



semana 6: clima observado y sus variaciones

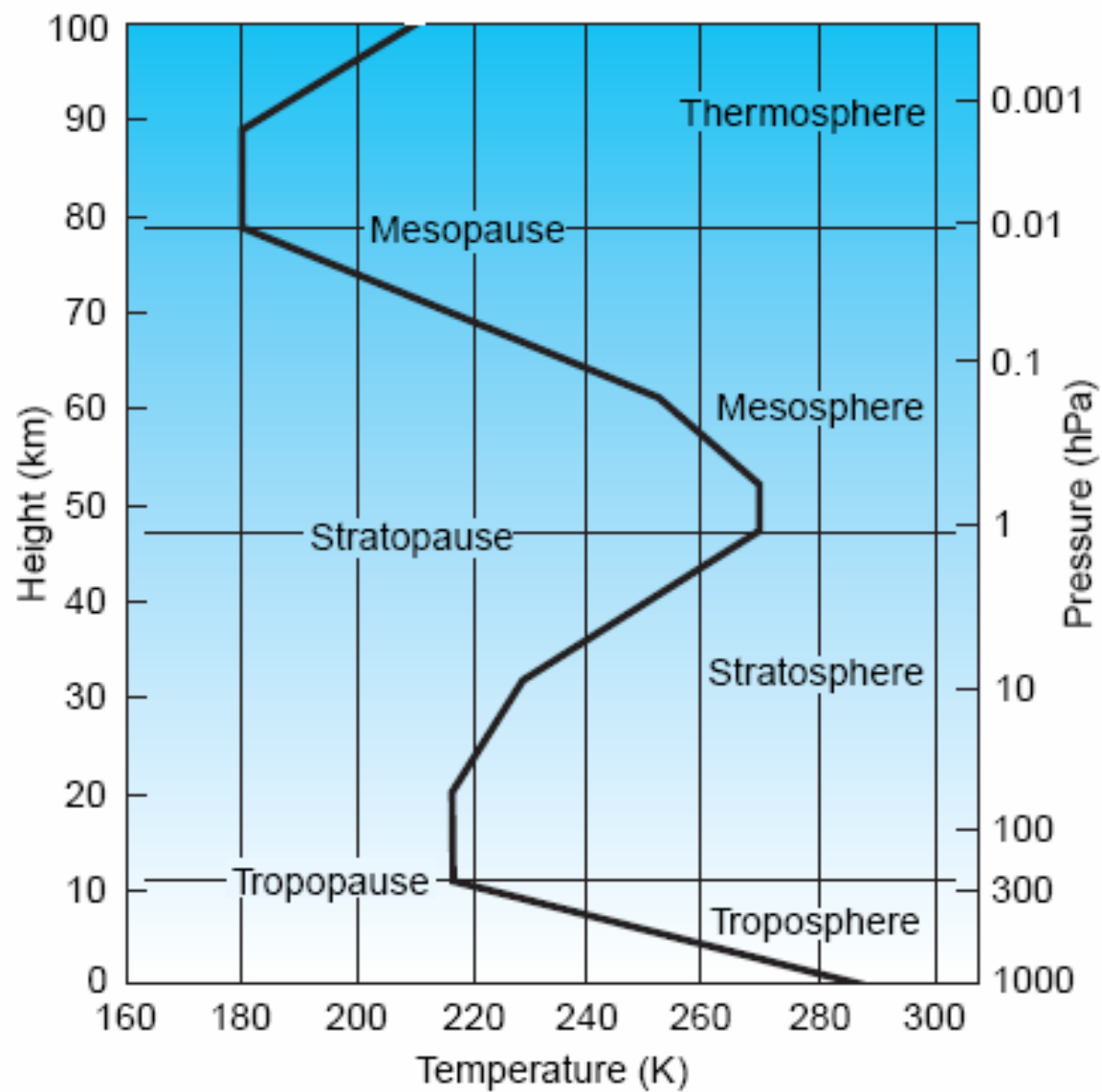
eh1d3 - calentamiento global:
un análisis científico-humanista

Martín Jacques Coper
martin@dgf.uchile.cl

contenidos



- nivel global
- temperatura
 - variaciones en el tiempo (superficie, tropósfera, estratósfera)
 - tendencias
 - precipitación
 - ¿cómo se manifiestan los cambios de esta variable?
 - ¿dónde se observan?
- nivel regional
 - ¿qué pasa en Chile?
- síntesis



la estructura vertical de la atmósfera

- tropósfera (<10 km)
 - aprox. 80% de la masa atmosférica
 - ‘bien mezclada’, ‘limpiada’ por la precipitación
- estratósfera
 - movimientos verticales limitados
 - procesos de nubes: poco eficientes en la ‘limpieza’ de esta capa
 - máximo de T a 50 km?



