



Curso – 24-28 Octubre 2016

**Geopolíticas Climáticas: relaciones internacionales
en un mundo en calentamiento**

Introducción a la problemática ambiental
del cambio climático y sus impactos

Atribución del cambio climático

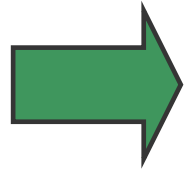
Alexis Hannart
IFAECI, CNRS



CONICET



Outline



– Contexto

– Historia del clima

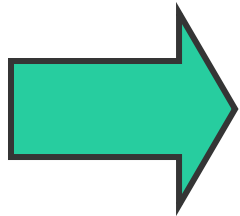
– Observacion de la variabilidad del clima

– Causantes de la variabilidad del clima

– Atribucion del cambio climatico

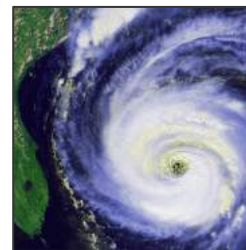
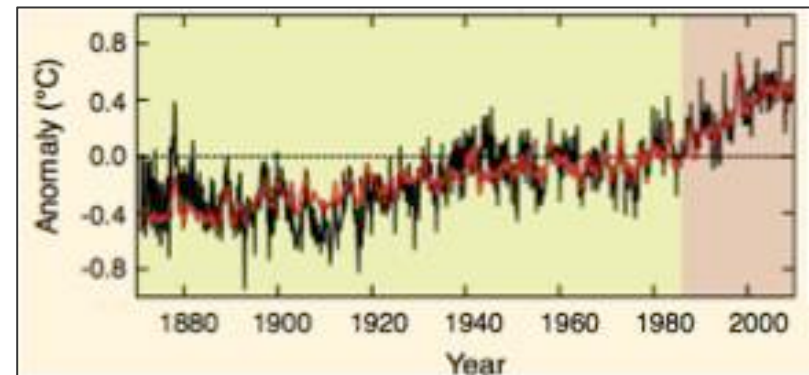
Atribucion: definicion y contexto

- Formal definition (IPCC guidance paper, 2009):
« *Attribution is the process of evaluating the relative contributions of multiple causal factors to a change or event with an assignment of confidence* »



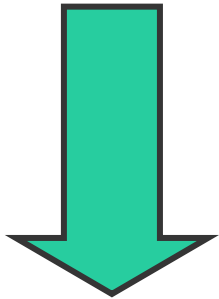
Evidencing the causal influence of several factors

- Global: long term trends
 - e.g. global warming
- Local: extreme weather events
 - e.g. flood, hurricane...



Atribucion: definicion y contexto – tendencias globales

- Do we identify a discernible human influence on global climate ?
 - Short answer: Yes.
 - Increasing level of confidence:



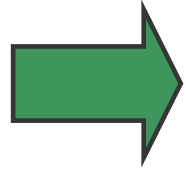
- 1995 (AR2) « The evidence (...) suggests a discernible human influence »
 - 2001 (AR3) « The warming (..) is attributable to human activities »
 - 2007 (AR4) « The warming (..) is very likely due to anthropogenic GHG. »
 - 2013 (AR5) « The warming (..) is virtually certainly due to ... GHG. »
- Many implications for mitigation and adaptation policy.
 - Reducing CO2 emissions, or not.
 - Getting prepared for a different world, or not.

Atribucion: definicion y contexto – eventos locales

- Do we identify a discernible human influence on a single weather or climate-related event ?
 - Short answer: it depends.
 - Few studies: European heatwave 2003, UK flooding 2011, ...
 - Diverse statements.
- Implications for:
 - mitigation and adaptation policy,
 - litigation in courts,
 - insurance, loss and damage mechanisms (e.g. Warsaw 2013),
 - physical understanding of the event.

Outline

- Contexto



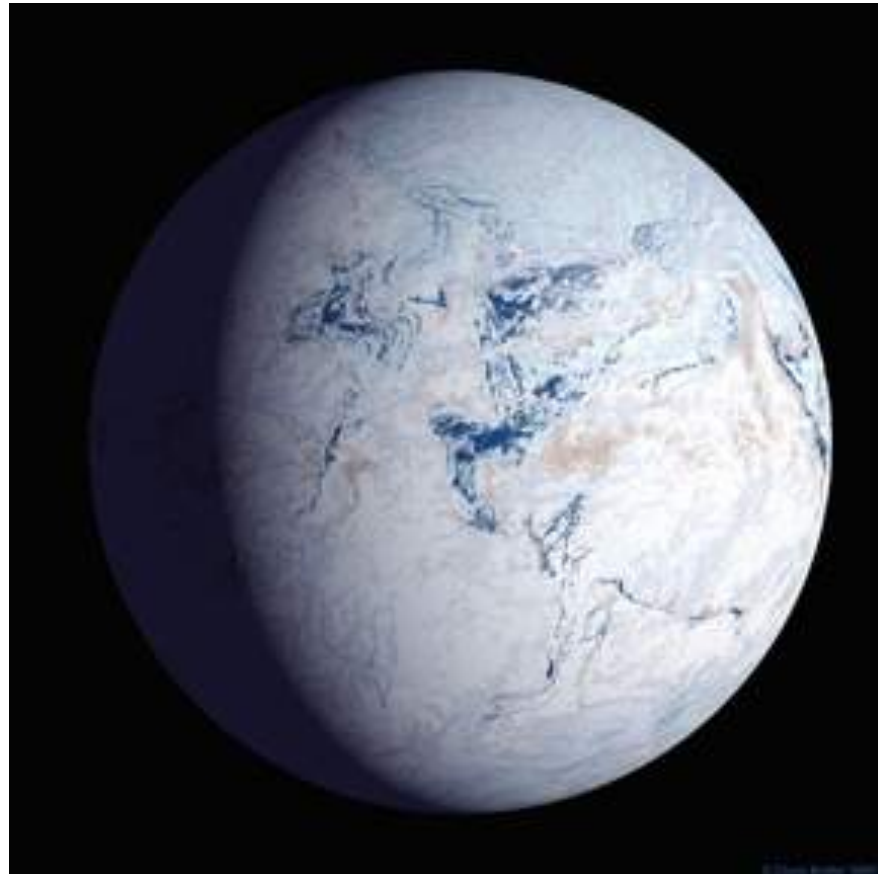
- Historia del clima

- Observacion de la variabilidad del clima

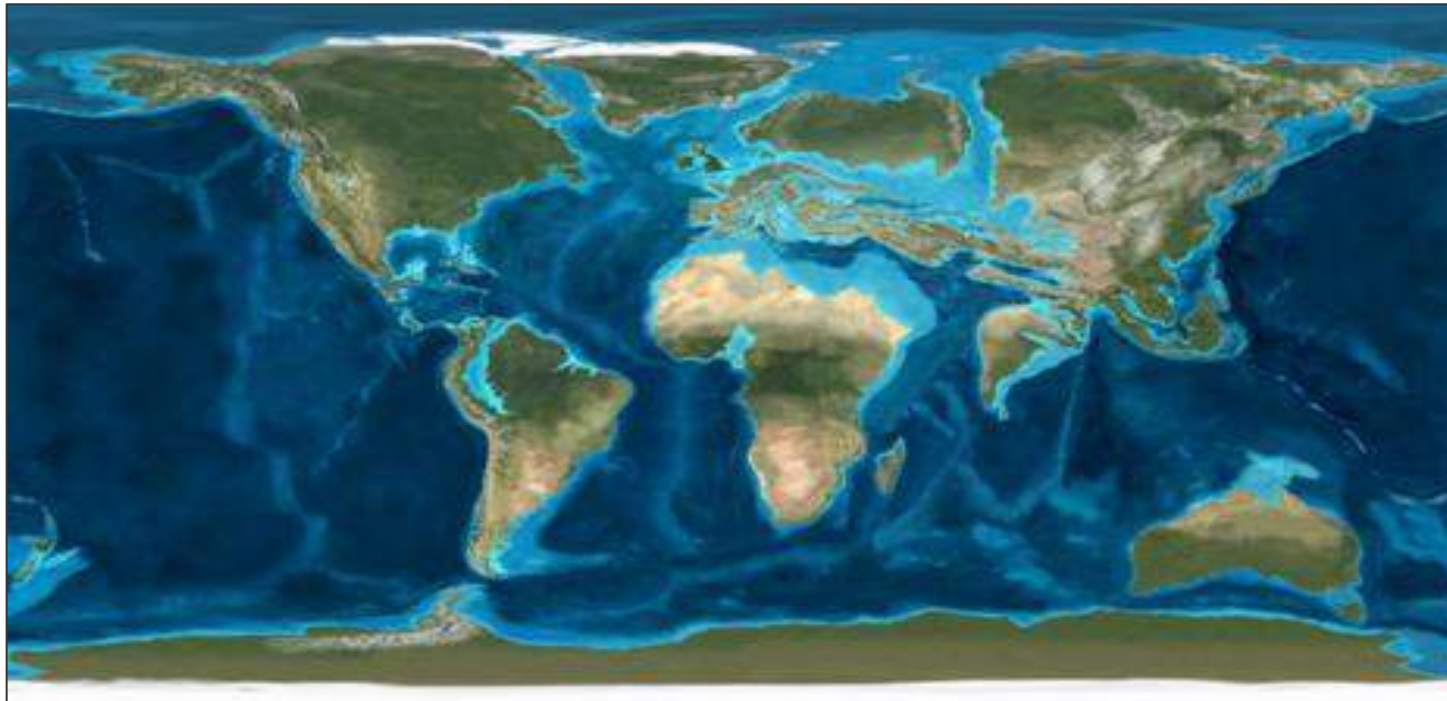
- Causantes de la variabilidad del clima

- Atribucion del cambio climatico

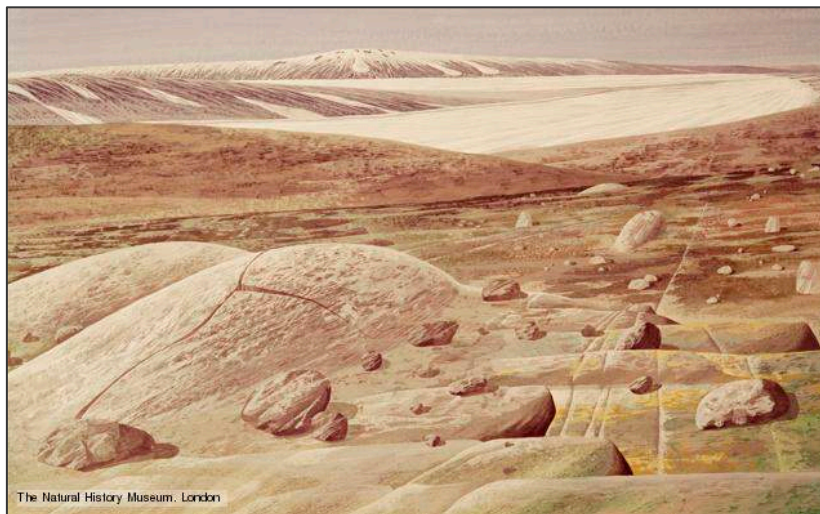
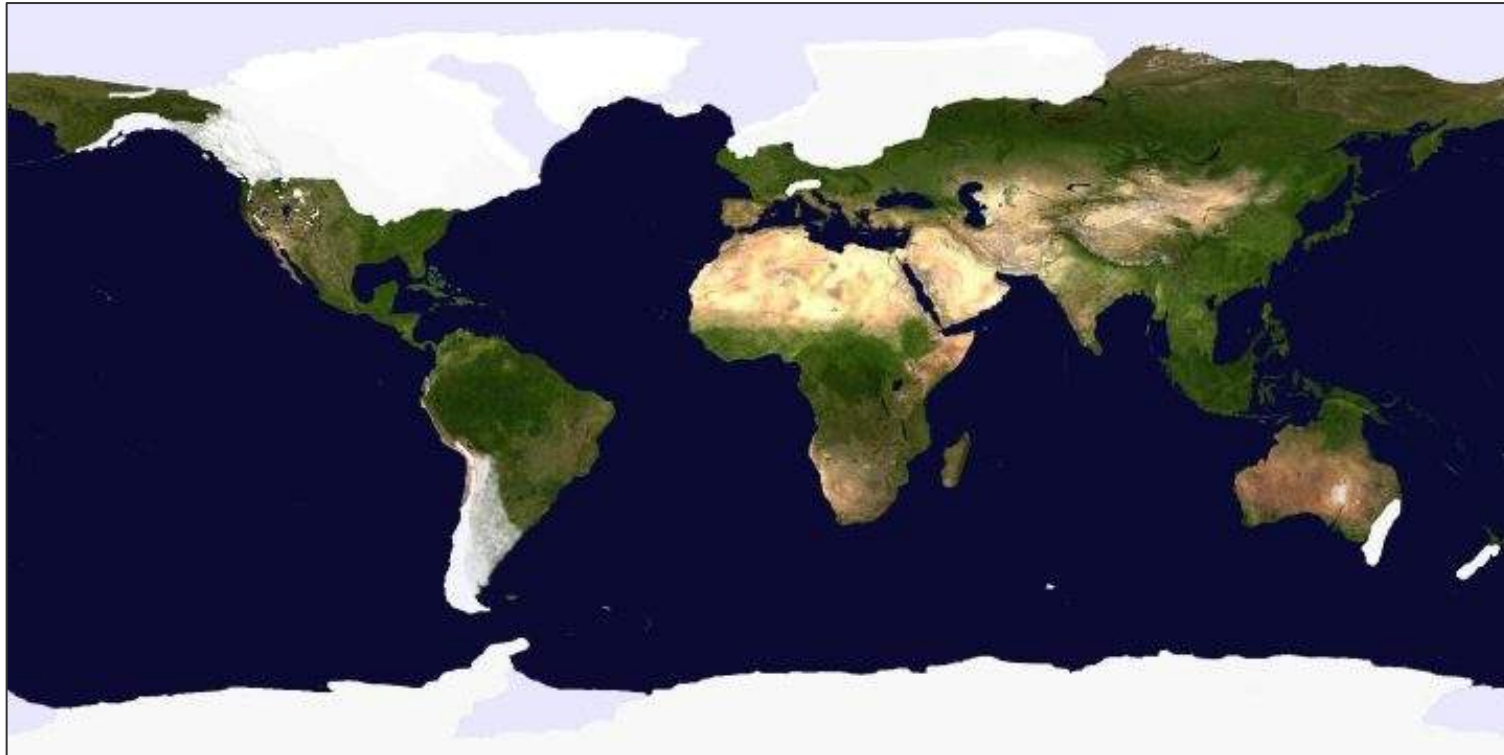
Snowball Earth: -40°C (650 millones de años atrás)



