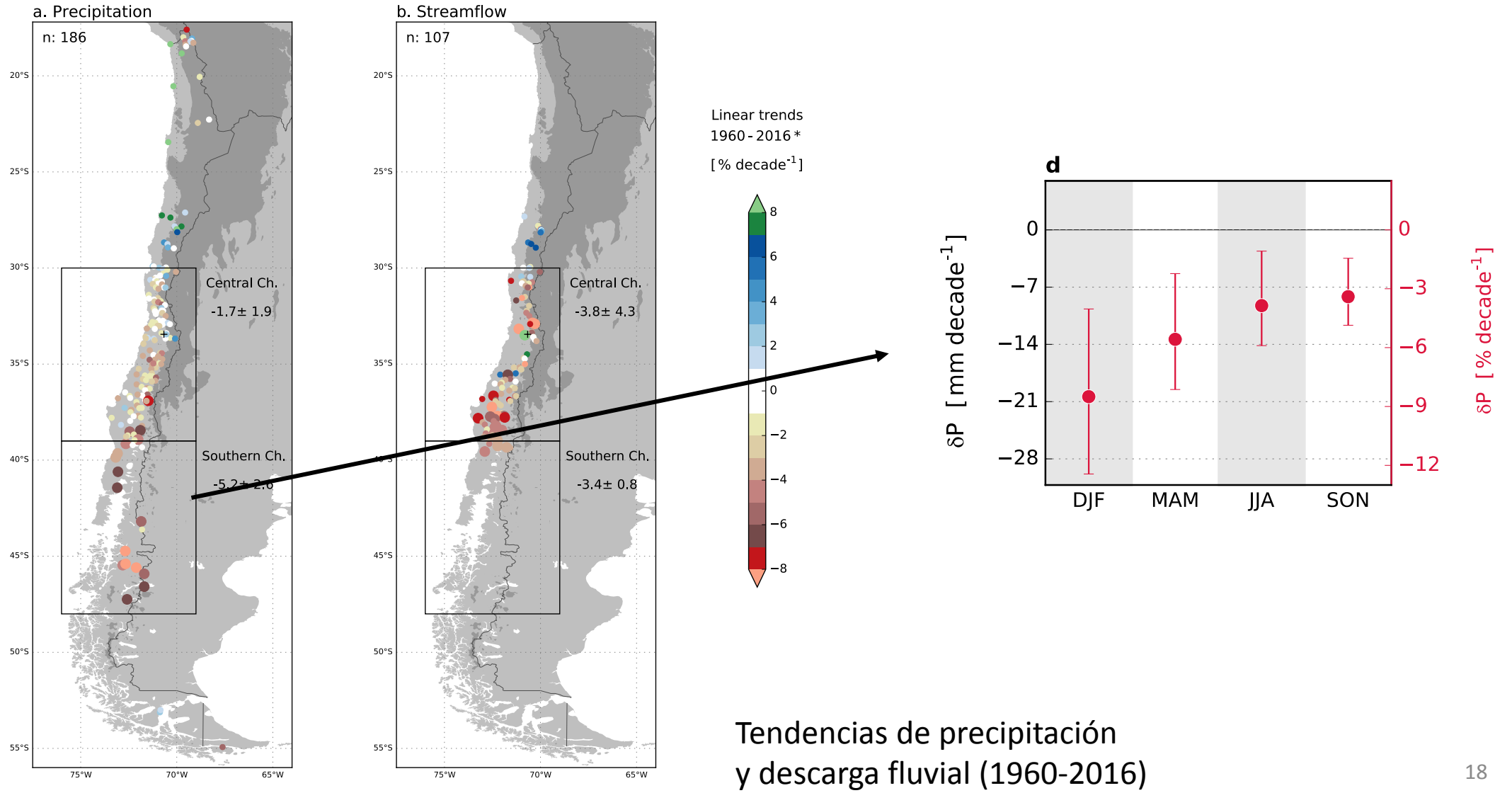
Cambio climático en Chile

Cambios hidro-meteorológicos