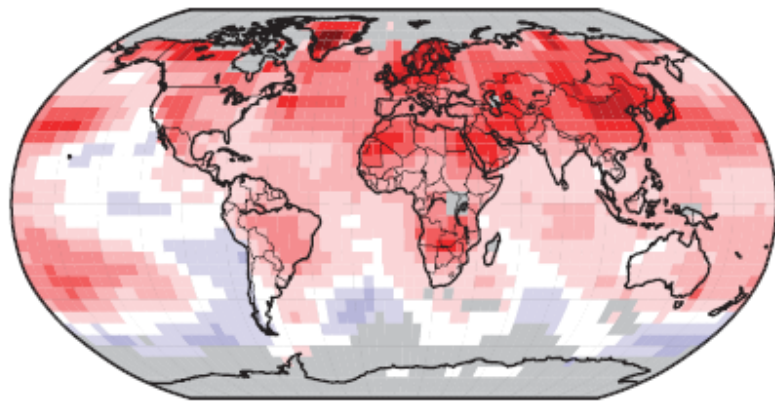
lo que se aprecia



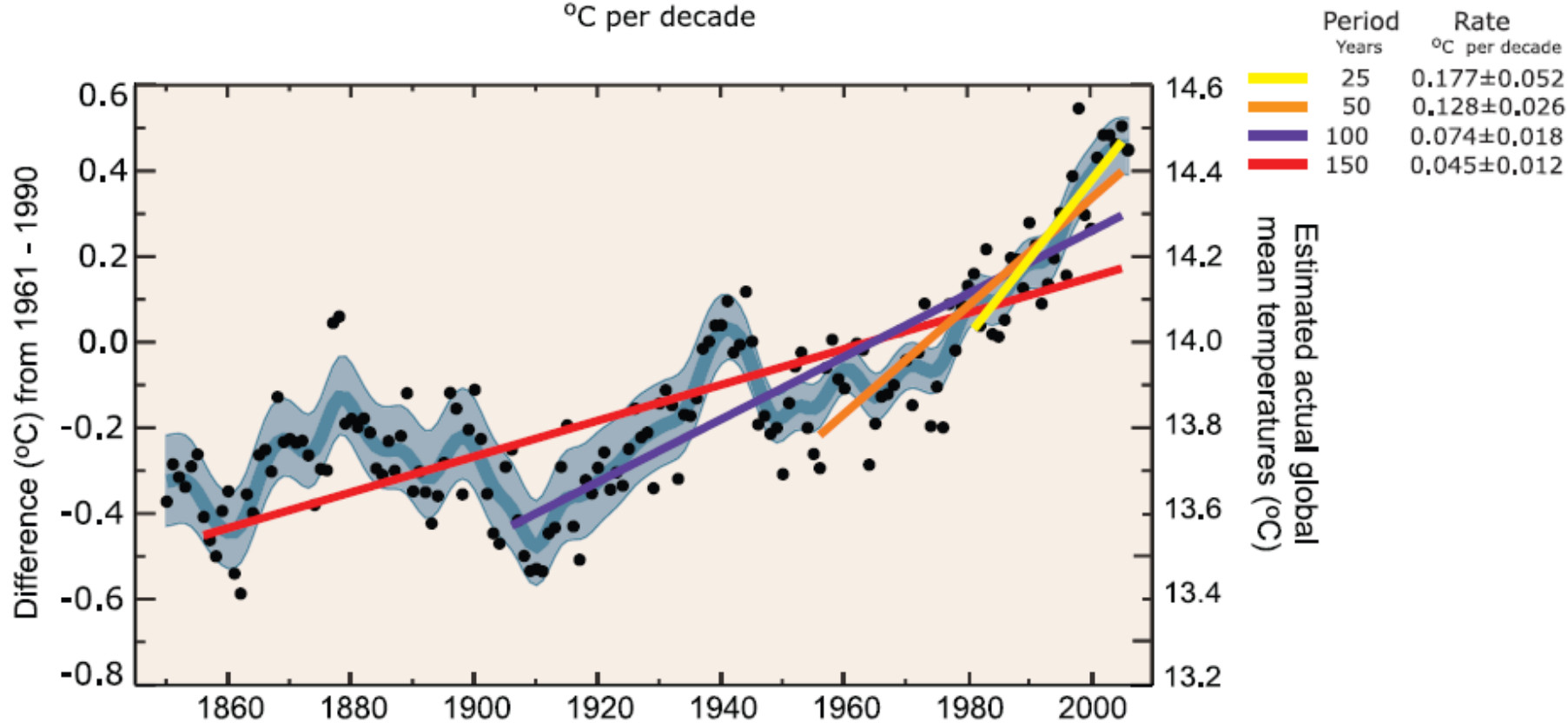
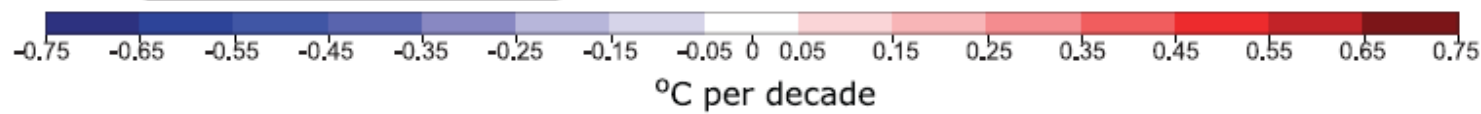
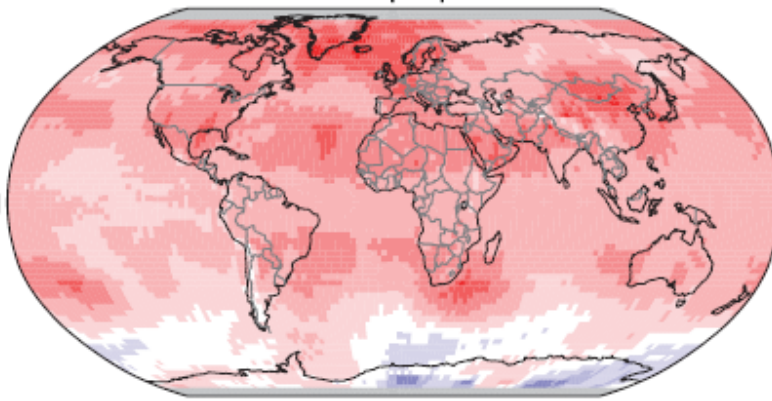
- concordancia en tiempo y carácter de la variabilidad interanual entre distintas fuentes de datos
- desde 1979:
 - T superficial: $0,16-0,18^{\circ}\text{C/dec}$
 - T tropósfera baja: $0,12-0,19^{\circ}\text{C/dec}$
- estratósfera baja: calentamiento notorio después de las mayores erupciones
- ¿logra el ajuste de tendencias describir el comportamiento de las series de tiempo?
- T superficiales: ¿es el calentamiento homogéneo en el mundo?

GLOBAL TEMPERATURE TRENDS

Surface



Troposphere



tendencias de la temperatura global



- promedio global: aumento de $0,74^{\circ}\text{C}/100$ años
- calentamiento: 2 periodos
 - 1910-40: $0,35^{\circ}\text{C}$
 - 1970s-presente: $0,55^{\circ}\text{C}$
- 11 de los 12 años más cálidos registrados hasta 2007 ocurrieron entre 1995-2006
- aumento de T: mayor sobre continentes que sobre océanos
- T de la tropósfera (hasta 10 km) aumenta a mayor tasa que la superficial
- T de la estratósfera (10-30 km) disminuye desde 1979... ¿por qué?

algunas observaciones...