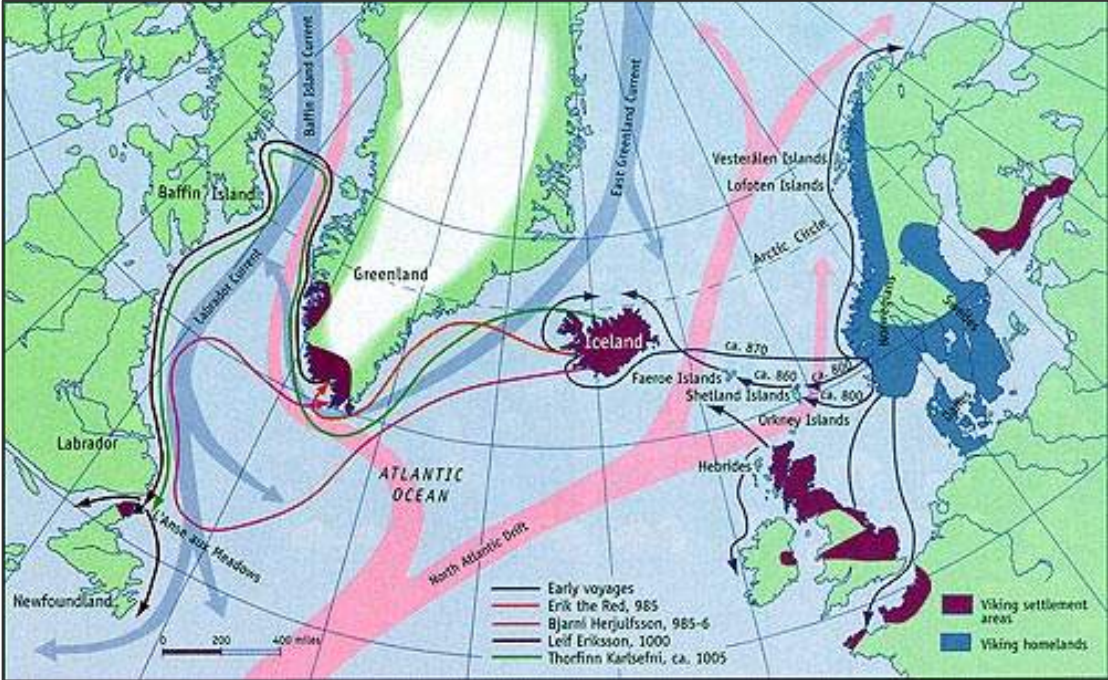
Eoceno: +14°C (50 millones de años atrás)



Ultimo máximo glacial: -6°C (25 mil años atrás)



Optimo medieval: ~0°C (mil años atrás)

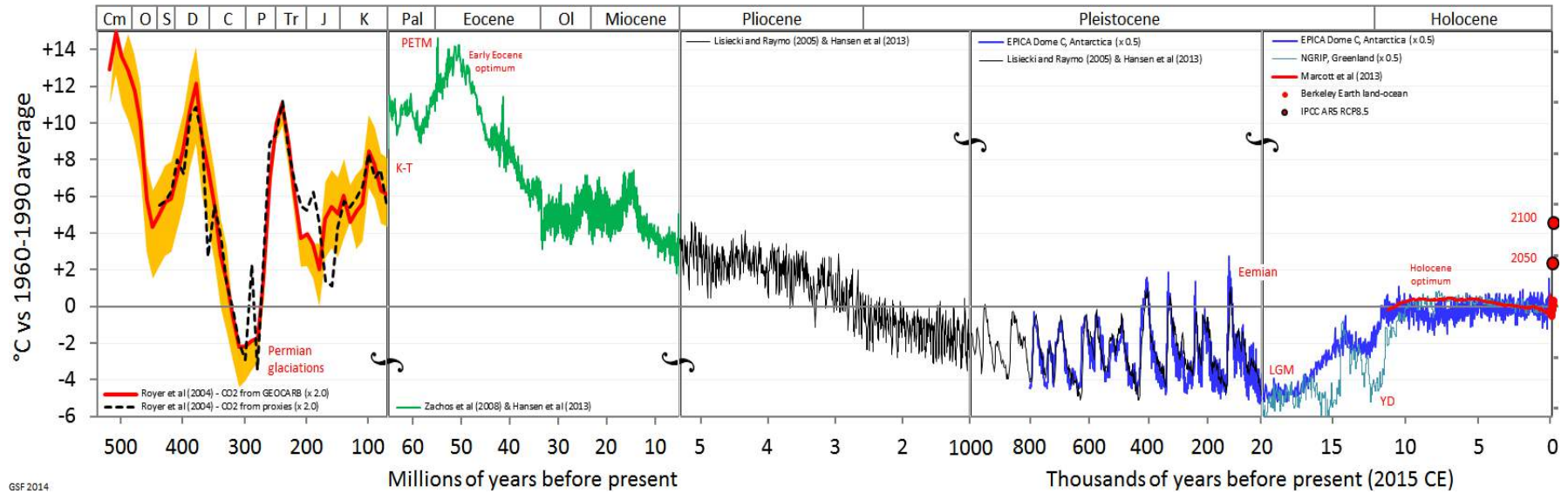


Pequeña Edad de Hielo: -0.6°C (400 años atrás)

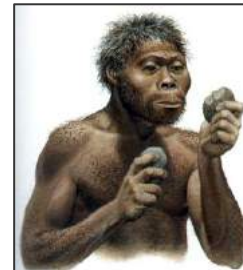
Hunters in the Snow (1577)



Historia de las variaciones climáticas



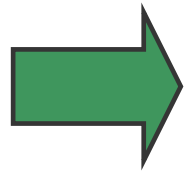
GSF 2014



Outline

- Contexto

- Historia del clima

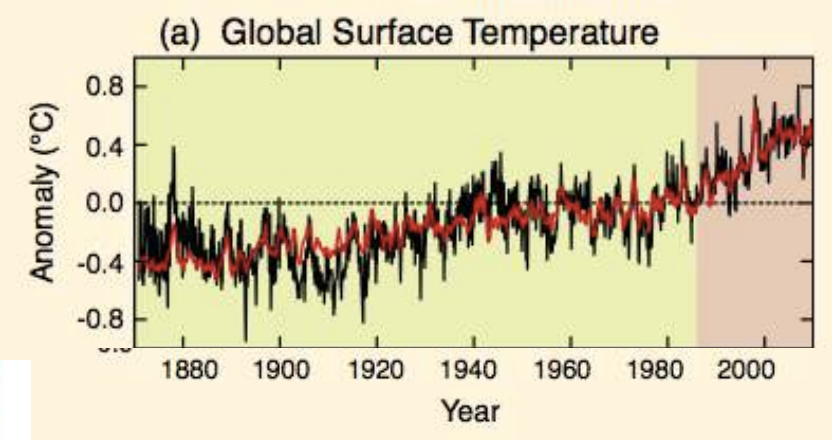
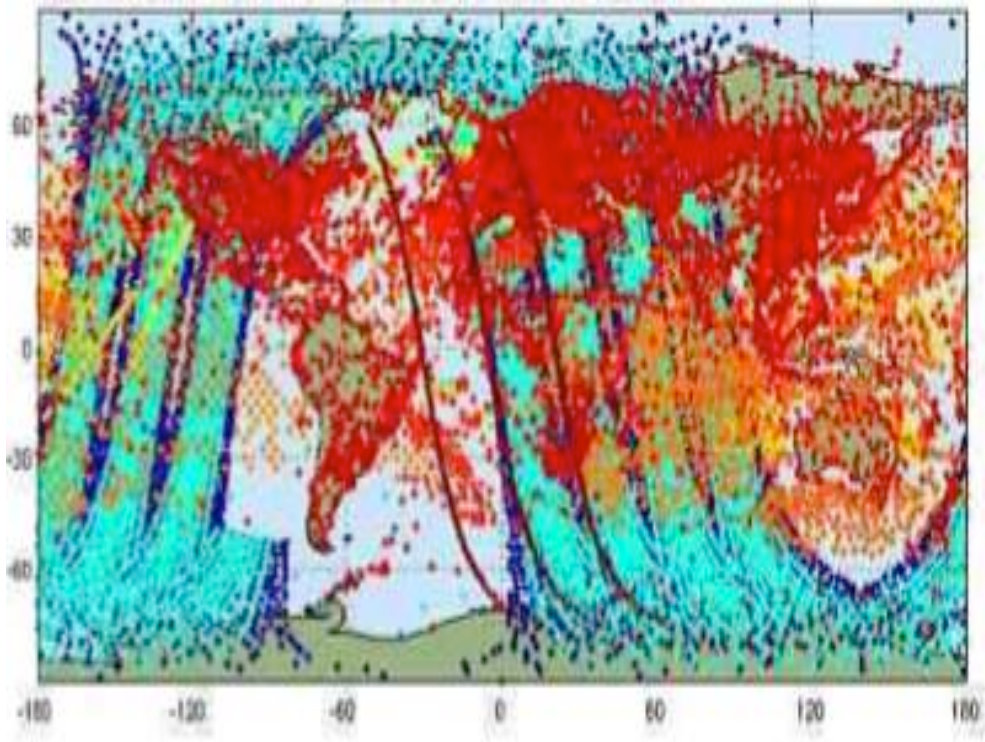


- Observacion de la variabilidad del clima

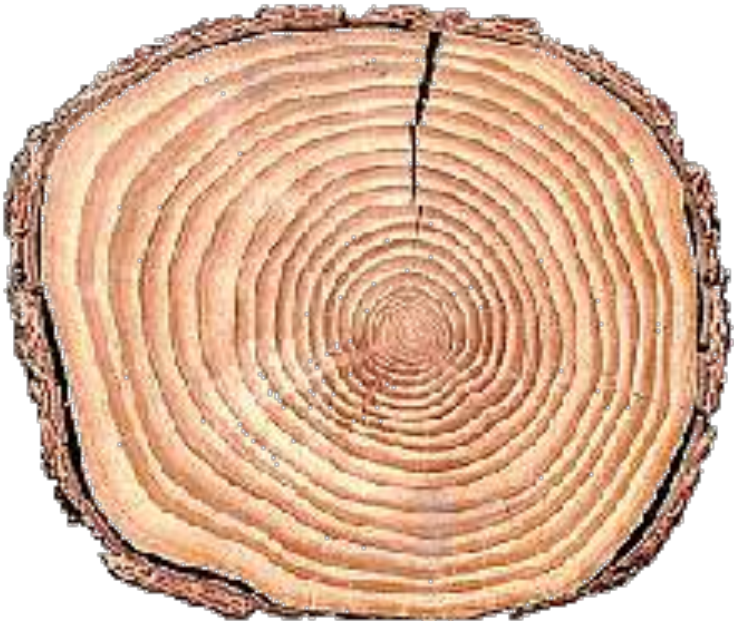
- Causantes de la variabilidad del clima

- Atribucion del cambio climatico

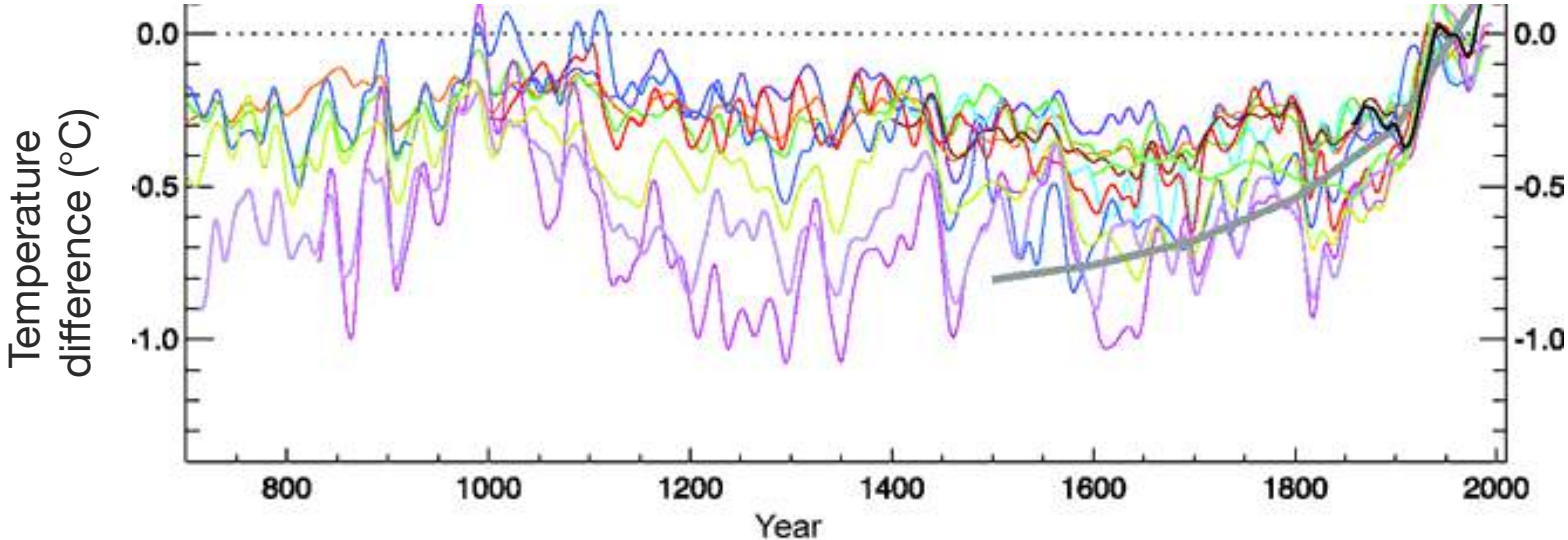
Mediciones directas (~200 años atrás)