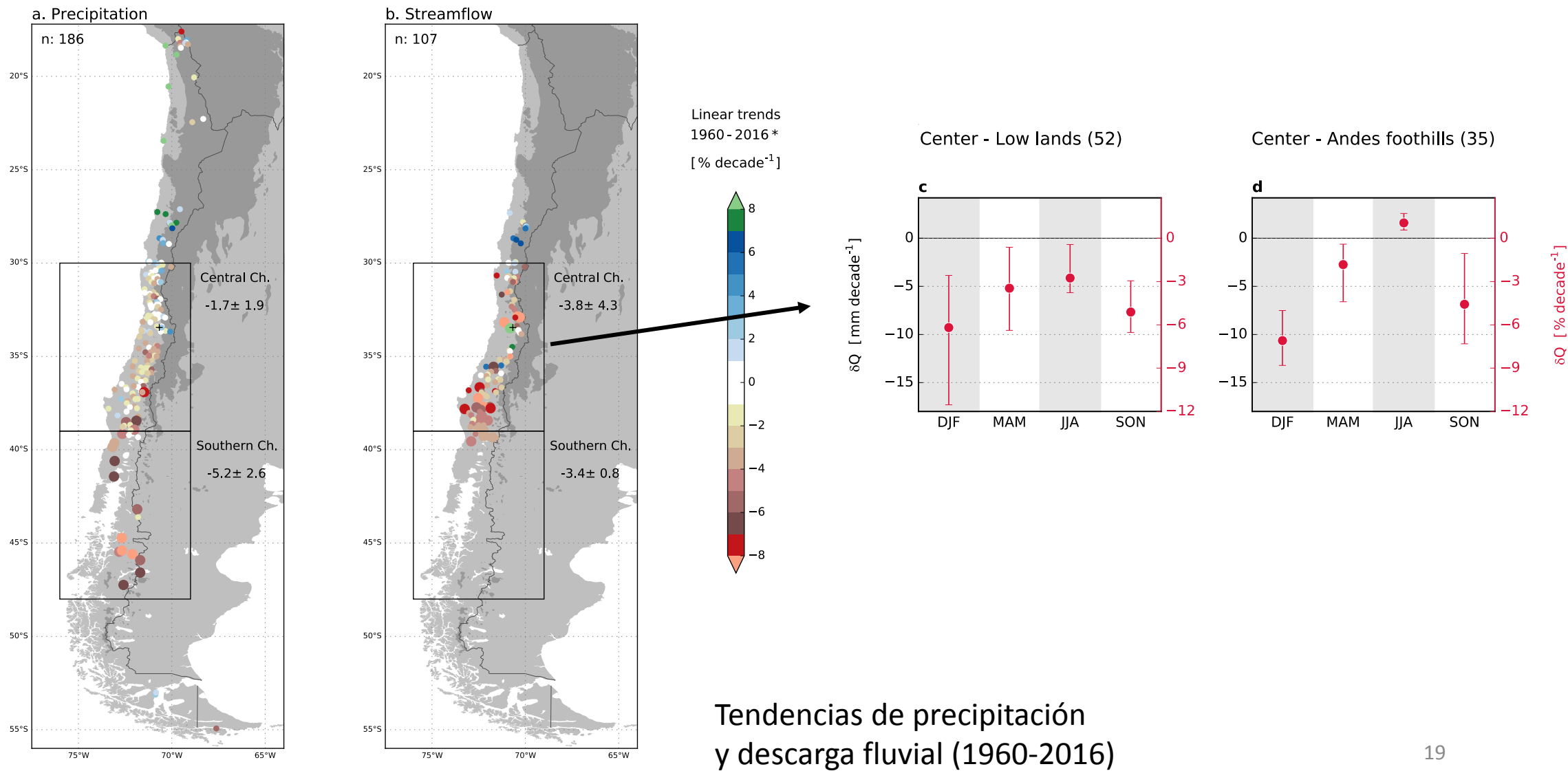


Tendencias de precipitación
y descarga fluvial (1960-2016)