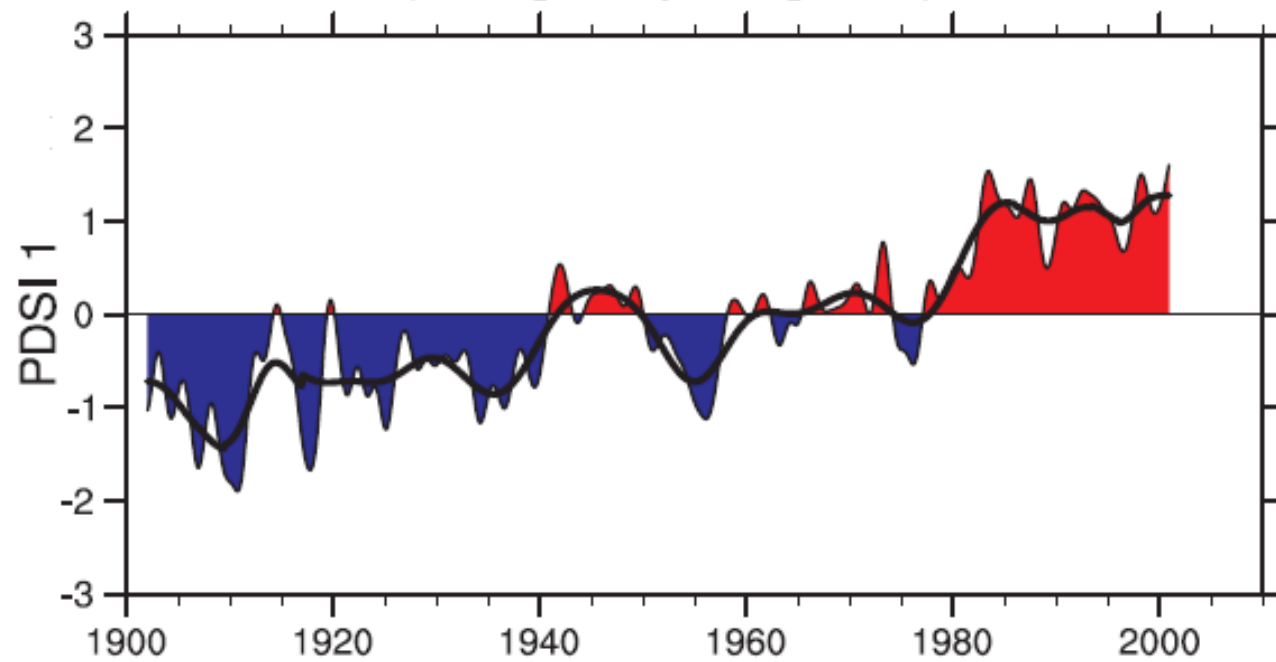
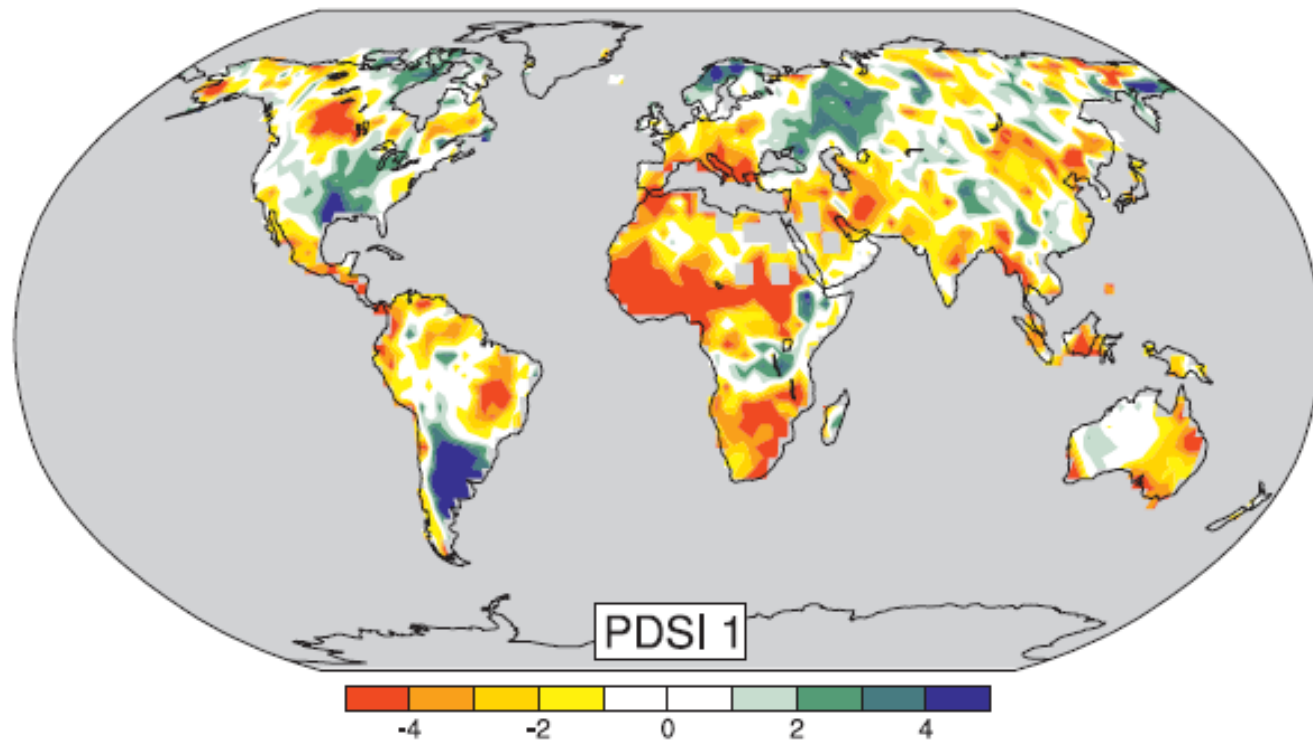


- antes de 1915: cambios menores, asociados a variabilidad natural (rad. solar, volcanismo...)
- 1940-70s: industrialización, aumento de contaminantes en el HN
- mediados 1970s: GEI
- diferencias superficie/tropósfera

la precipitación también cambia



- cantidad, intensidad, frecuencia y tipo... ¿qué factor es más importante?
- en parte, los cambios son determinados por variabilidad natural (e.g. ENSO)
- más rr: partes orientales de Norte- y Sudamérica, norte de Europa, norte y centro de Asia
- más seco: Sahel, sur de África, sur de Asia, Mediterráneo
- aumentan eventos de precipitación intensa, aun en regiones donde disminuye rr
- las amenazas: sequías (aumento de temperatura, disminución de precipitación) e inundaciones
- uno de los factores: aumento del vapor de agua en la tropósfera (especialmente en parte baja)
 - Clausius-Clapeyron: $+1^{\circ}\text{C} \Rightarrow 7\%$; HR se mantiene constante