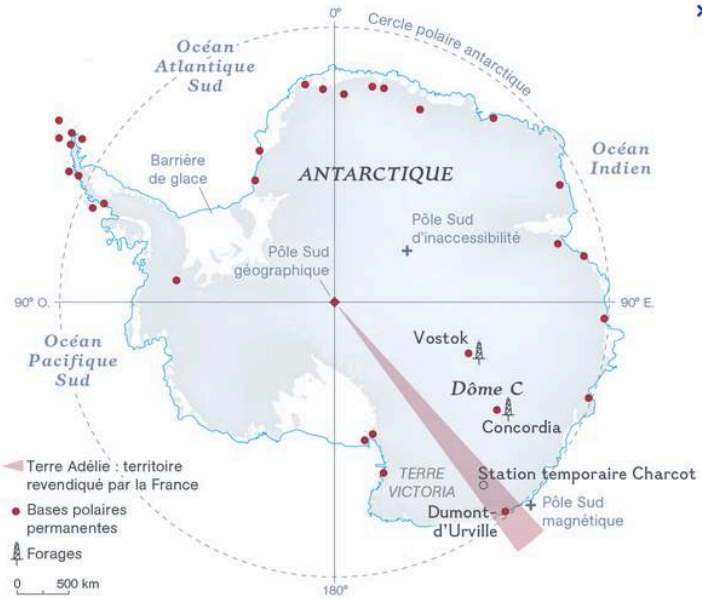
Proxy: tree ring record (~2000 años atrás)



temperatura



Proxy: ice core record (~800 mil años atrás)

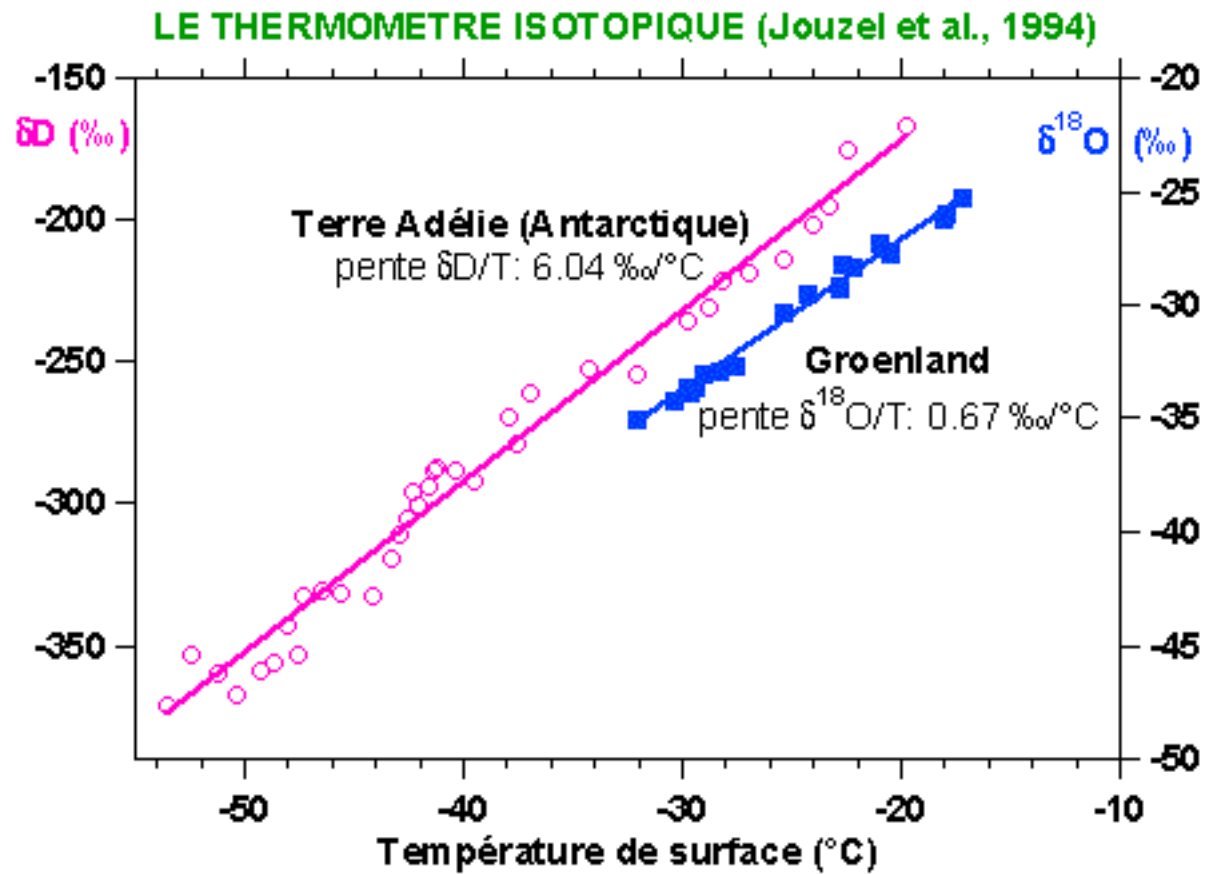


Station Charcot, 1957



National Science Foundation, photo by Emily Stone

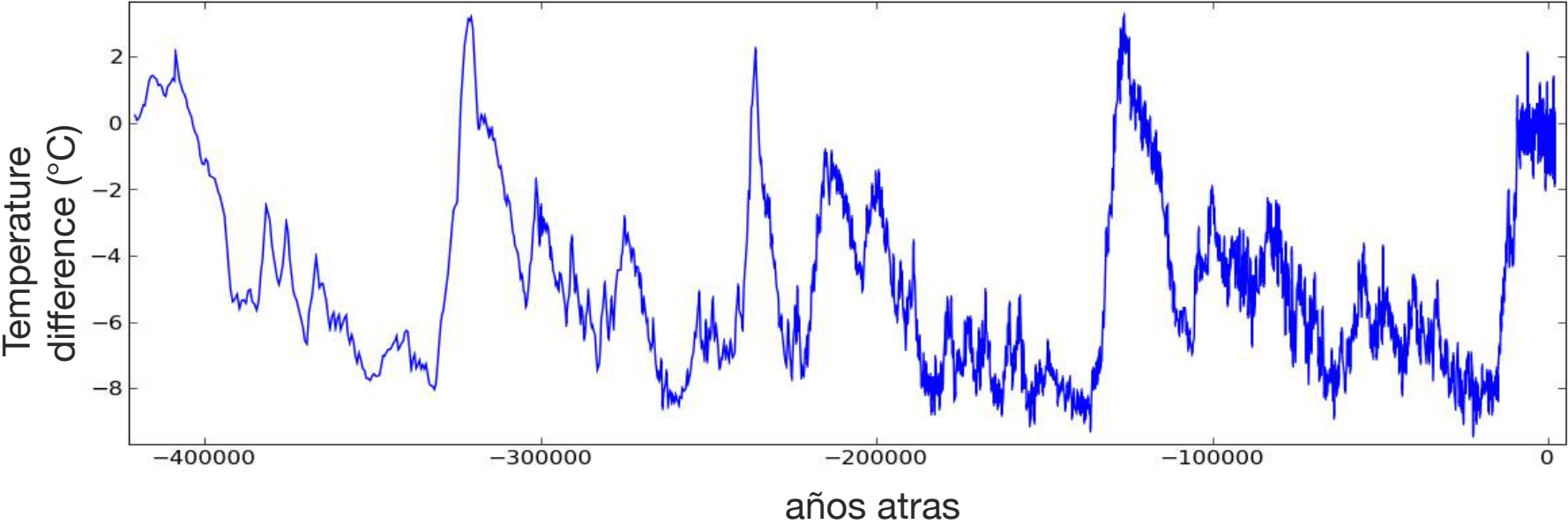
El termómetro isotópico: temperaturas del pasado



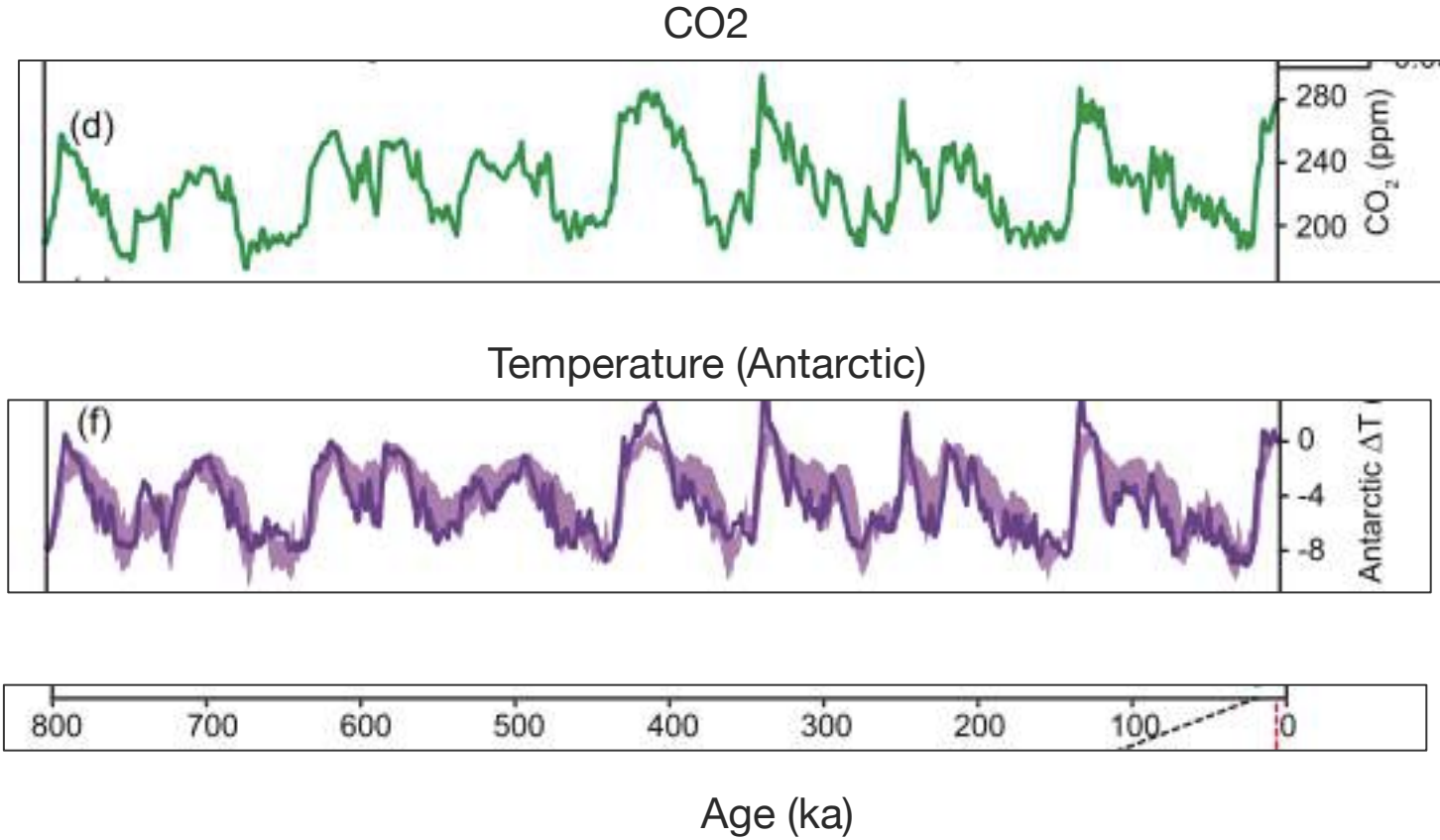
Proxy: ice core record (~800 mil años atrás)



temperatura

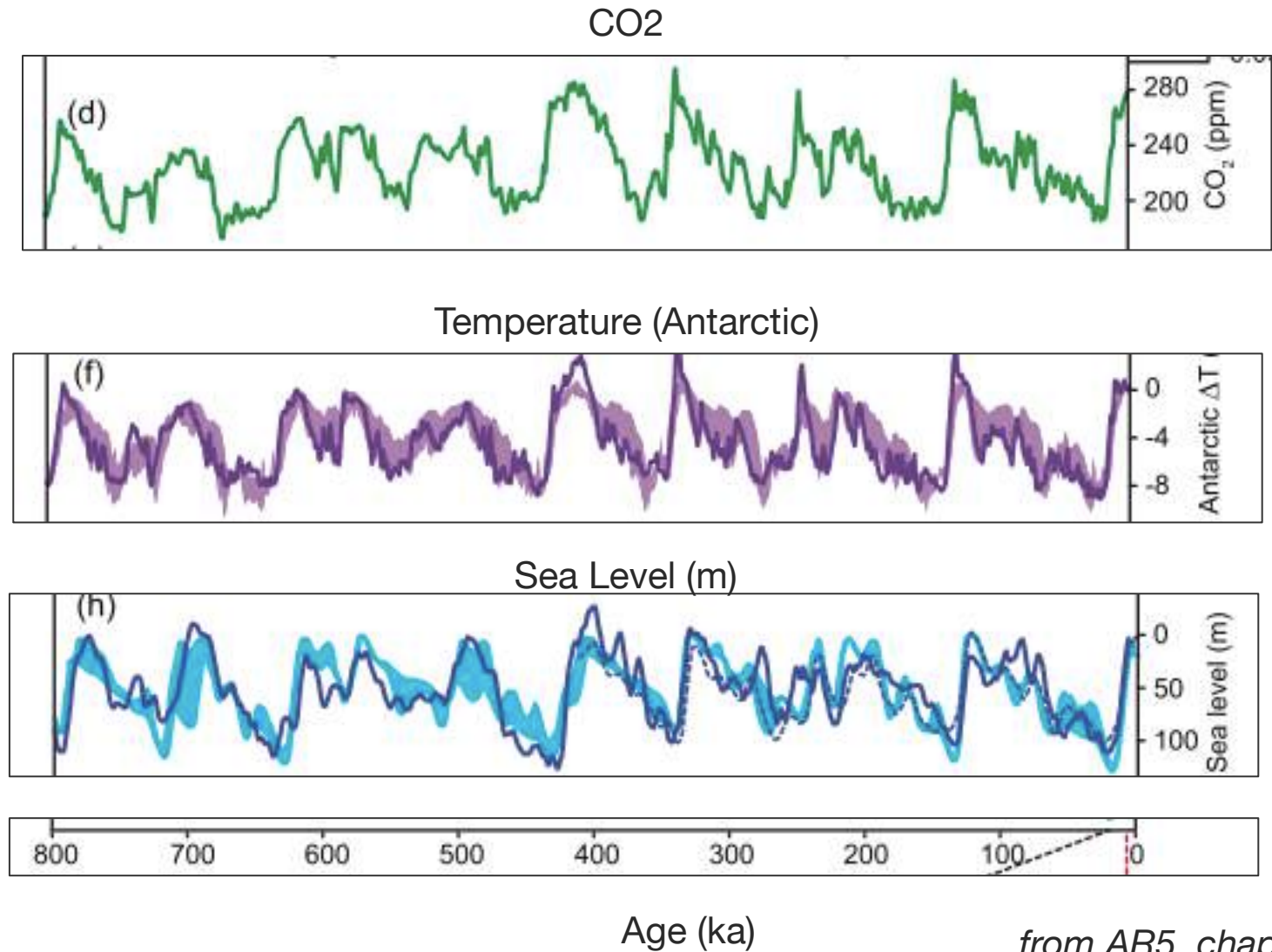


Proxy: ice core record (~800 mil años atrás)