Cambios hidro-meteorológicos



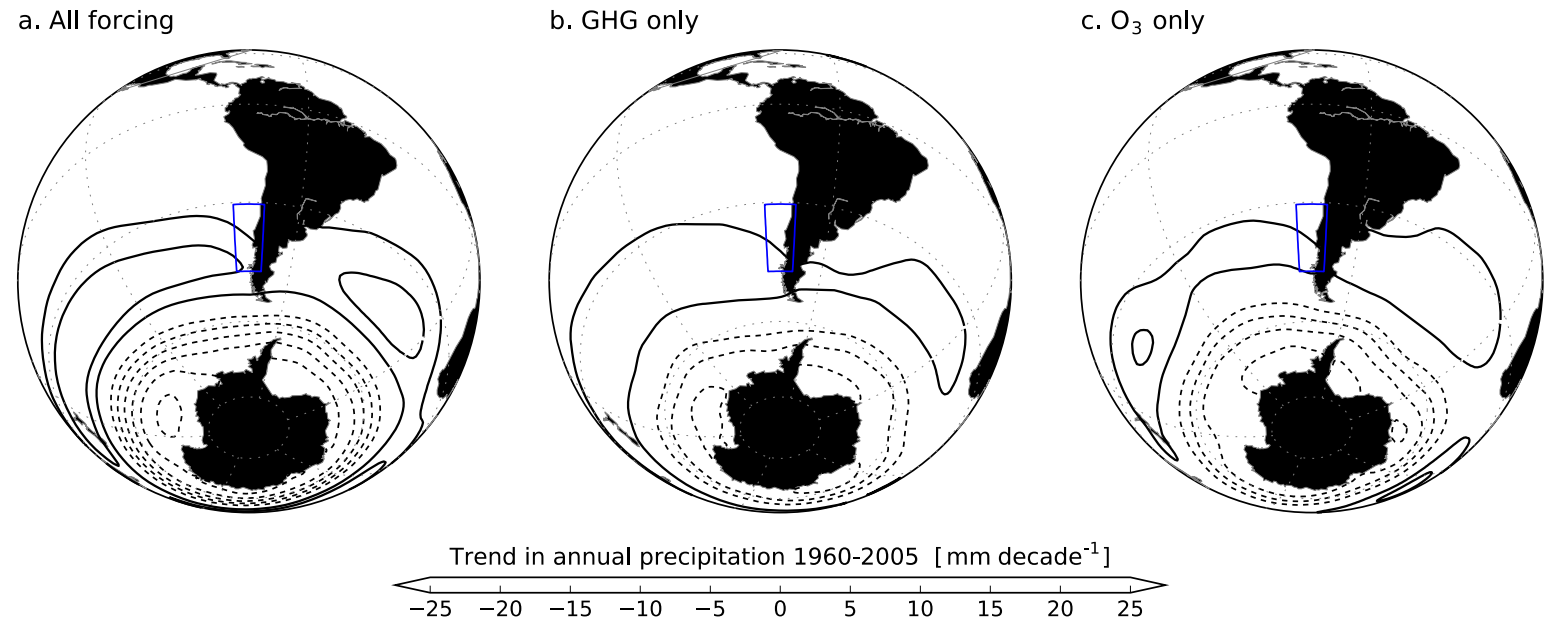
Cambios hidro-meteorológicos



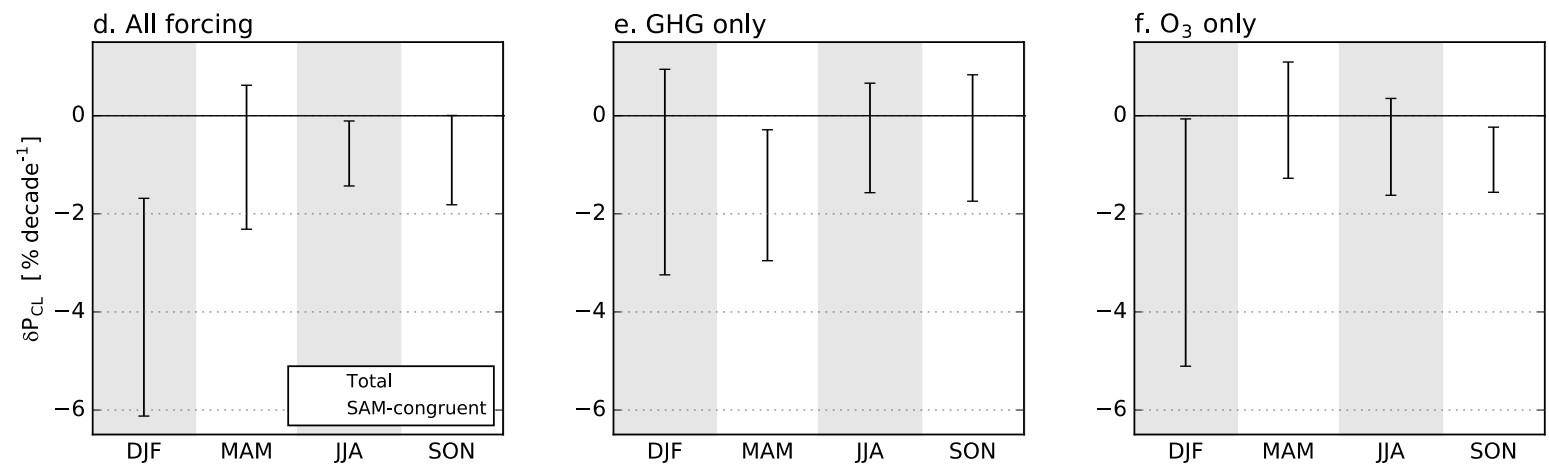