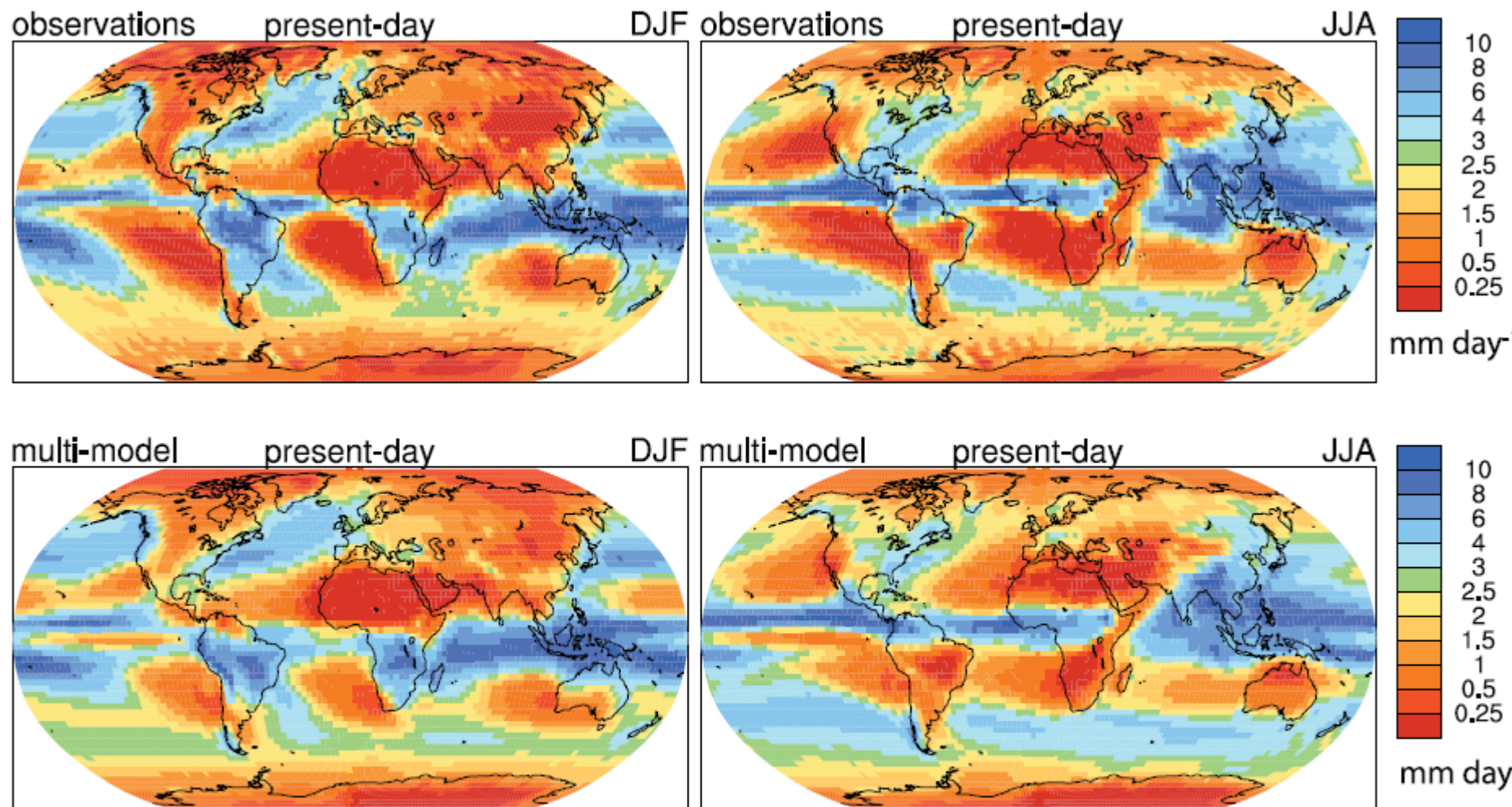


¿qué apreciamos?

- PDSI: combina humedad del suelo y evaporación, mide el déficit relativo a la climatología
- aumento de temperatura y relación con humedad del suelo: ¿qué pasa p.ej. en el este de Sudamérica?
- en un mundo más cálido, la precipitación cae como lluvia (en vez de nieve): menor cantidad de recursos hídricos 'almacenados' para el verano



SEASONAL MEAN PRECIPITATION RATES

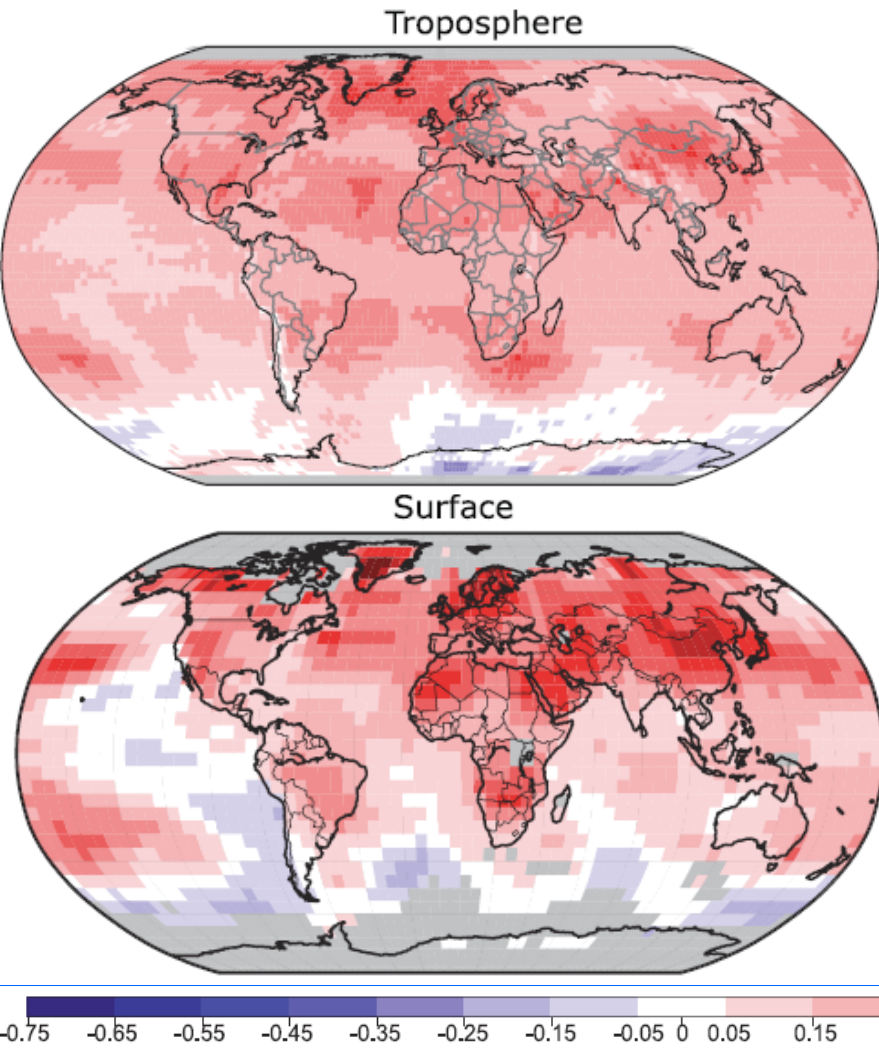


en Chile

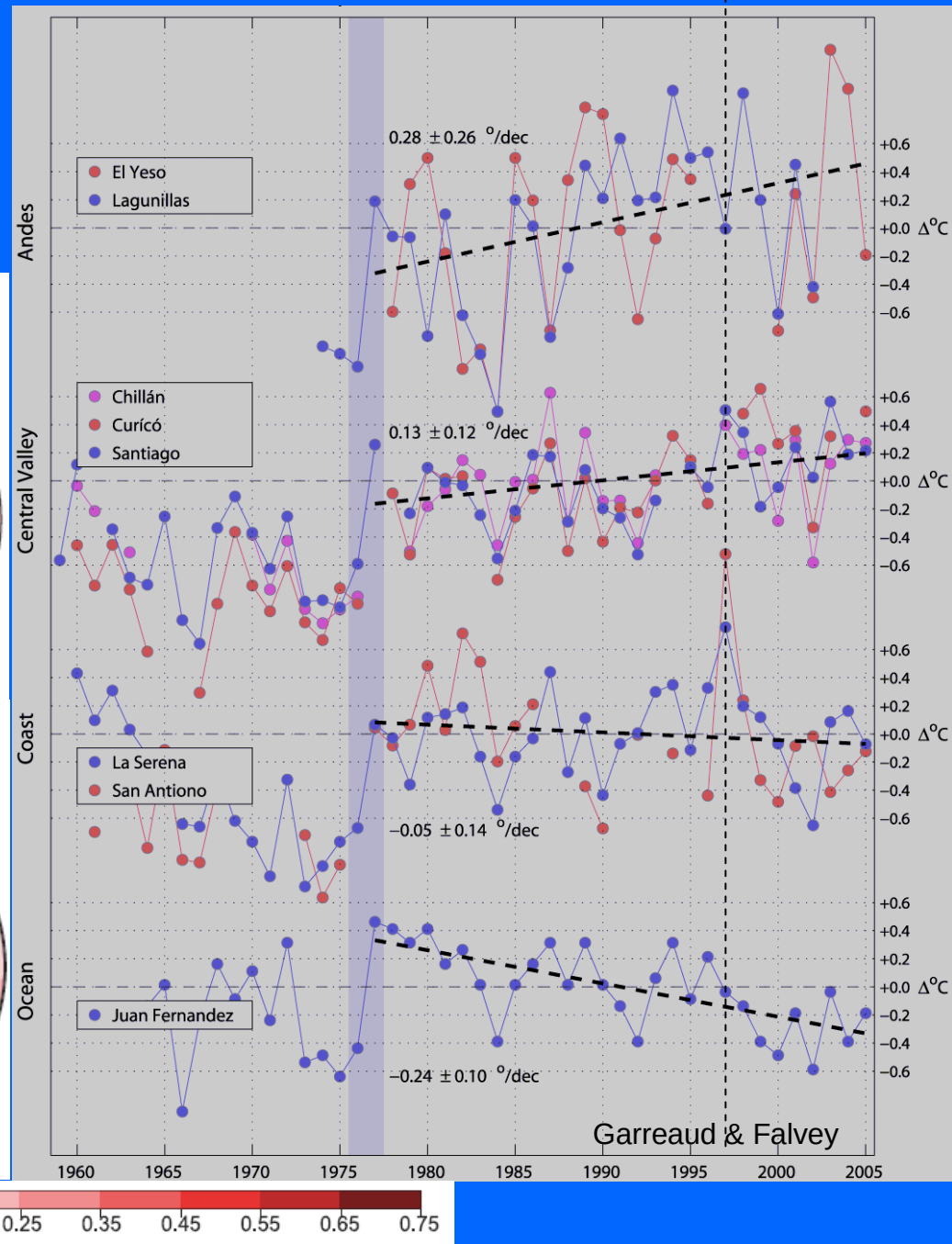
- temperatura (1979-2006)
 - se aprecia enfriamiento en sectores costeros
 - lo anterior contrasta con aumento de T zonas más altas
 - ¿cómo definir tendencias?
- precipitación anual (1950-2000)
 - comportamiento diferenciado Norte-Sur