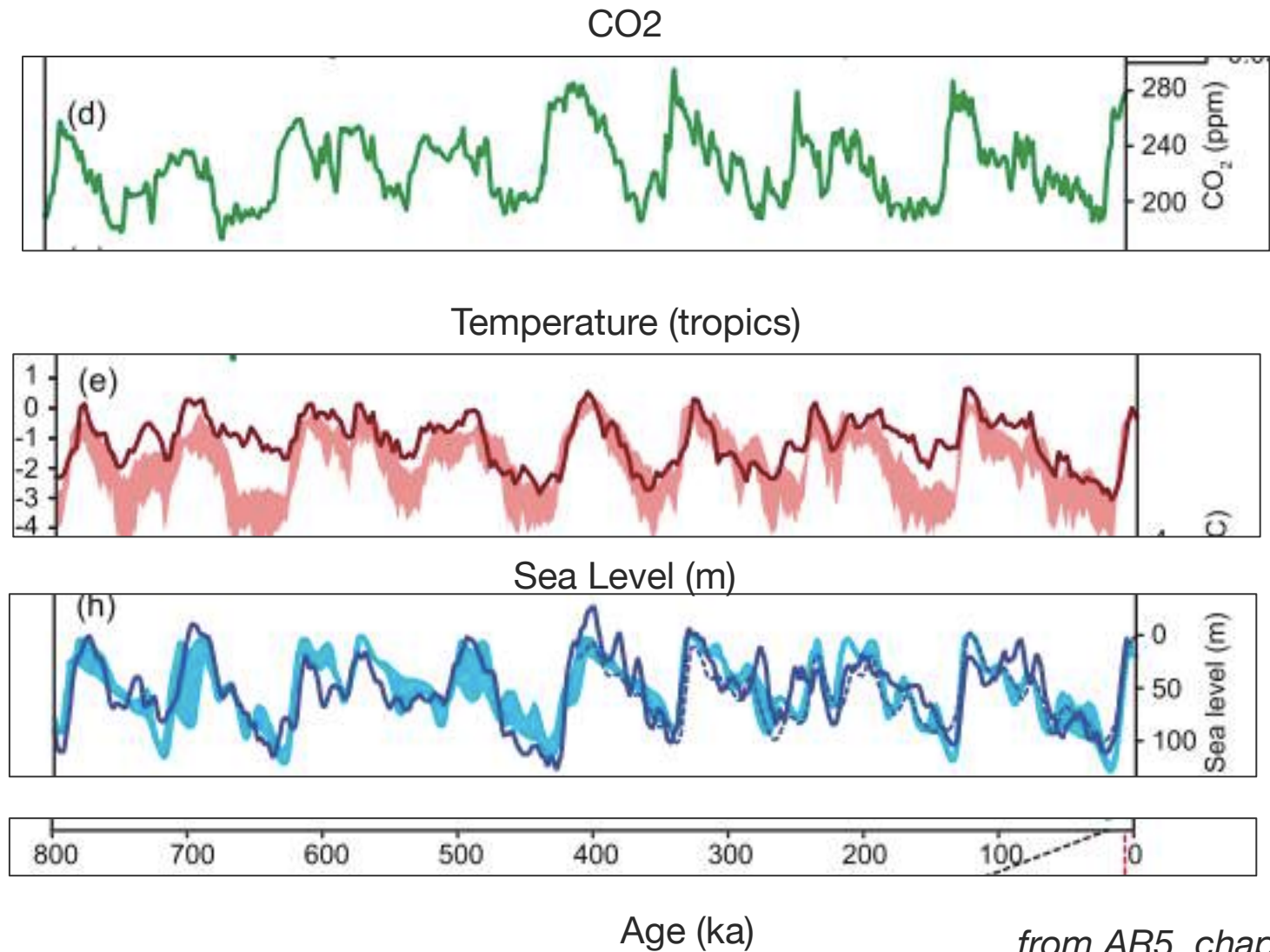


from AR5, chapter 5

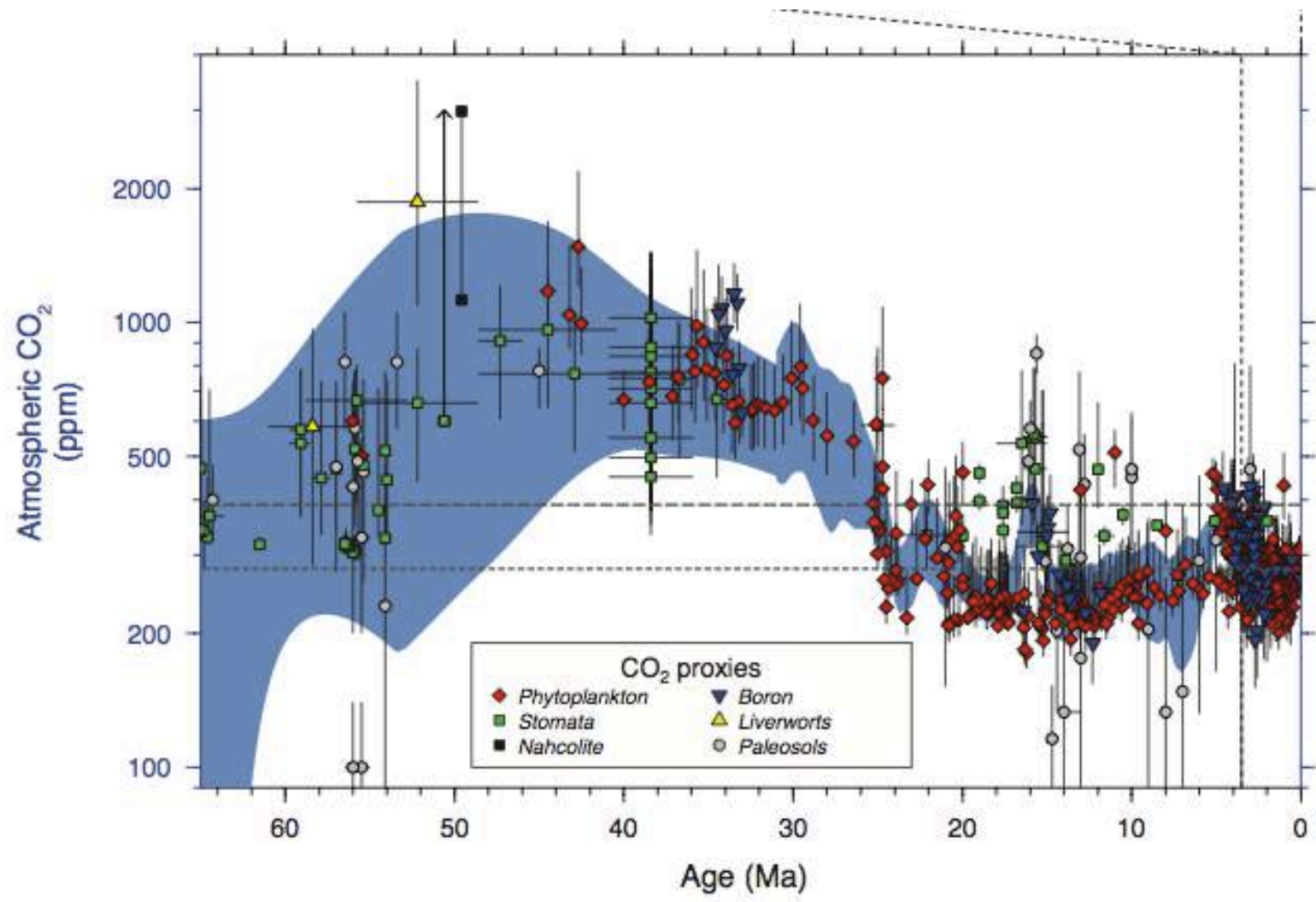
Proxy: geological records (~800 mil años atrás)



Proxy: geological records (~800 mil años atrás)

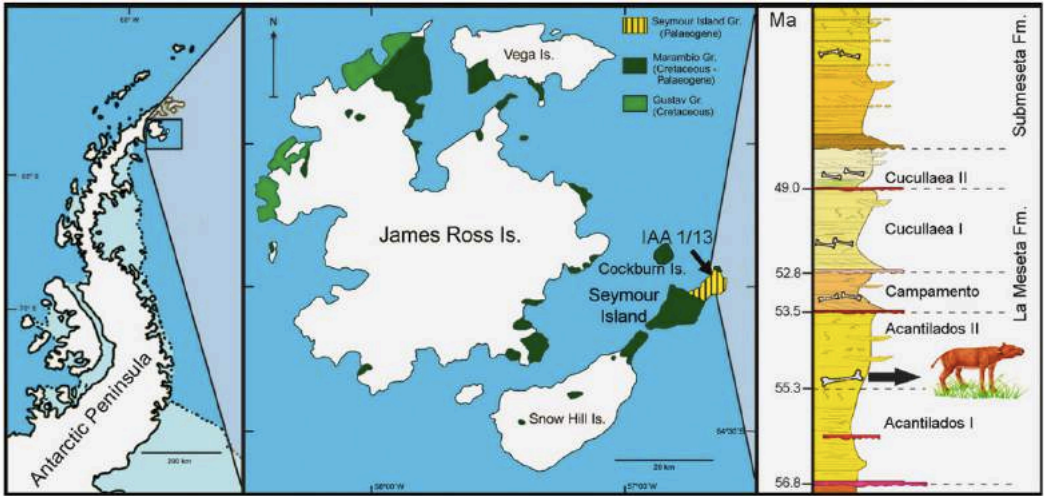


Proxy: geological records (~60 millones de años atrás)



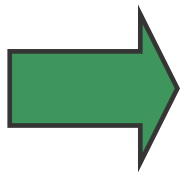
from AR5, chapter 5

Proxy: geological records (~1000 millones de años atrás)



Outline

- Contexto
- Historia del clima
- Observacion de la variabilidad del clima

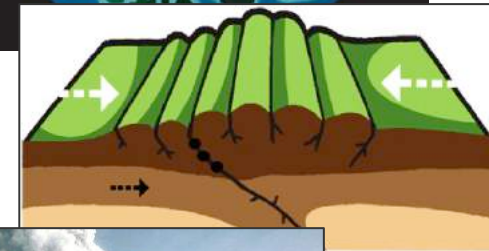
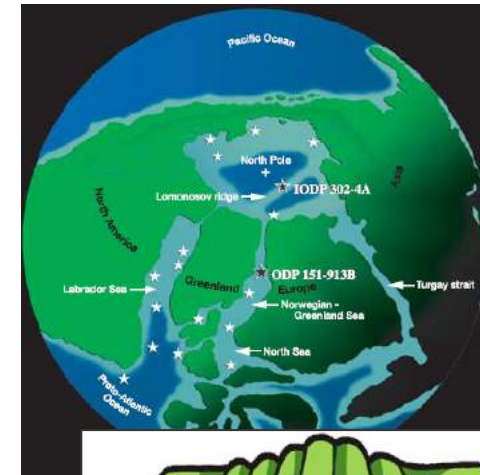


– Causantes de la variabilidad del clima

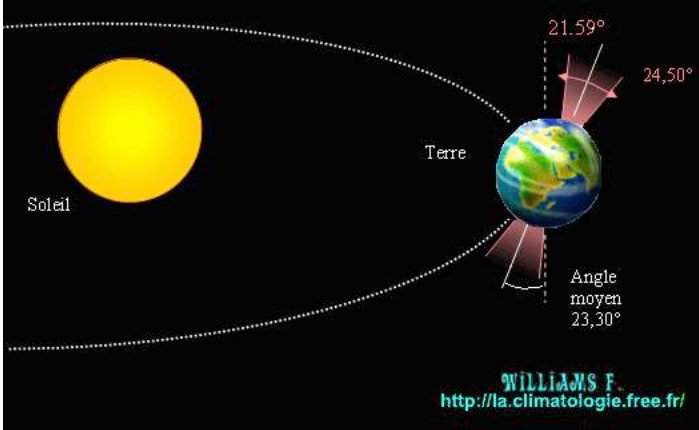
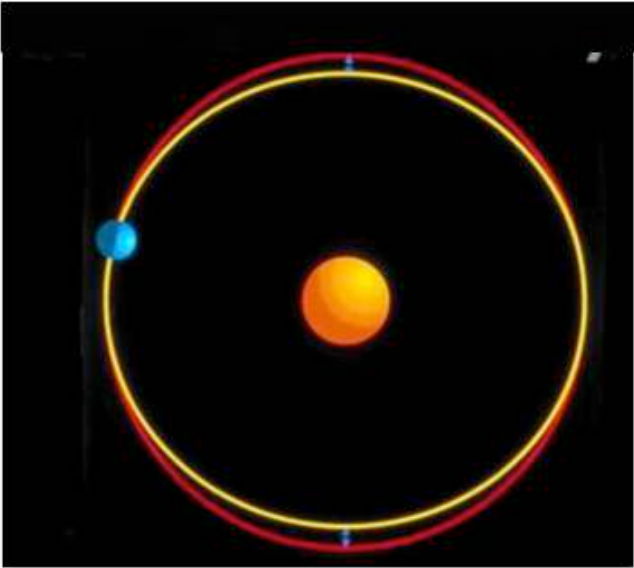
- Atribucion del cambio climatico

Forzantes geológicos – escalas muy largas (millones de años)