Atribución de cambios

Impactos de:

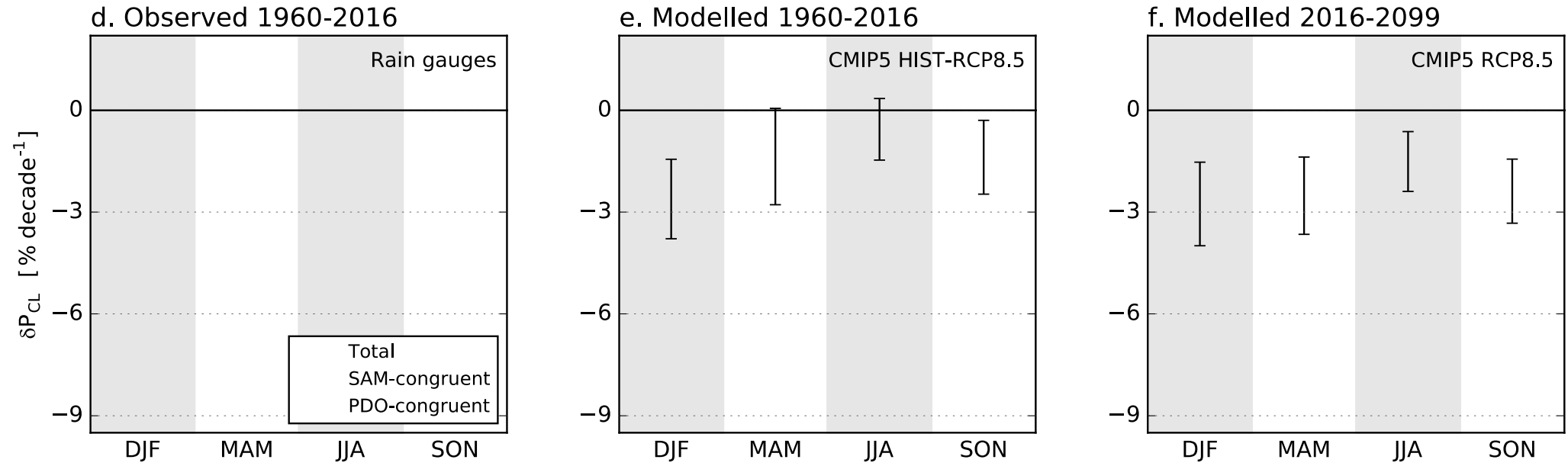
- Aumento de GHG
- Reducción de Ozono Estratosférico