Variación de temperatura superficial

© IPCC 2007: WG1-AR4 (2007)

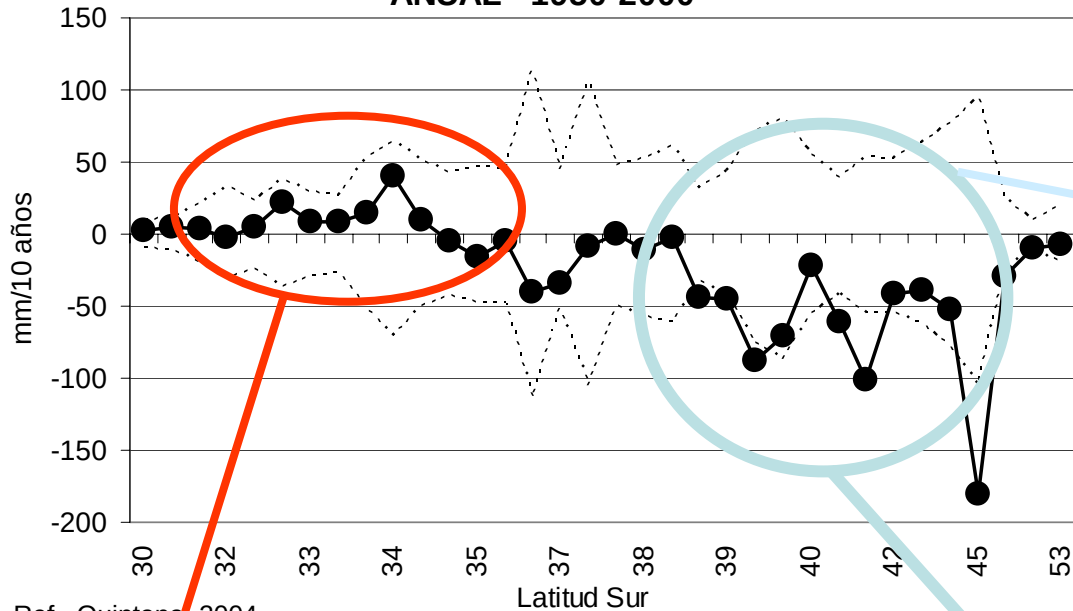


°C/decada



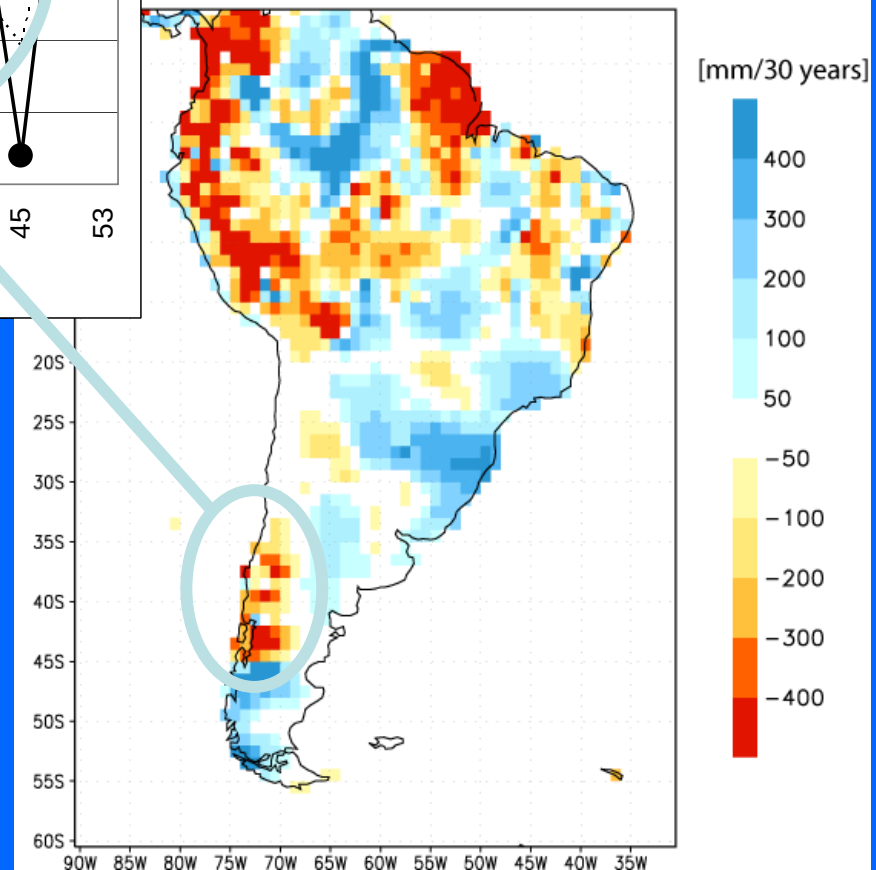
Cambios en precipitación

TENDENCIA DE LA PRECIPITACION
ANUAL - 1950-2000



- Clima lluvioso
- PAM ~ 1000-3000 mm
- $\sigma(IA)/PAM \sim 0.1$
- Débil impacto ENSO
- Tendencia negativa

- Clima semiárido
- PAM ~ 30-500 mm
- $\sigma(IA)/PAM \sim 0.3 - 0.5$
- Fuerte impacto ENSO
- Sin tendencia



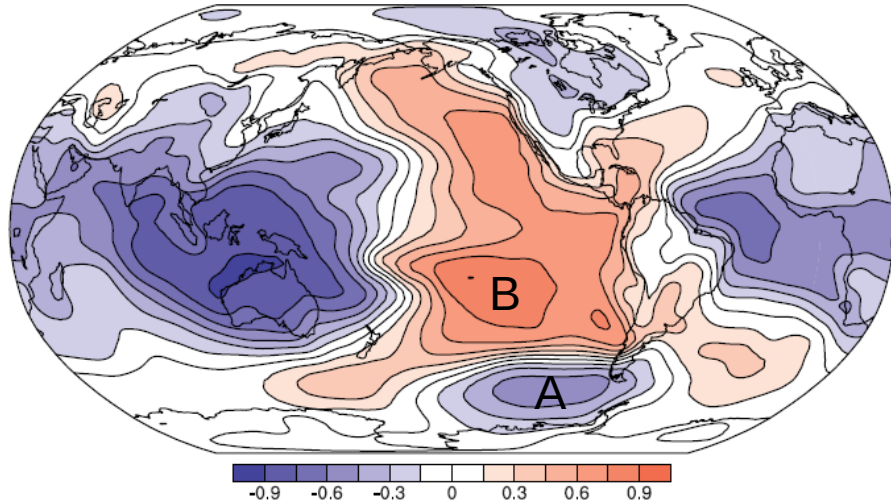
variabilidad natural y antrópica

- el sistema climático está forzado por diversos factores...
- ¿al respecto, cuánto influye la presencia del ser humano en la Tierra?