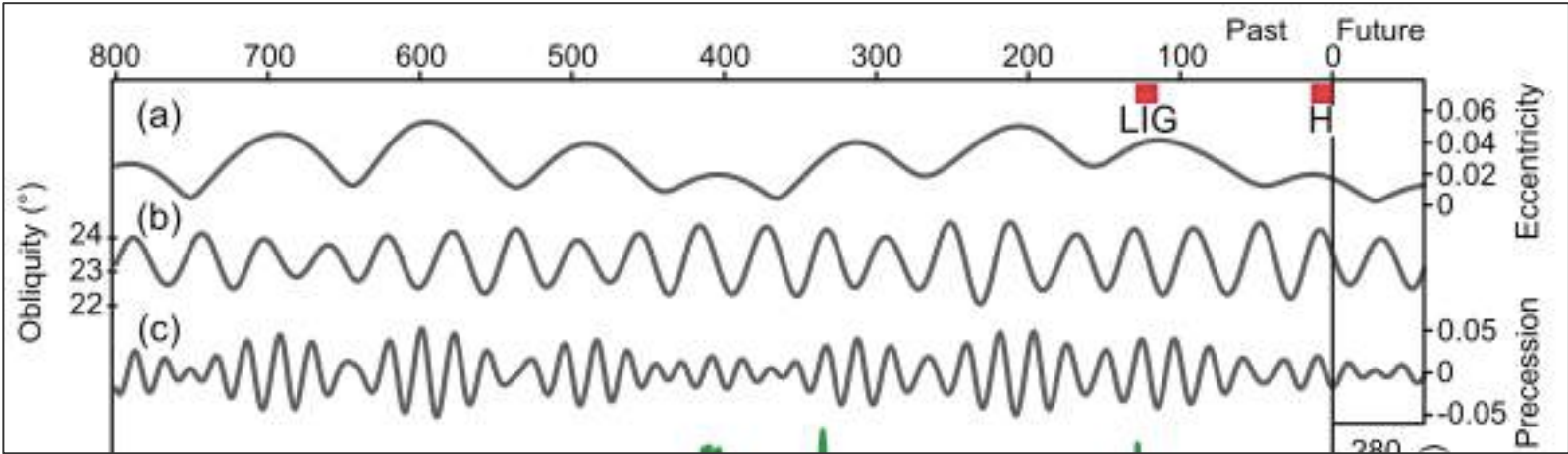
- Posición de los continentes
 - afecta la circulación oceánica y los flujos energéticos
- Orogenesis
 - secuestra carbono
- Actividad volcánica
 - emite carbono
- Otros
 - methane relase
 - ecosistemas
 - meteoritas
 - ...



Forzante orbital: variaciones en la geometría del orbita



age (ka)

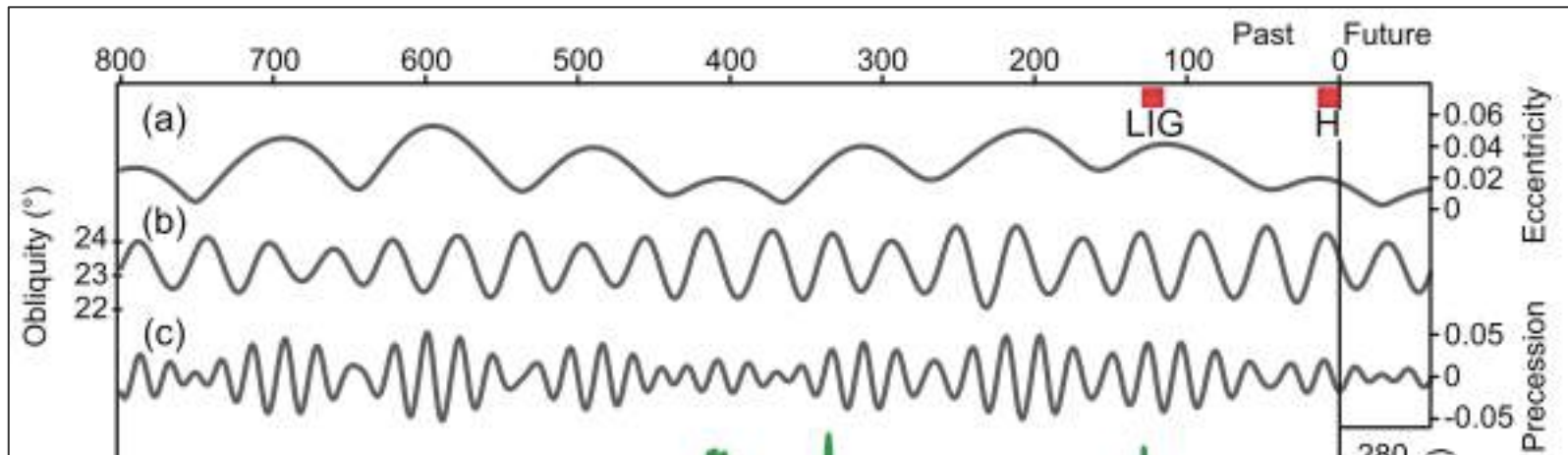


Forzante orbital: variaciones en la geometría del orbita

temperature

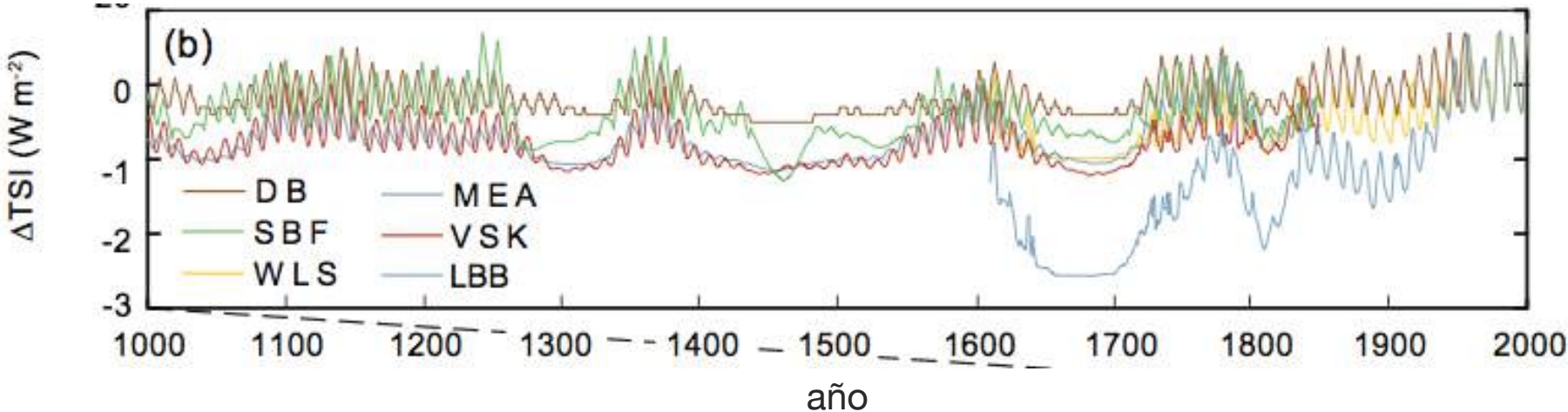


age (ka)

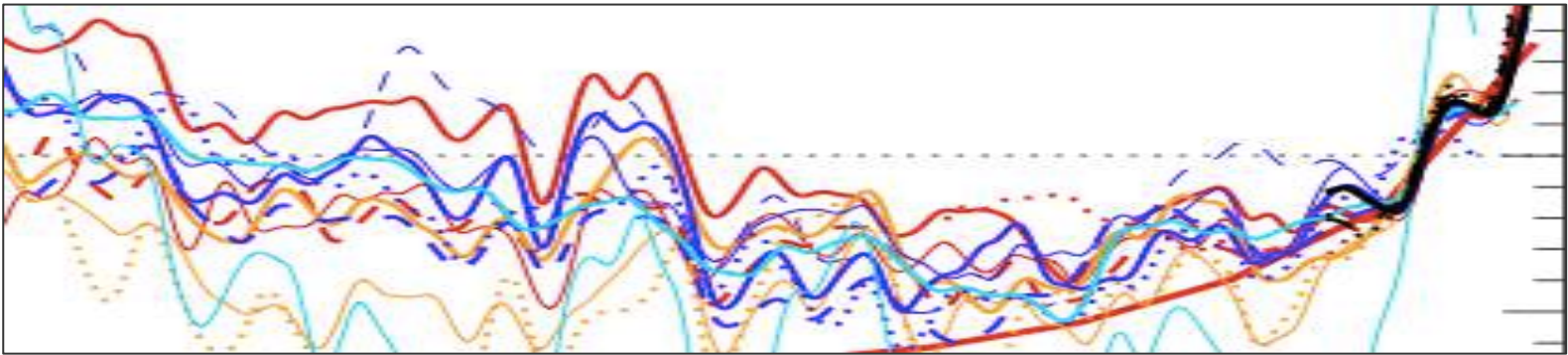


Forzante solar: variaciones en la radianza solar

Total Solar Irradiance



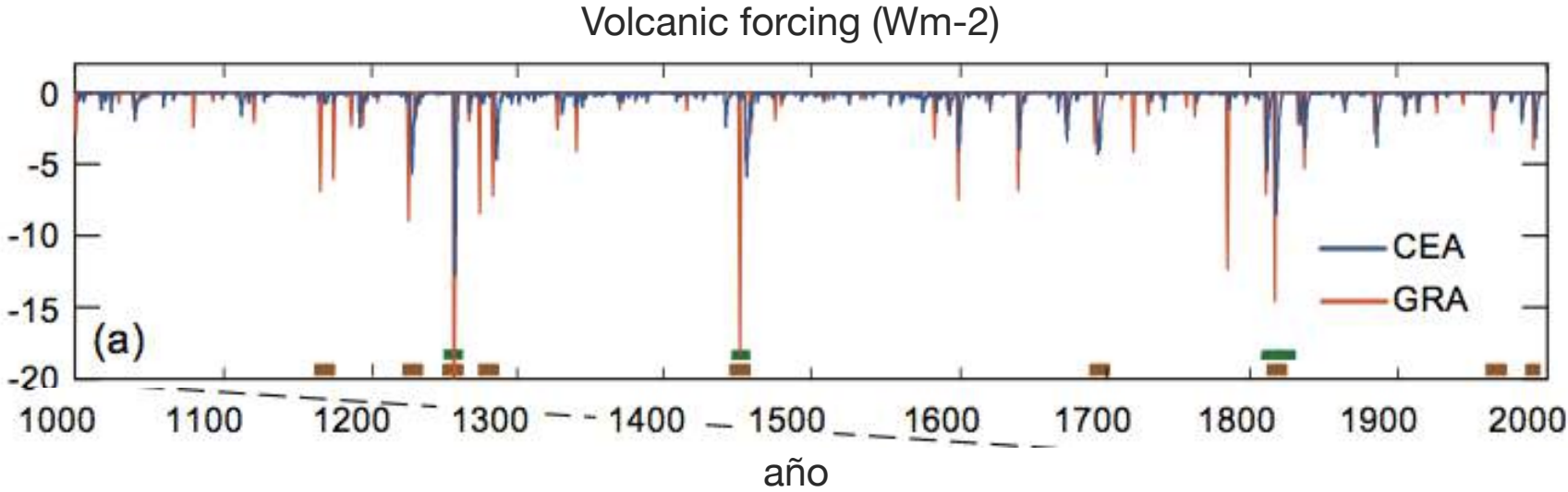
Temperature



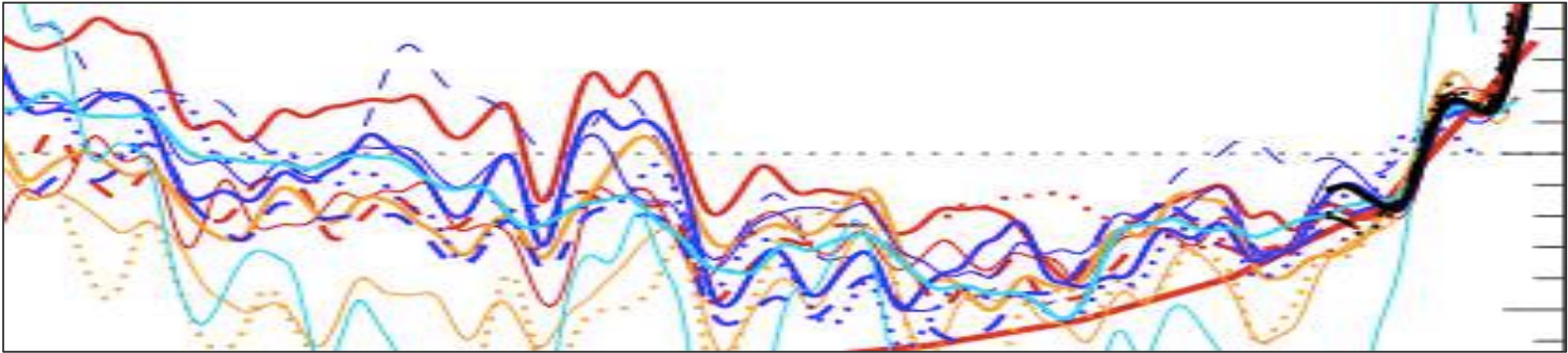
Forzante aerosol: erupciones volcánicas



Forzante aerosol: erupciones volcánicas

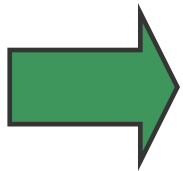


Temperature



Outline

- Contexto
- Historia del clima
- Observacion de la variabilidad del clima
- Causantes de la variabilidad del clima