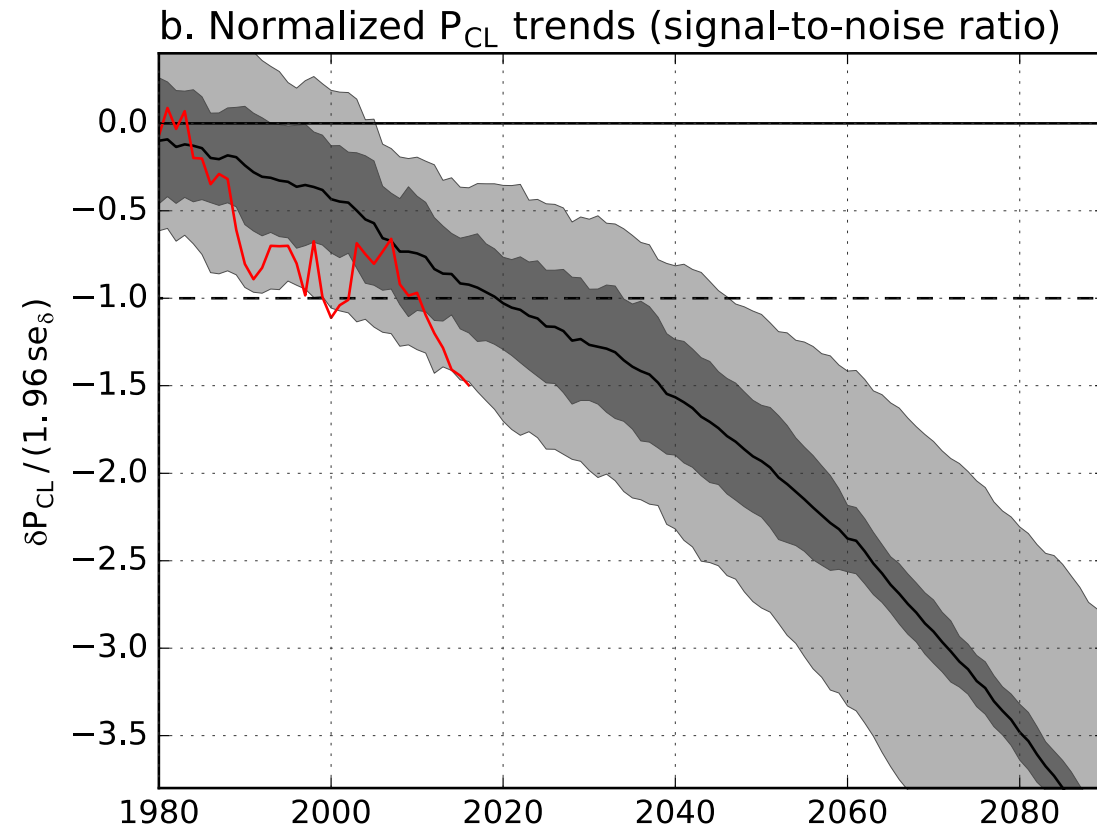
Trends in central-southern Chile precipitation



Trends in central-southern Chile precipitation



- El signo y la distribución anual de los cambios de precipitación observados en Chile son coherentes con los simulados en modelos de clima en respuesta a la disminución de O_3 y al aumento de GEI.
- La magnitud de las tendencias observadas son mayores que las esperadas



Boisier et al. (2018)

En la década reciente, la señal de cambio en el régimen de precipitación del centro-sur de Chile emergió por sobre su (alta) variabilidad natural

Acuerdo de París

- Histórico: países desarrollados y en desarrollo se comprometen a frenar el cambio climático de manera conjunta.
- Es una transformación a gran escala → desarrollo económico con cero emisiones de GEI en la segunda mitad de este siglo.
- Vincula cumplimiento de objetivos climáticos y sendas de desarrollo de los países.
- 187 países presentaron sus contribuciones nacionales (NDCs) → más del 98% de las emisiones mundiales.
- Compromisos de amplio espectro de actores: ciudades, inversionistas, coaliciones, proveedores de tecnología, entre otros.