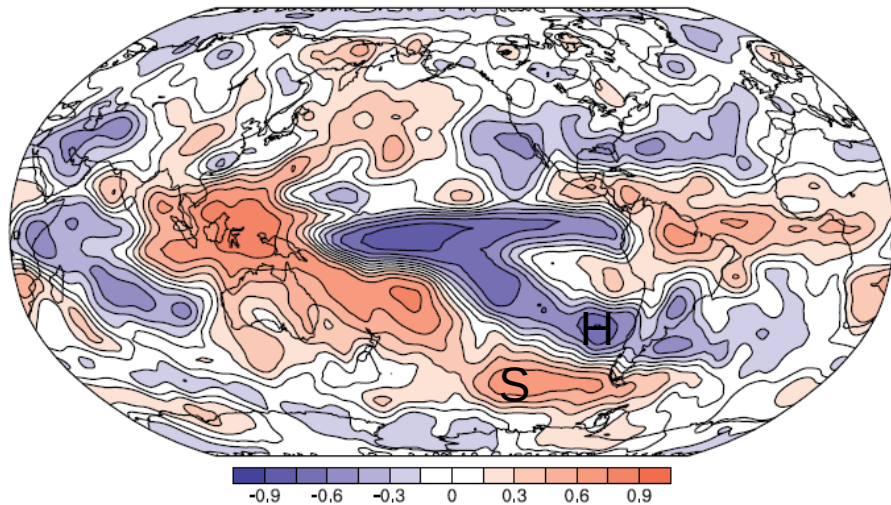
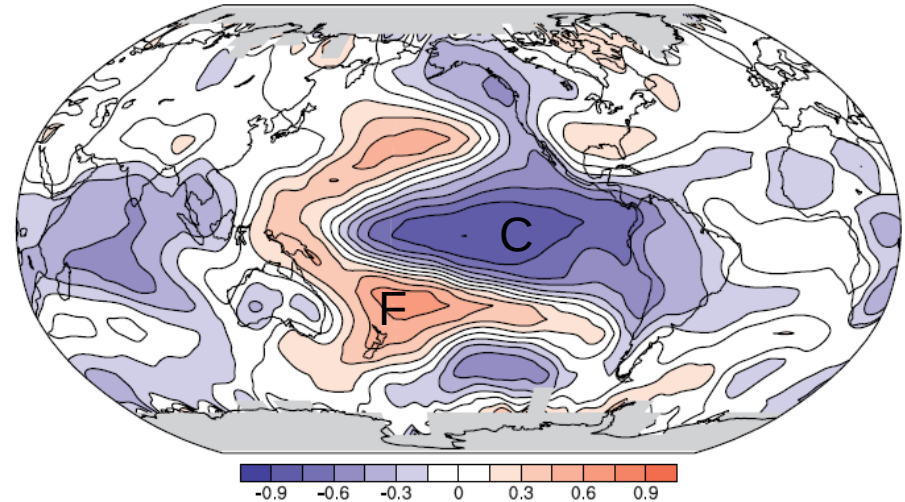
índice SOI



P_{sfc} 1958-2004



T_{sfc} 1958-2004



Pp 1979-2003

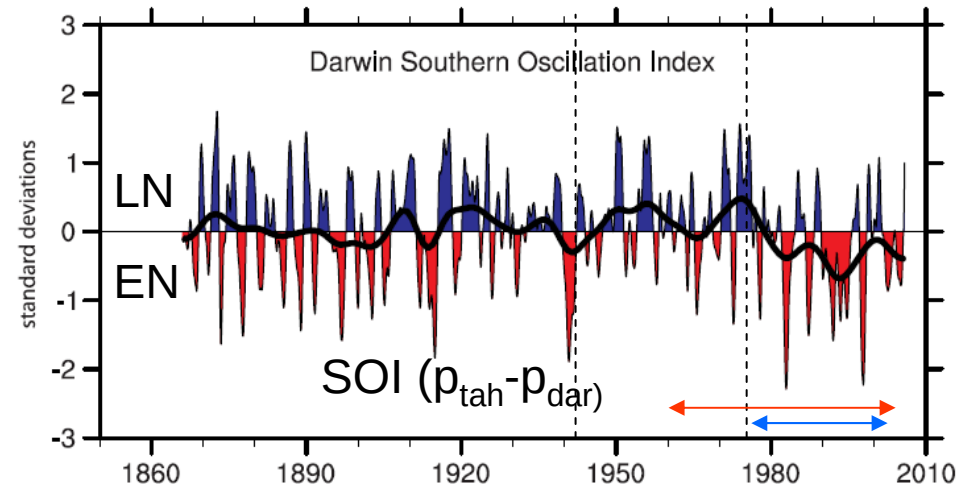
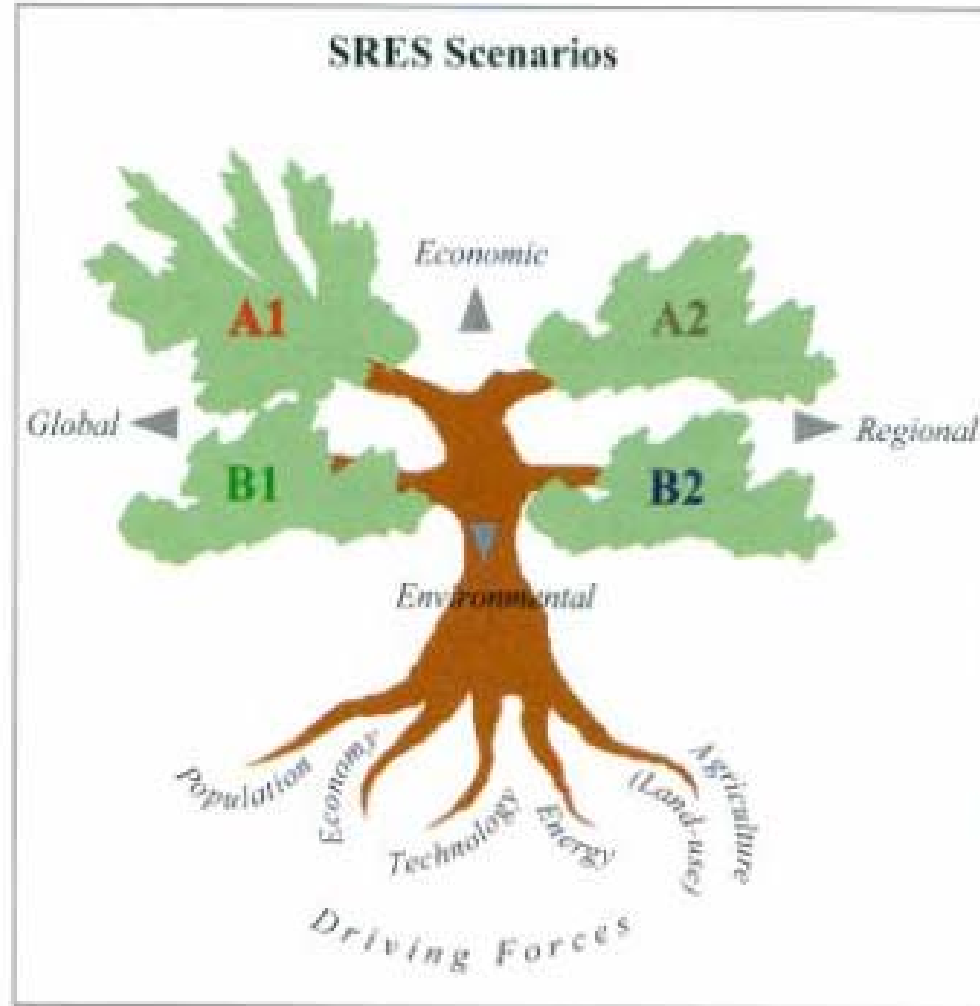