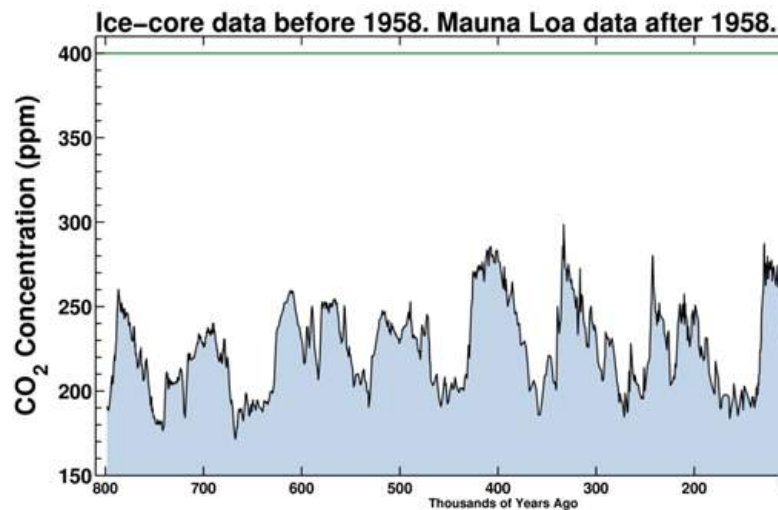


- Atribucion del cambio climatico

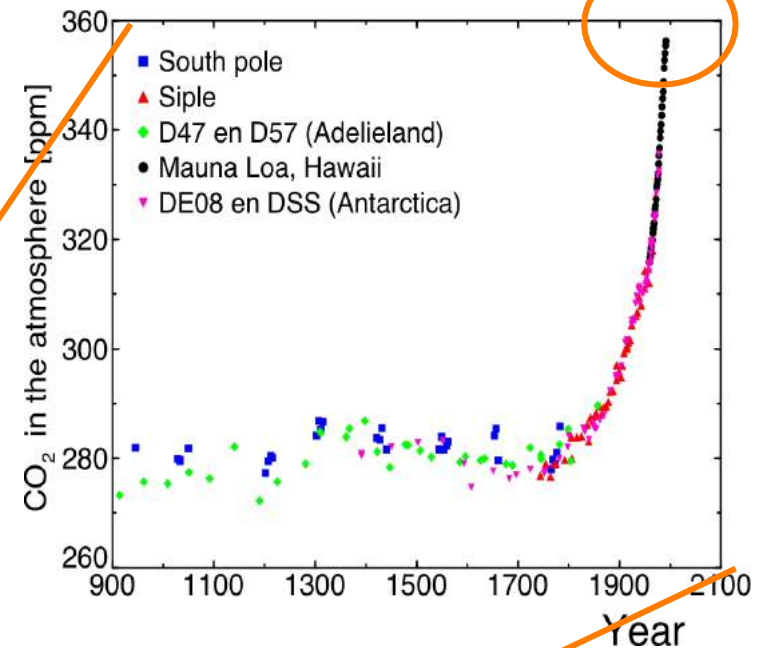
La velocidad del incremento de CO2 atmosférico es muy alta

- Nivel y velocidad jamás observados en los últimos 800,000 años.
- El aumento proviene mayormente de los combustibles fósiles.

últimos 800,000 años

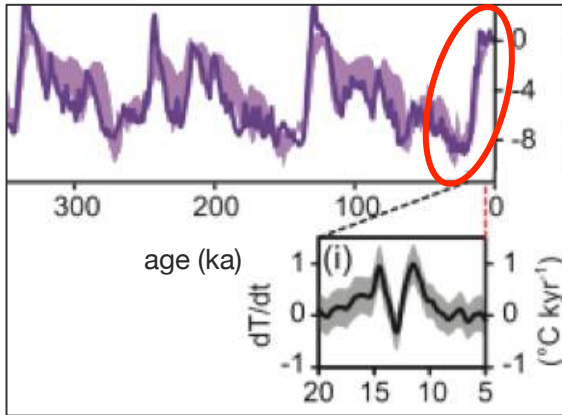


últimos 1,200 años



La velocidad del calentamiento es muy alta

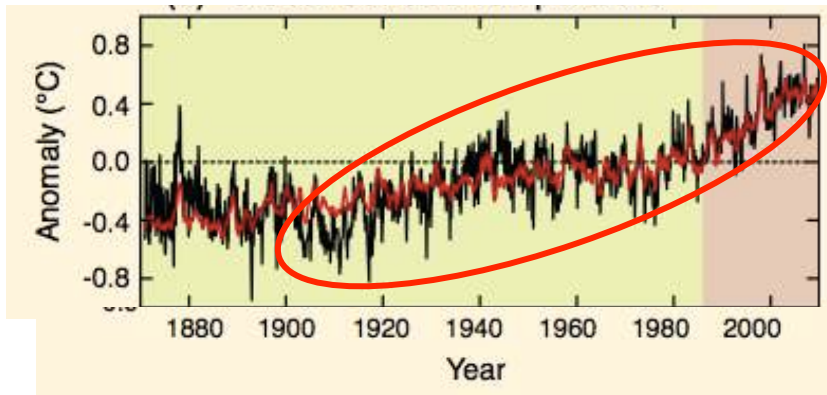
Temperature, last 300,000 years



calentamiento mas rapido observado antes del siglo 20:

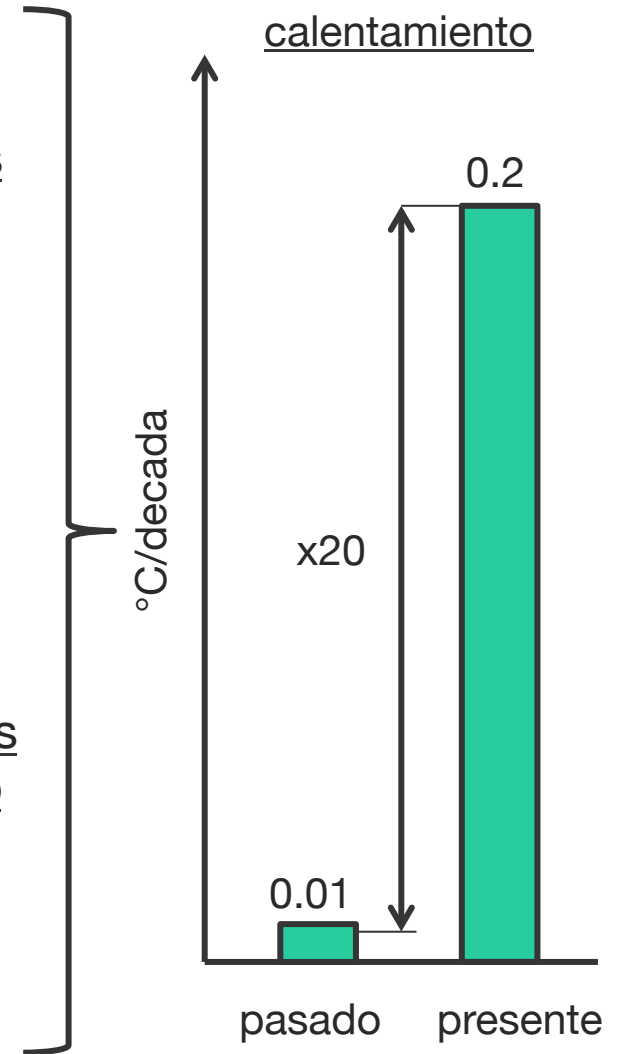
+0.01°C/decada

Temperature, last 150 years

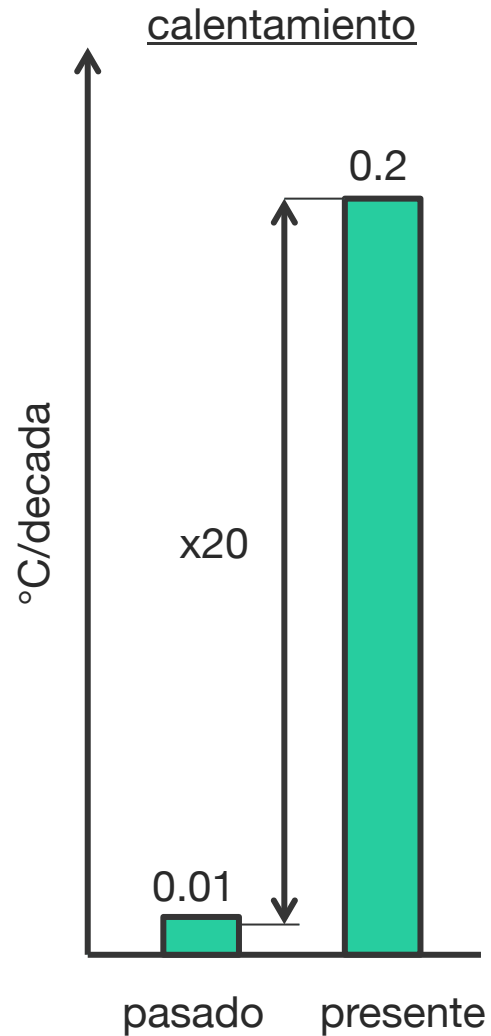


calentamiento mas rapido observado en el siglo 20:

+0.2°C/decada



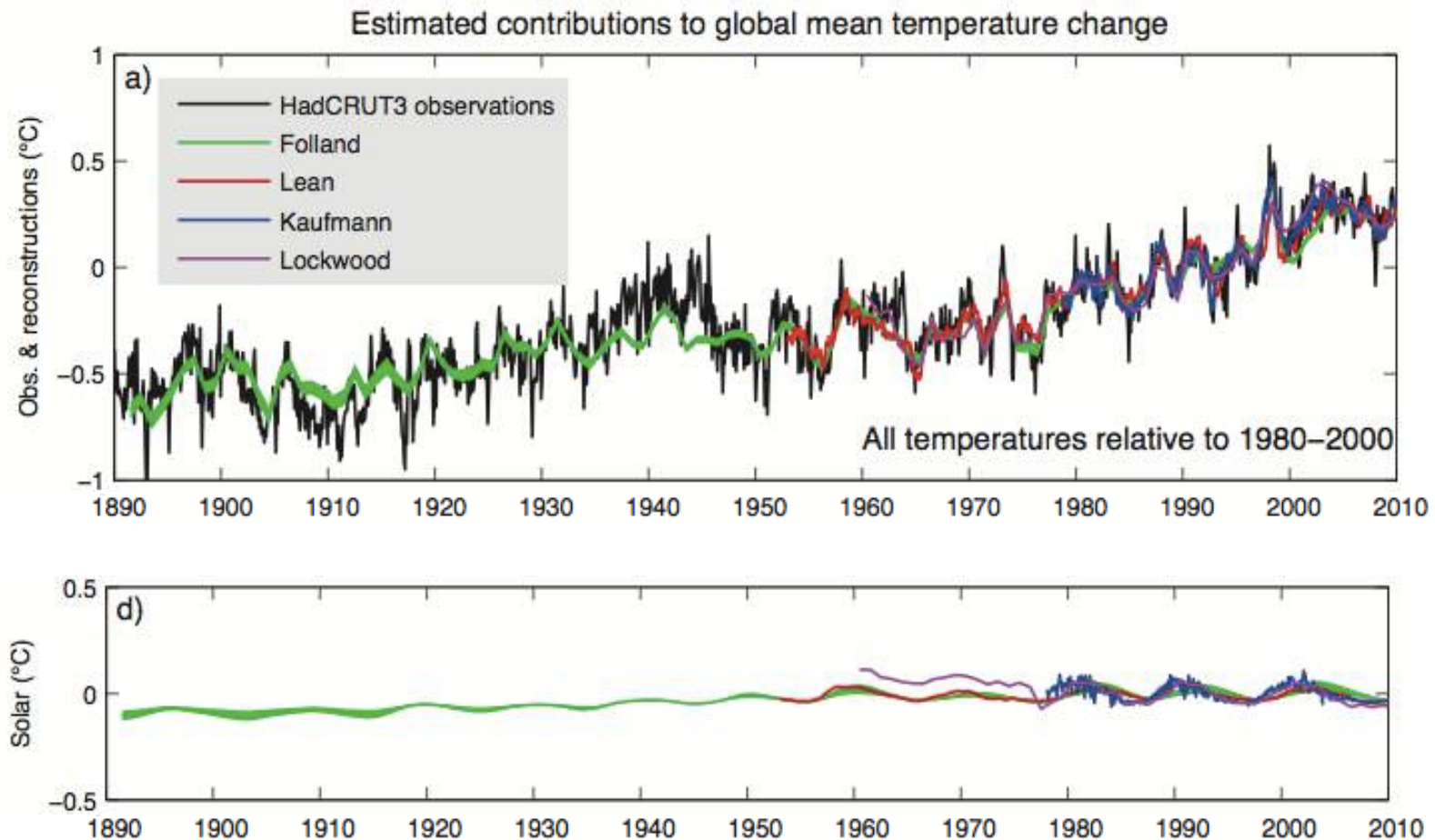
La velocidad tiene implicaciones para los ecosistemas



- “Move, adapt or die”.
- Con $0.01^{\circ}\text{C}/\text{decada}$, las especies tienen tiempo de migrar y/o adaptarse.
- Con $0.2^{\circ}\text{C}/\text{decada}$, las especies pueden llegar a no tener tiempo de migrar y/o adaptarse.