Acuerdo de París

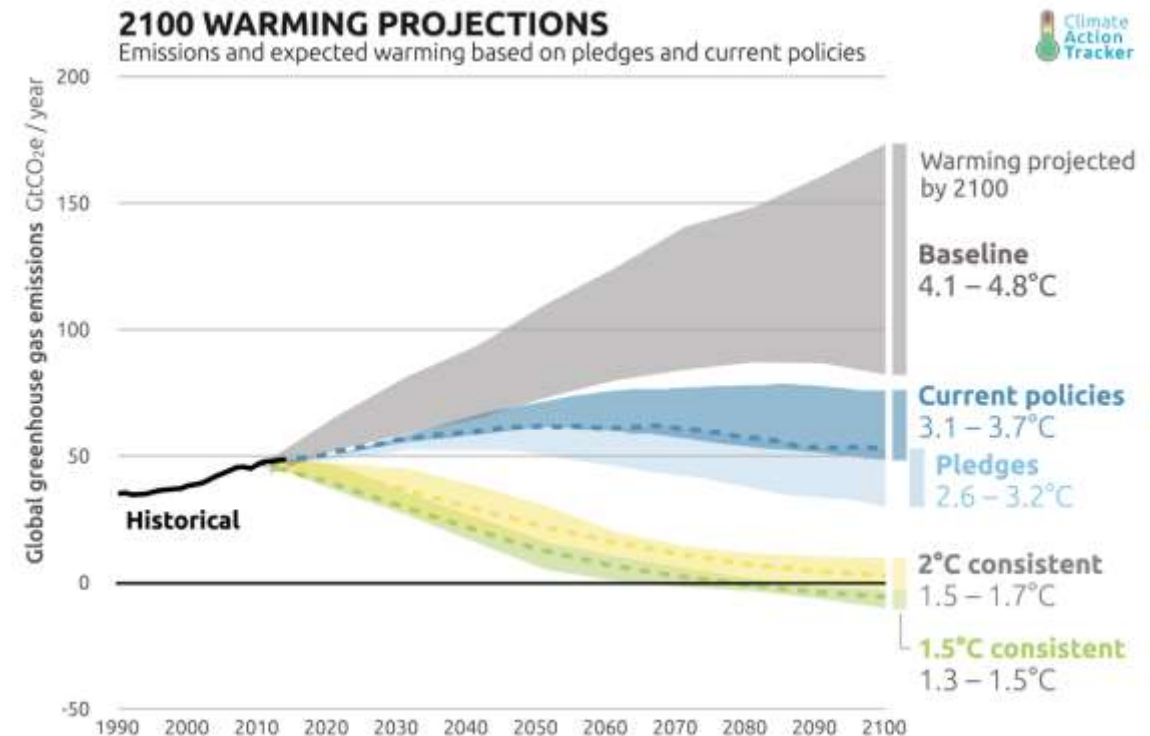
La mitigación de largo plazo se asocia a un límite de aumento global de temperatura (+2°C/ +1,5°C), el cual implica llegar al máximo de emisiones lo antes posible, y rápidas reducciones para balancear emisiones con sumideros en la segunda mitad de siglo (cero emisiones netas).

Las partes se obligan de manera vinculante a:

- Preparar, comunicar y presentar sus contribuciones,
- Reportar regularmente sus progresos,
- Evaluar el progreso individual y colectivo de manera conjunta,
- A incrementar la ambición cada 5 años.
- Formular y comunicar una estrategia de desarrollo de largo plazo baja en emisiones

Pequeño problema

Políticas de desarrollo actuales y NDCs no son compatibles con objetivos globales. Bajo estos escenarios se prevé un aumento de T hacia 2100 cercano a 3°C o mayor.