Figure 3.27. Correlations with the SOI, based on normalised Tahiti minus Darwin sea level pressures, for annual (May to April) means for sea level pressure (top left) and surface temperature (top right) for 1958 to 2004, and GPCP precipitation for 1979 to 2003 (bottom left), updated from Trenberth and Caron (2000). The Darwin-based SOI, in normalized units of standard deviation, from 1866 to 2005 (Können et al., 1998; lower right) features monthly values with an 11-point low-pass filter, which effectively removes fluctuations with periods of less than eight months (Trenberth, 1984). The smooth black curve shows decadal variations (see Appendix 3.A). Red values indicate positive sea level pressure anomalies at Darwin and thus El Niño conditions.

escenarios climáticos SRES



escenarios climáticos SRES

- A1: rápido crecimiento económico, población alcanza un máximo a mediados del s. XXI y decrece, introducción rápida de tecnología nueva y eficiente
 - mundo más integrado y de gran crecimiento económico
 - A1FI: énfasis en combustibles fósiles
 - A1B: énfasis tecnológico en todas las fuentes de energía
 - A1T: énfasis en combustibles alternativos
- A2: mundo heterogéneo; la población aumenta constantemente; crecimiento económico de carácter regional, fragmentado y más lento
 - *mundo más dividido*
- B1: población como A1, pero con cambios rápidos en estructuras económicas hacia economías de información y servicios, con reducción en intensidad material y uso de tecnologías limpias
 - *mundo más integrado y ecológico*
- B2: mundo basado en propuestas locales de sustentabilidad económica, social y ambiental; desarrollo económico intermedio y población creciente, aunque menos que en A2.
 - *mundo más dividido, pero ecológico*

PROJECTIONS OF SURFACE TEMPERATURES

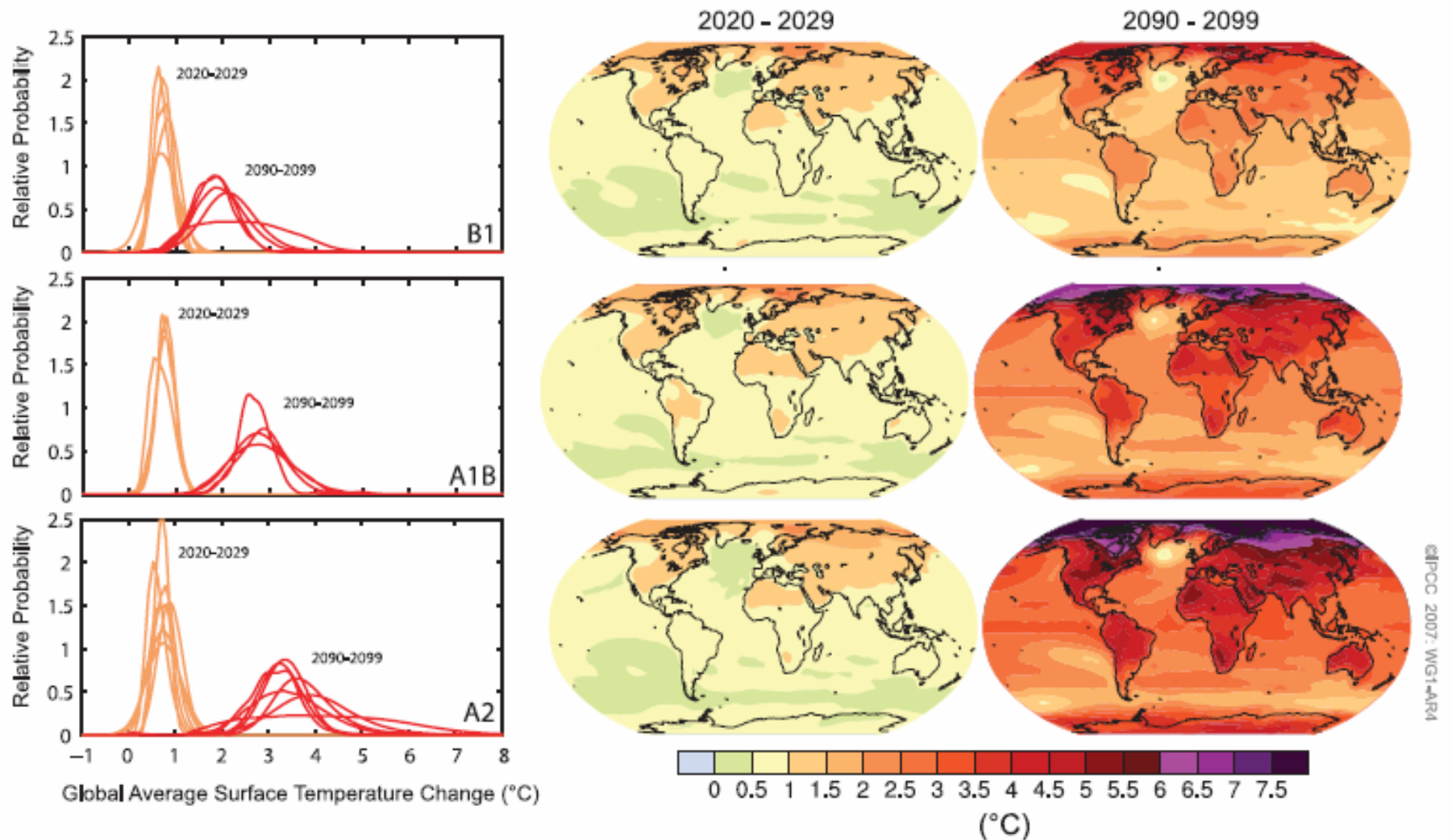


Figure TS.28. Projected surface temperature changes for the early and late 21st century relative to the period 1980 to 1999. The central and right panels show the AOGCM multi-model average projections (°C) for the B1 (top), A1B (middle) and A2 (bottom) SRES scenarios averaged over the decades 2020 to 2029 (centre) and 2090 to 2099 (right). The left panel shows corresponding uncertainties as the relative probabilities of estimated global average warming from several different AOGCM and EMIC studies for the same periods. Some studies present results only for a subset of the SRES scenarios, or for various model versions. Therefore the difference in the number of curves, shown in the left-hand panels, is due only to differences in the availability of results. {Adapted from Figures 10.8 and 10.28}