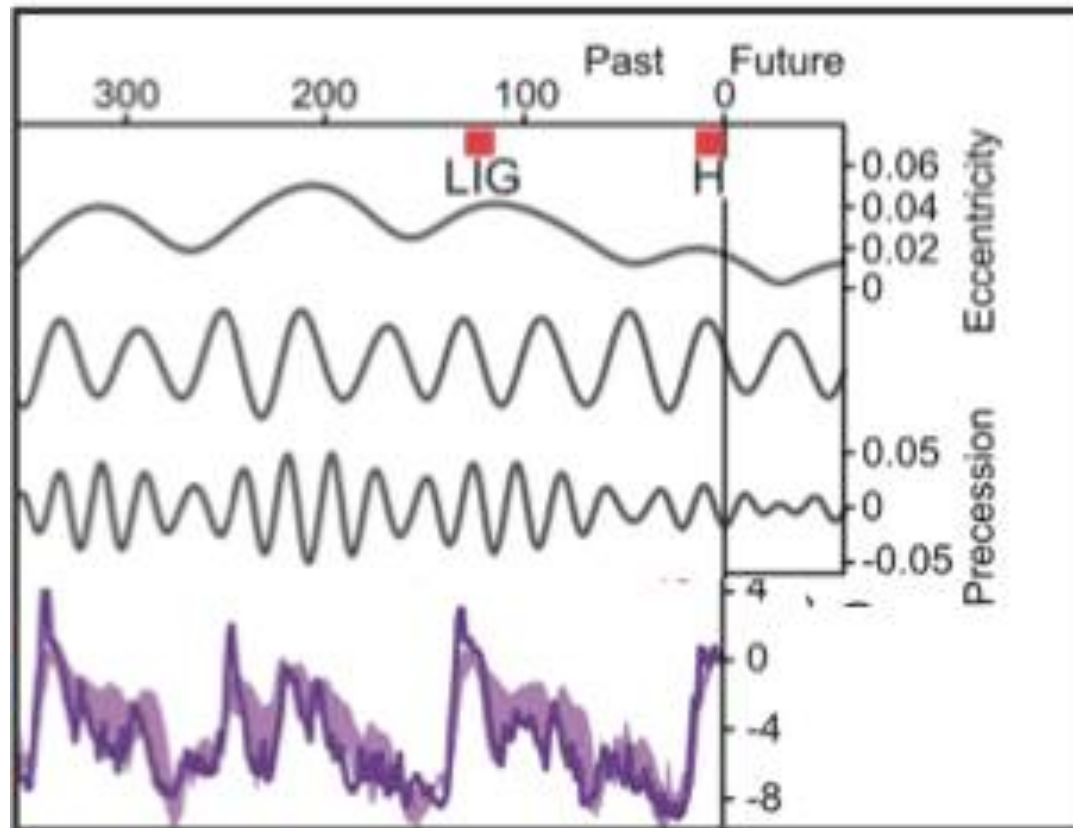
El forzante solar genera oscilaciones de $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$

- El forzante solar no contribuye al calentamiento global,
- El ciclo solar modula significativamente la tendencia a la escala decadal (hiato 2000-2014)



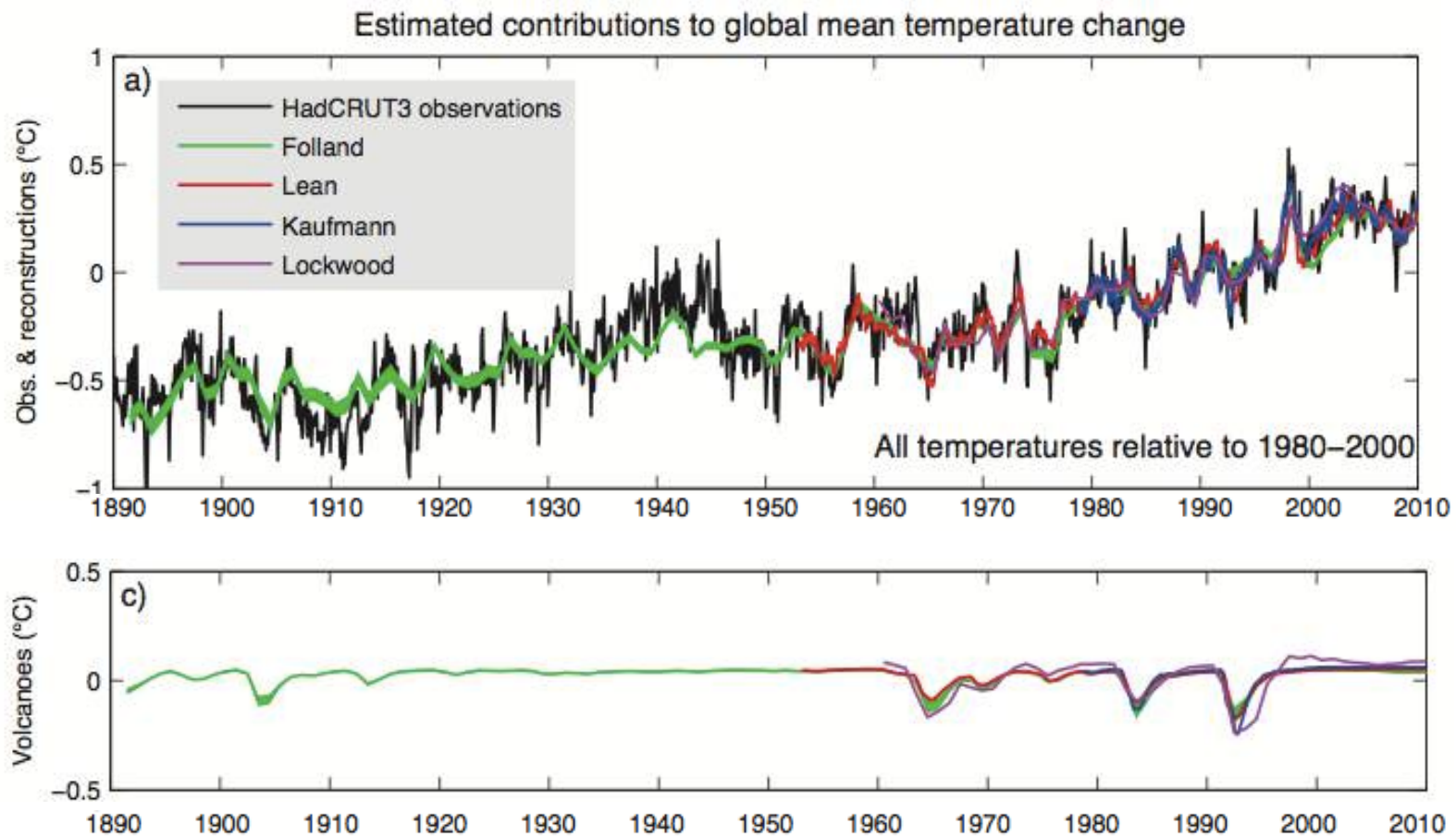
El forzante orbital genera un leve enfriamiento

- El forzante orbital en los últimos 5000 años corresponde a una tendencia al enfriamiento,
- No será capaz de producir un enfriamiento abrupto en los próximos siglos



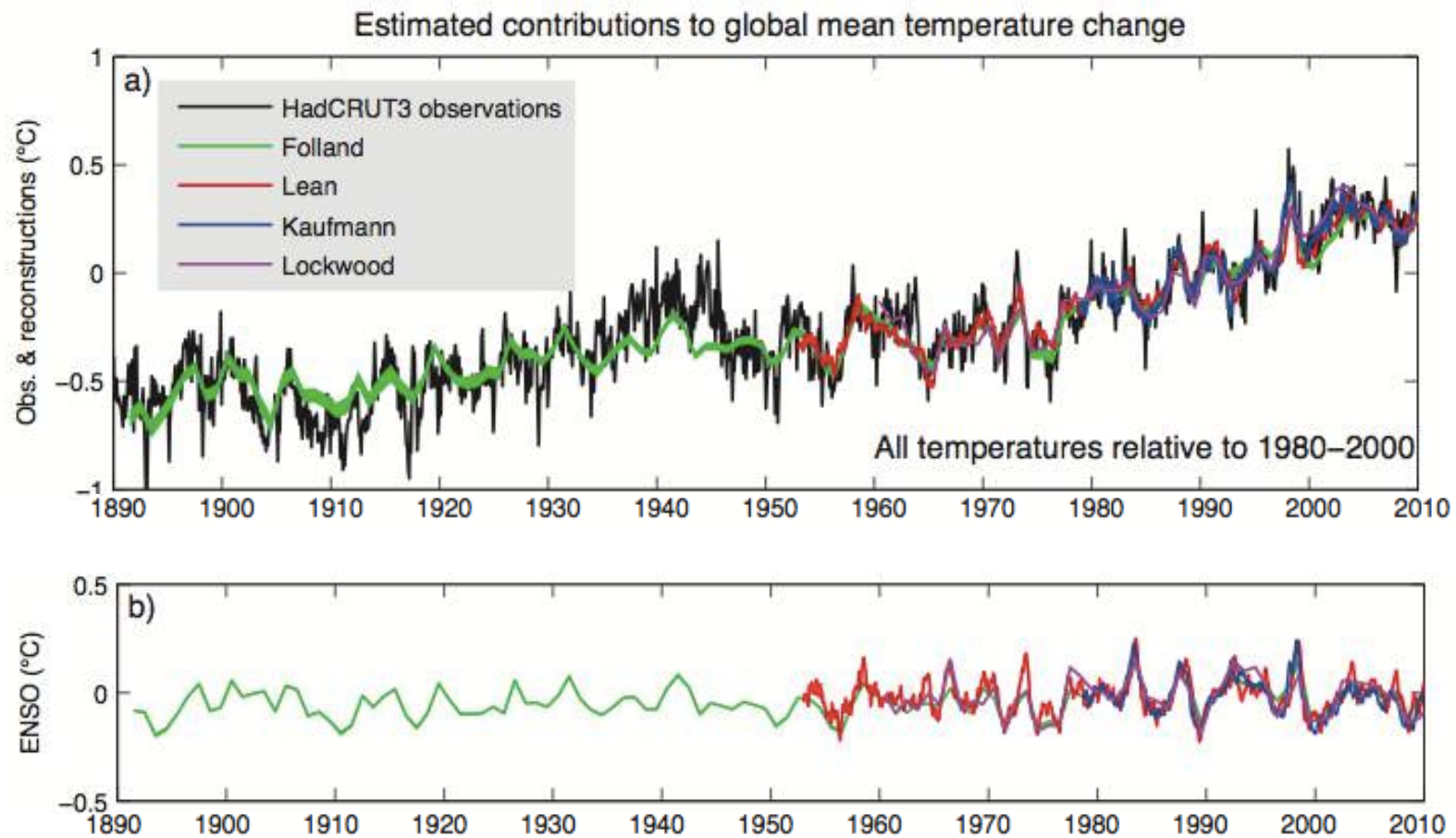
El forzante volcánico genera picos de enfriamiento

- Efecto claro sobre la tendencia,
- Actividad volcánica en los últimos 50 años mayor a la del principio de siglo 20, escondiendo parte de la tendencia
- Mayor incertidumbre sobre proyecciones decadales.



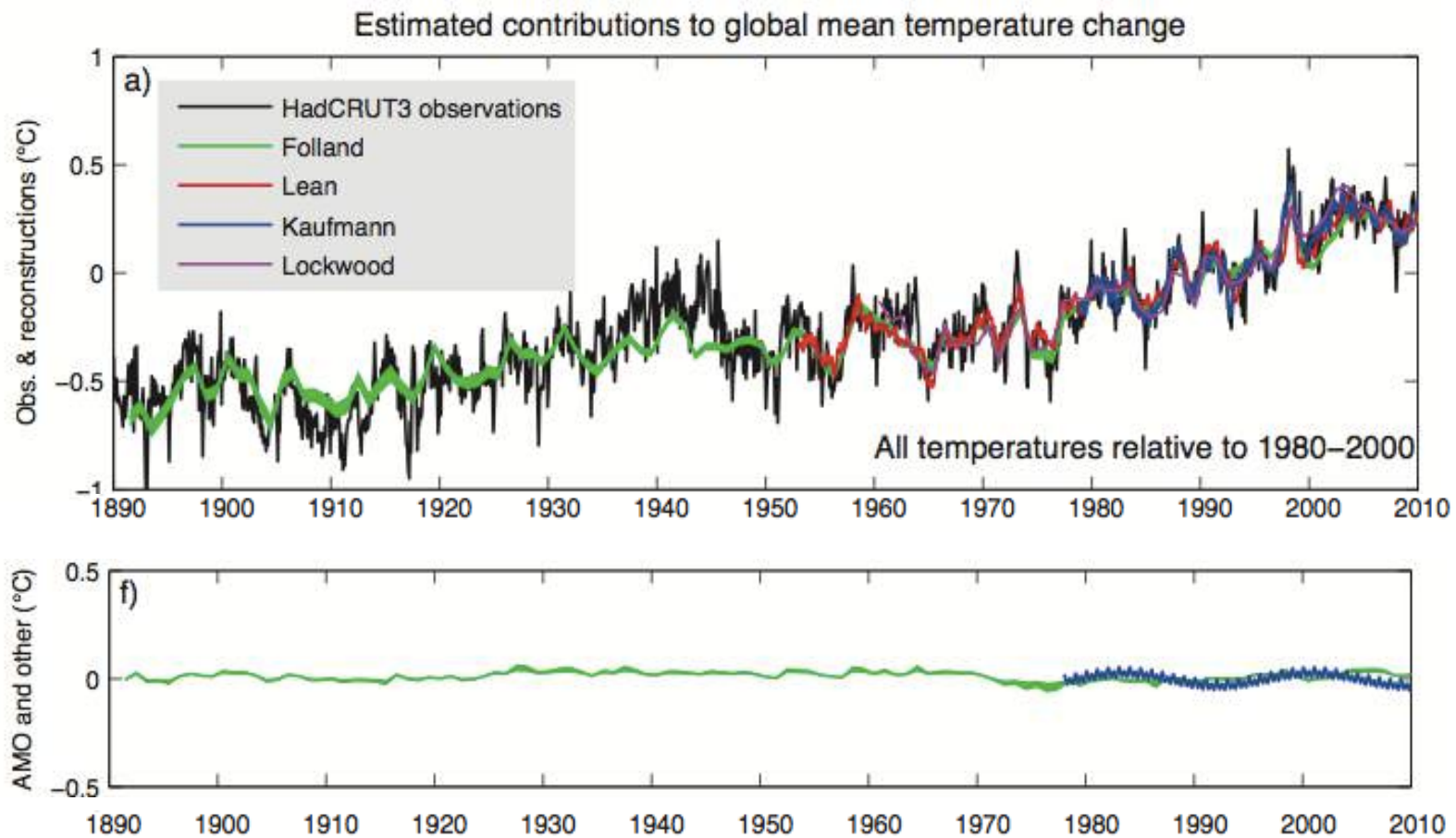
La variabilidad interna interanual afecta la tendencia

- Dominado por oscilaciones El Niño-La Niña,
- Efecto claro sobre la tendencia y a corto plazo,