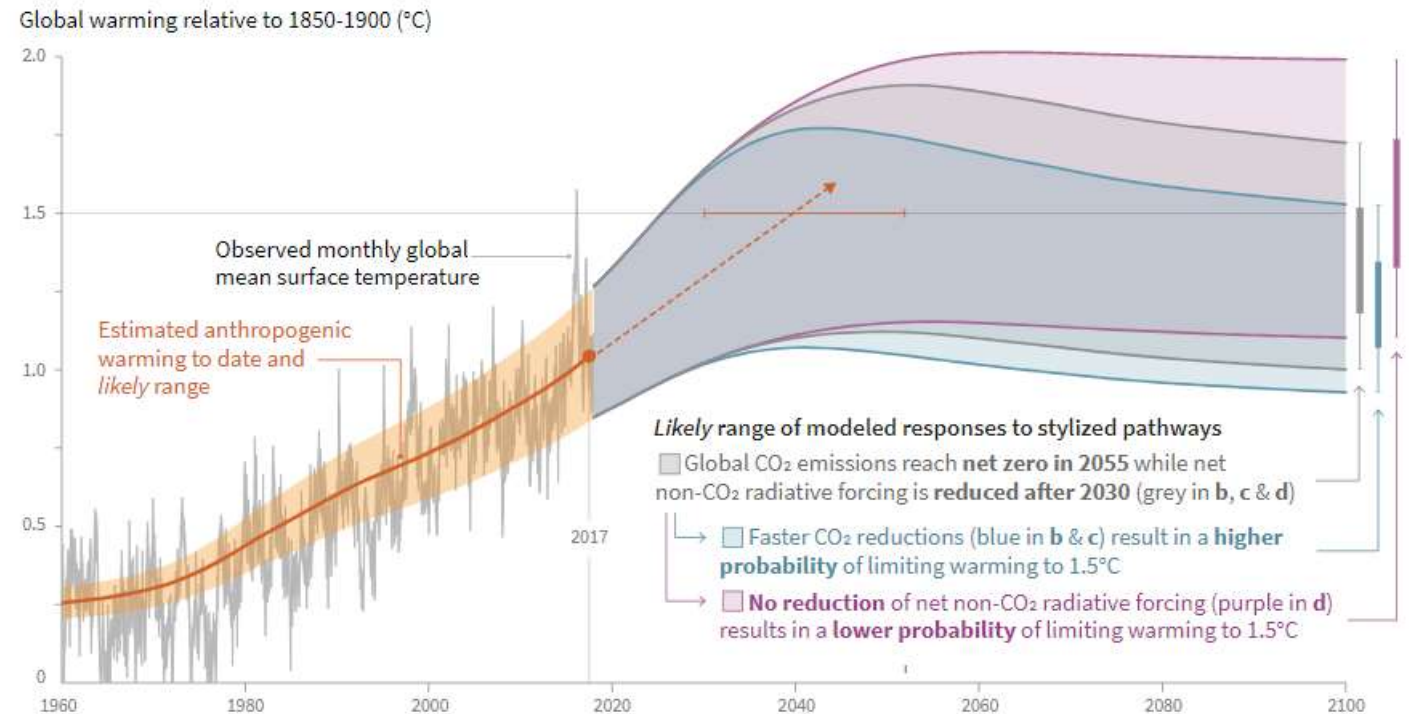


Contexto

Frente a los resultados del IPCC-AR5 (2013-14) y la COP21 (2015), se busca cuantificar impactos con un aumento de T limitado a +1.5°C, así como evaluar escenarios socio-económicos compatibles con este objetivo.

¿Qué dice?

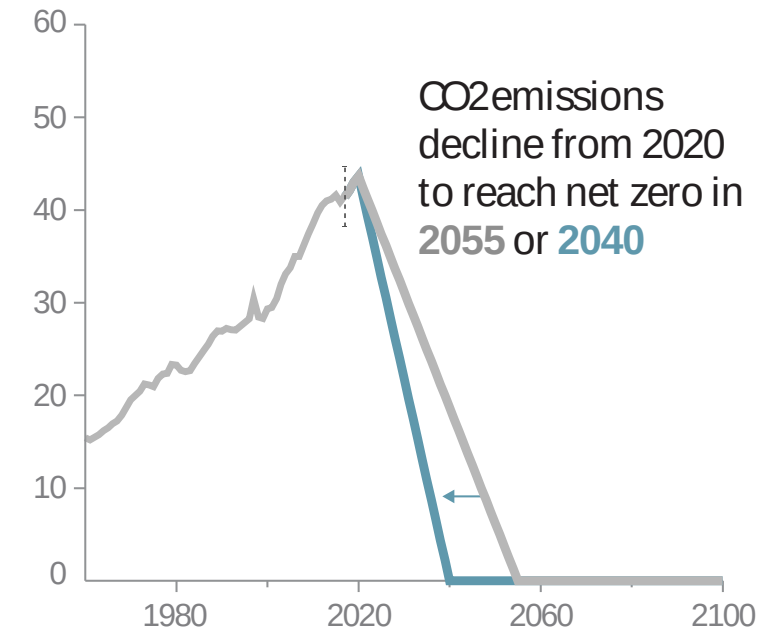
- Siguiendo la ruta de emisiones de GHG actual, el límite +1.5°C se alcanza en 2040 +/- 10.