Radiative Forcing Components

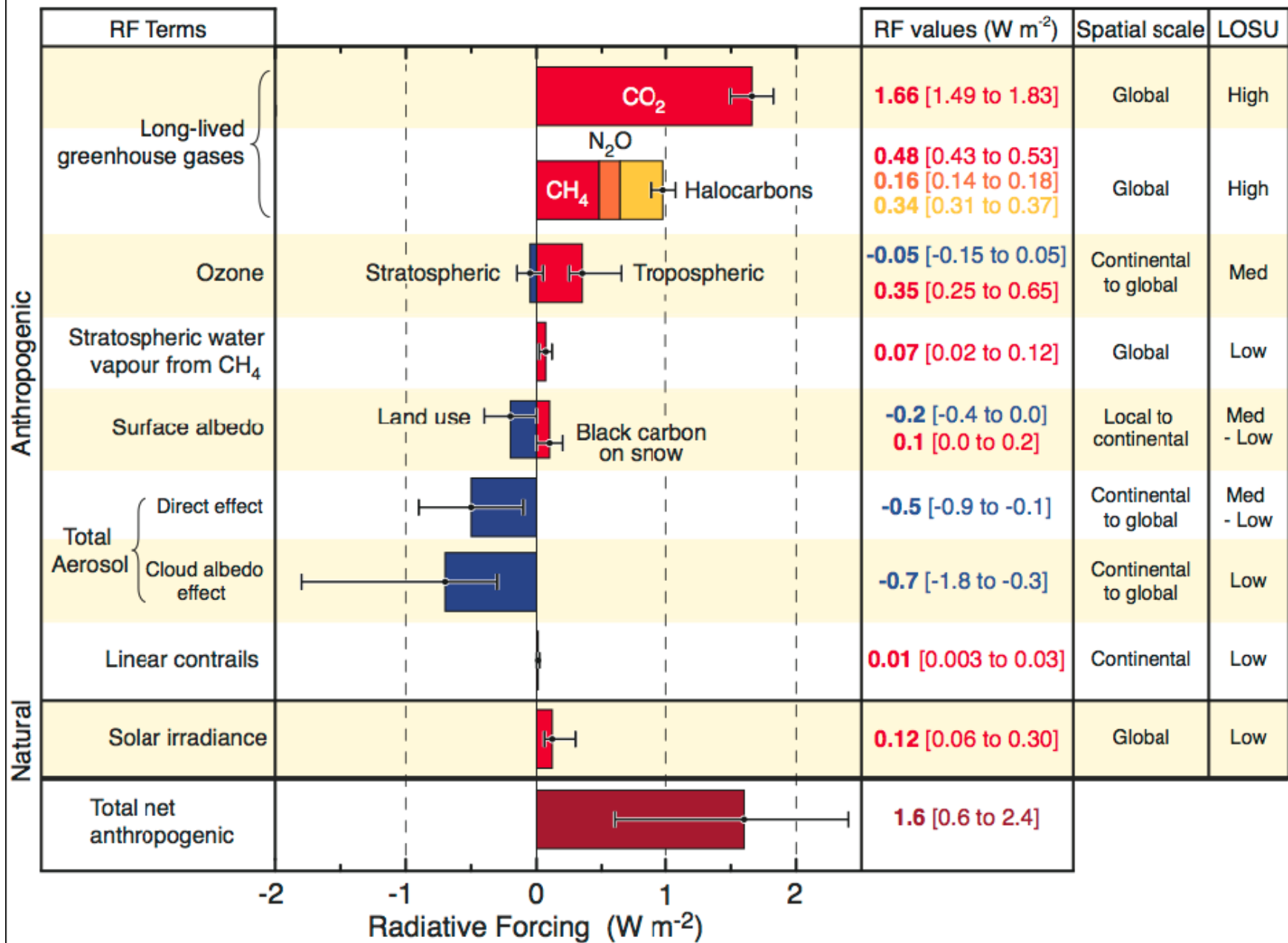
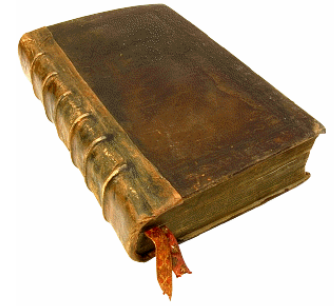


Table TS.2. Lifetimes, radiative efficiencies and direct (except for CH₄) global warming potentials (GWP) relative to CO₂. {Table 2.14}

Industrial Designation or Common Name (years)	Chemical Formula	Lifetime (years)	Radiative Efficiency (W m ⁻² ppb ⁻¹)	Global Warming Potential for Given Time Horizon			
				SAR [†] (100-yr)	20-yr	100-yr	500-yr
Carbon dioxide	CO ₂	See below ^a	^b 1.4x10 ⁻⁵	1	1	1	1
Methane ^c	CH ₄	12 ^c	3.7x10 ⁻⁴	21	72	25	7.6
Nitrous oxide	N ₂ O	114	3.03x10 ⁻³	310	289	298	153
Substances controlled by the Montreal Protocol							
CFC-11	CCl ₃ F	45	0.25	3,800	6,730	4,750	1,620
CFC-12	CCl ₂ F ₂	100	0.32	8,100	11,000	10,900	5,200
CFC-13	CClF ₃	640	0.25		10,800	14,400	16,400
CFC-113	CCl ₂ FCClF ₂	85	0.3	4,800	6,540	6,130	2,700
CFC-114	CClF ₂ CClF ₂	300	0.31		8,040	10,000	8,730
CFC-115	CClF ₂ CF ₃	1,700	0.18		5,310	7,370	9,990
Halon-1301	CBrF ₃	65	0.32	5,400	8,480	7,140	2,760
Halon-1211	CBrClF ₂	16	0.3		4,750	1,890	575
Halon-2402	CBrF ₂ CBrF ₂	20	0.33		3,680	1,640	503
Carbon tetrachloride	CCl ₄	26	0.13	1,400	2,700	1,400	435
Methyl bromide	CH ₃ Br	0.7	0.01		17	5	1
Methyl chloroform	CH ₃ CCl ₃	5	0.06		506	146	45
HCFC-22	CHClF ₂	12	0.2	1,500	5,160	1,810	549
HCFC-123	CHCl ₂ CF ₃	1.3	0.14	90	273	77	24
HCFC-124	CHClF ₂ CF ₃	5.8	0.22	470	2,070	609	185
HCFC-141b	CH ₃ CCl ₂ F	9.3	0.14		2,250	725	220
HCFC-142b	CH ₃ CClF ₂	17.9	0.2	1,800	5,490	2,310	705
HCFC-225ca	CHCl ₂ CF ₂ CF ₃	1.9	0.2		429	122	37
HCFC-225cb	CHClF ₂ CF ₂ CClF ₂	5.8	0.32		2,030	595	181

bibliografía principal



INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC).
2007. *IPCC Fourth Assessment Report - Climate Change 2007:
The Physical Science Basis – Chapter 3: Observations: Surface
and Atmospheric Climate Change*

WALLACE, J. M. & HOBBS. P. V. 2006. *Atmospheric Science: An
Introductory Survey*, 2da edición.