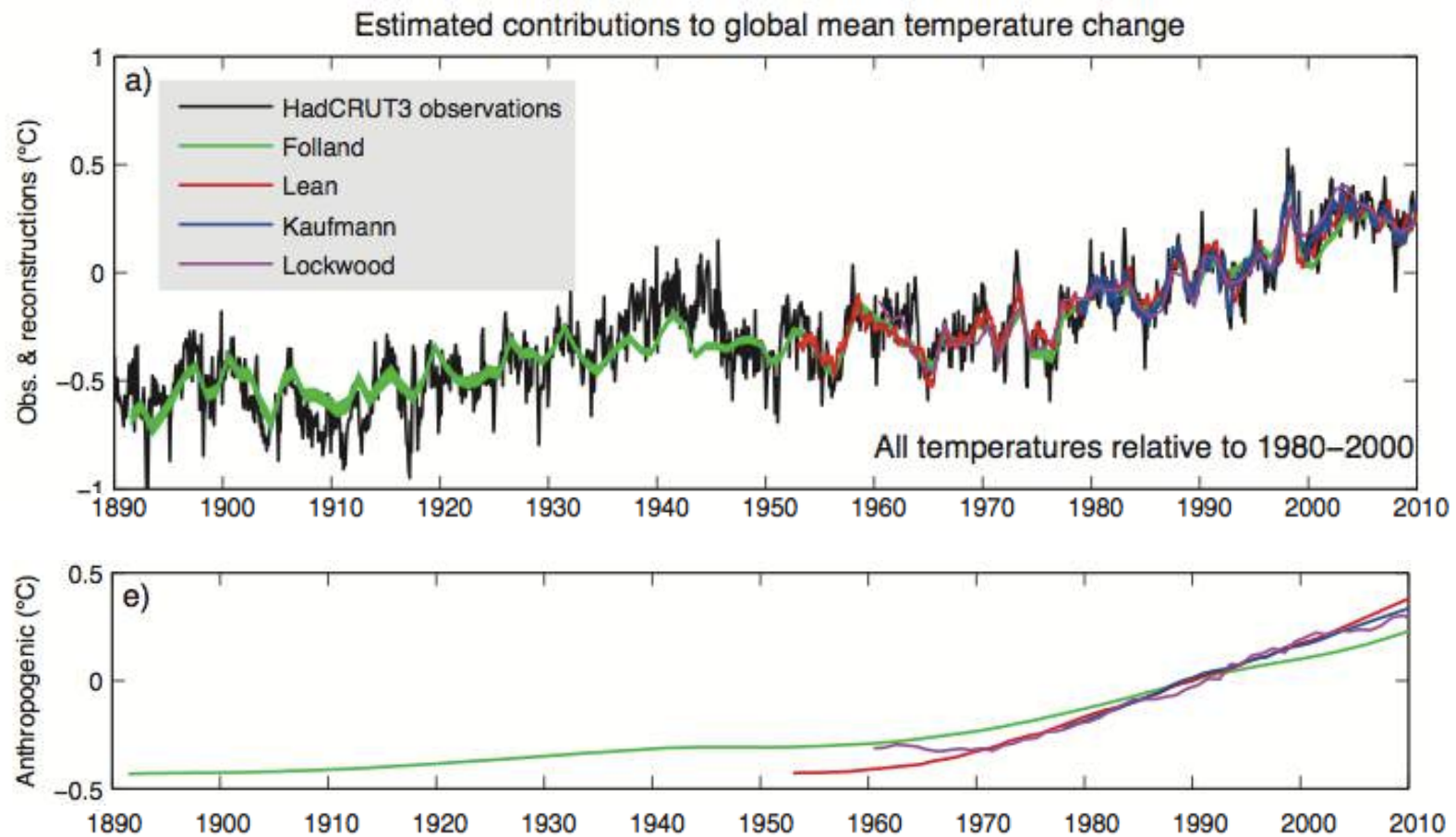
La variabilidad interna interdecadal afecta la tendencia

- Dominado por AMO (Atlantic Multidecadal Oscillation)
- Efecto menor sobre la tendencia y a corto plazo,



Los forzantes antropogénicos permiten explicar la tendencia

- Forzante antropogénico: gases invernaderos, cambio de uso de suelo, aerosoles, ozono.

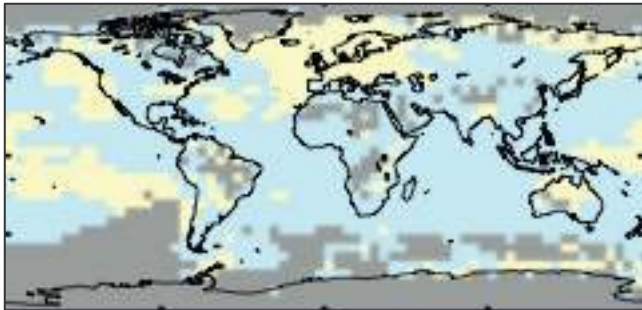


“Huellas digitales” corroboran la atribucion antropogenica

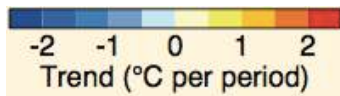
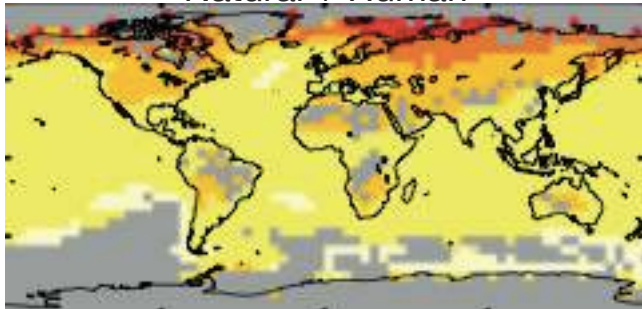
- Take advantage of contrasted responses of different causal factors in models.
- Evidence the existence of these patterns in climate record.

Model patterns (AR)

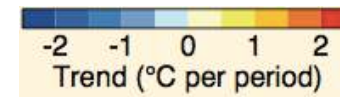
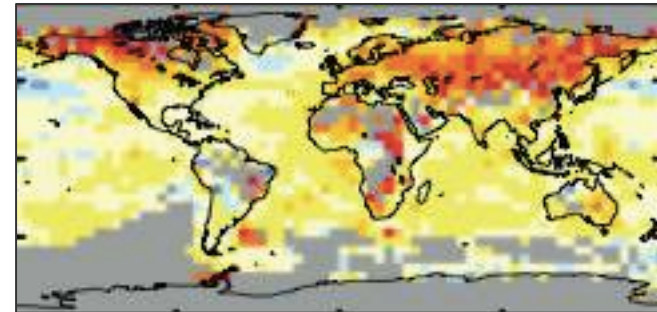
Natural only



Natural + Human



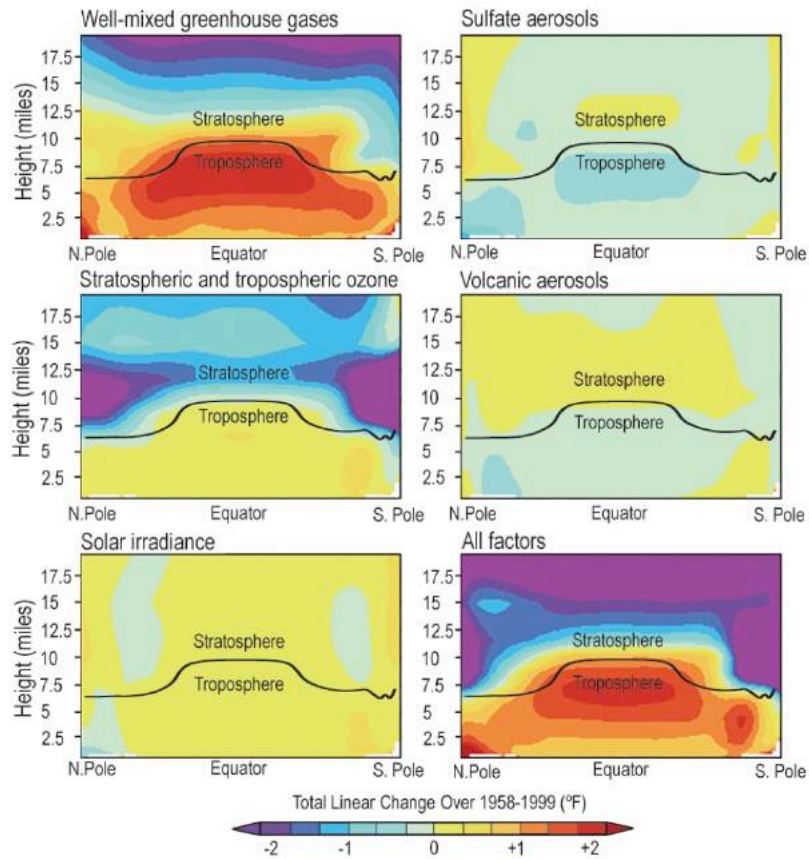
Observations



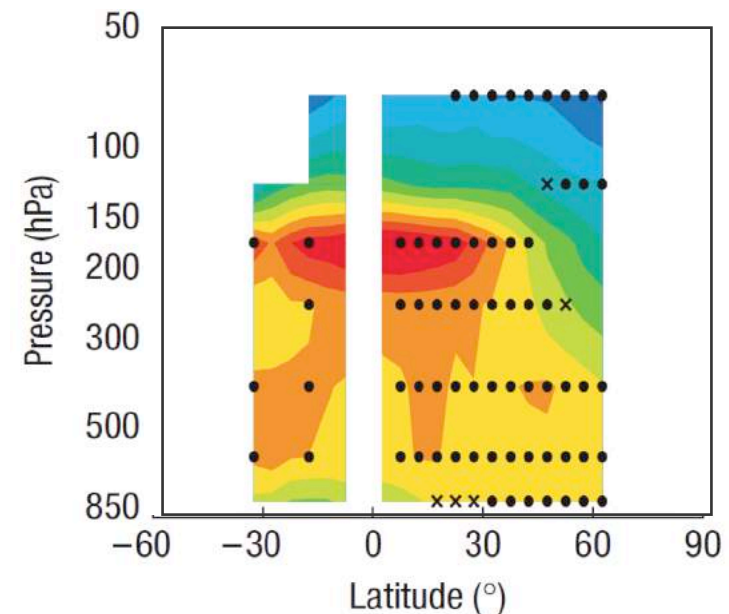
“Huellas digitales” corroboran la atribucion antropogenica

- Take advantage of contrasted responses of different causal factors in models.
- Evidence the existence of these patterns in climate record.

Model patterns (AR4)

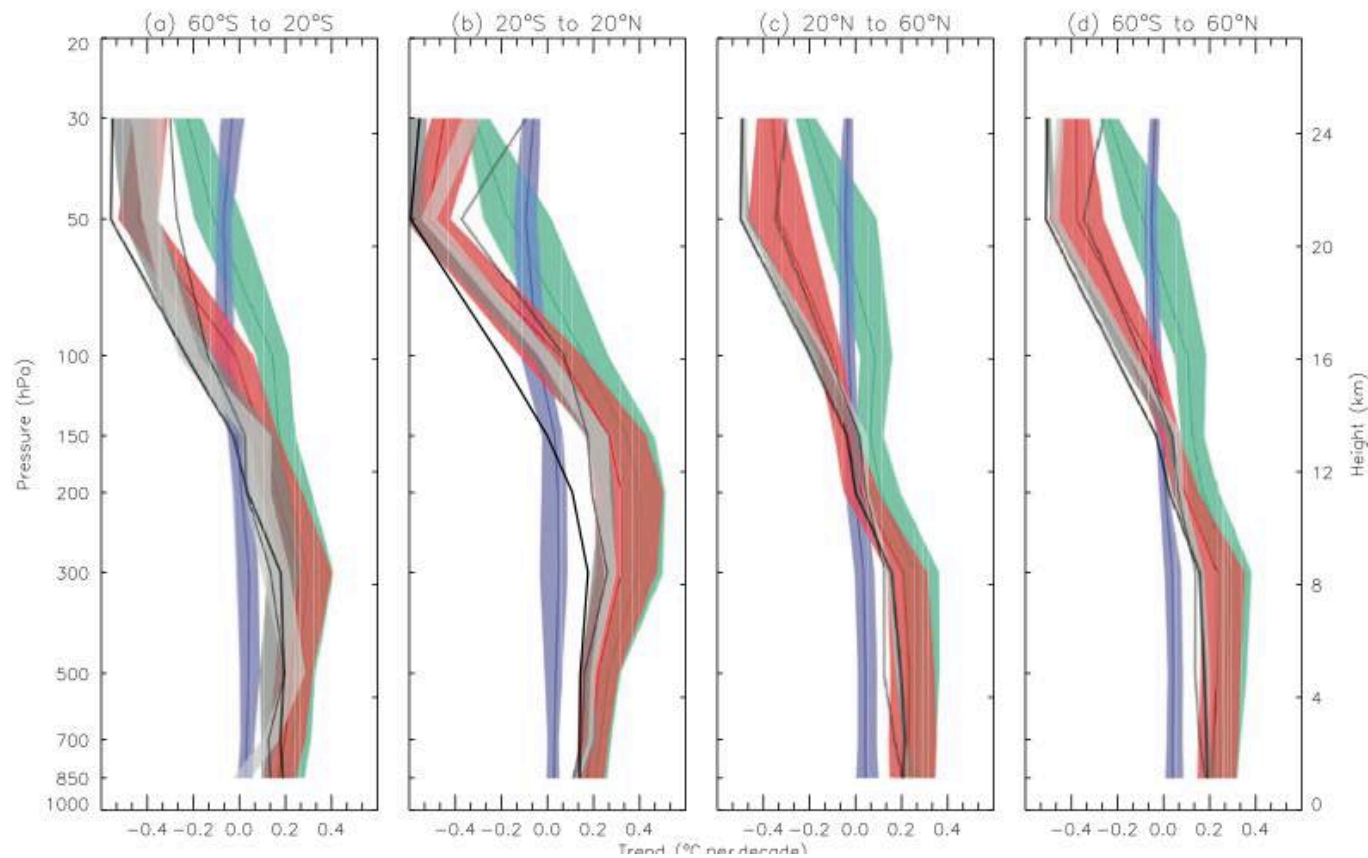


Observations



“Huellas digitales” corroboran la atribucion antropogenica

- Take advantage of contrasted responses of different causal factors in models.
- Evidence the existence of these patterns in climate record.



Resumen – conclusion

- El clima siempre estuvo variando naturalmente.
- Se logran caracterizar y explicar estas variaciones a partir de:
 - observaciones indirectas (proxys)
 - física del sistema climático (modelos)
- Durante la era industrial:
 - se observó un calentamiento rápido,
 - los factores naturales no permiten explicar este cambio.
 - los forzantes antropogénicos permiten explicarlo.
- Preguntas pendientes:
 - incertidumbres sobre la magnitud de cada uno de los forzantes,
 - aspectos locales/eventos,
 - afirmaciones causales, cuantificación de la incertidumbre.