Informe especial del IPCC sobre el aumento de temperatura en 1.5°C

- Impactos +1.5°C menores al de +2.0°C
- Escenario posible (según las leyes de física y química), pero requiere de un esfuerzo global (político) sin precedentes.
- Se requieren emisiones netas de GHG nulas al ~2050, con ~75% de renovables en producción eléctrica (hoy es 25%)
 - > Baja de emisiones vía eficiencia y cambios en la matriz energética
 - > Desarrollo de tecnologías de captura de CO₂ (reforestación, CCS y BECCS)

b) Stylized net global CO₂ emission pathways
Billion tonnes CO₂ per year (GtCO₂/yr)



Criterios UNFCCC: Chile es un país vulnerable

- Países insulares pequeños;
- Países con zonas costeras bajas;
- Países con zonas áridas y semiáridas, zonas con cobertura forestal y zonas expuestas al deterioro forestal;
- Países con zonas propensas a los desastres naturales;
- Países con zonas expuestas a la sequía y la desertificación;
- Países con zonas de alta contaminación atmosférica urbana;
- Países con zonas de ecosistemas frágiles, incluidos los ecosistemas montañosos;
- Países cuyas economías dependen en gran medida de los ingresos generados por la producción, el procesamiento y la exportación de combustibles fósiles y productos asociados de energía intensiva, o de su consumo;
- Países sin litoral y los países de tránsito.

Resumen y recomendaciones

- El factor antrópico en la perturbación del ciclo del C y el clima a escala global es inequívoco
- En términos de emisiones globales de GHG, Chile juega un rol secundario
- Sin embargo, los impactos de transformaciones de gran escala son muy desfavorables en la región
- Por varios factores, Chile es altamente vulnerable frente al CC
- Cambios a escala regional se observan y emergen por sobre variabilidad natural
 - > Algunos índices muestran cambios mayores a los esperados (precip.)
 - > Falta monitoreo en zonas remotas (ej. alta montaña, Patagonia)
- Compromisos post COP21 son insuficientes a escala global
 - > Revisión de NDCs (2020) es clave
 - > Cambio notable en Chile con reformas energéticas recientes, efectivas después de 2015
 - > Chile podría ejercer un liderazgo global en desarrollo bajo en C, por recursos en ERNC e hidro.
- Pérdidas económicas por impactos/costos de mitigación, globalmente y para Chile en particular, podrían ser mayores a costos de una descarbonización temprana.

Anexos

Chile, país vulnerable al cambio climático

- CAMBIOS
- Cambios en patrones de precipitación
- Megasequía
- Disminución dramática de glaciares
- Brotes de virus después de sequías prolongadas
- Impacto en disponibilidad energética hídrica
- Salinización y desertificación de tierras agrícolas
- Cambios en el nivel del mar
- Disminuciones futuras cosechas
- IMPACTO EN
- Ciudades
- Sectores económicos: pesca y acuicultura, agricultura, sector forestal, energía, turismo, etc
- Biodiversidad
- Infraestructura
- Salud

**Pérdidas económicas
pueden ser significativas**

Implicancias de las metas de reducción para el sector energía

(Fuente: Reporte de WEO en COP21)

- Las metas de reducción de emisiones comienzan a romper el vínculo entre la electricidad y las emisiones: 1/3 menos de emisiones globales si se aplican plenamente.
- Se prevé que las emisiones de GEI - relacionadas con energía - de los países que representan más de la mitad de la actividad económica mundial, ya sea se estabilicen o estén en declive al 2030.
- Así, las contribuciones ayudan a la disociación entre el crecimiento económico y las emisiones de GEI relacionadas con la energía, siendo las emisiones por unidad de producción económica un 40% menores a las actuales en 2030.
- La plena aplicación de las contribuciones requerirá que el sector energético invierta 13,5 billones de dólares en tecnologías de eficiencia energética y baja emisión de carbono entre 2015 y 2030, lo que representa casi el 40% de la inversión total del sector energético.

Tecnologías claves para reducir emisiones CO₂

(Fuente: <http://www.iea.org/Textbase/npsum/ETP2010SUM.pdf>)

