



FACULTAD DE INGENIERÍA
CIVIL Y AMBIENTAL



ESCUELA
POLITÉCNICA
NACIONAL



ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL

AMBD553

Capítulo 10: Cambio climático

Docente: Lenin Campozano PhD

CONTENIDO DEL CAPITULO

- 10.1 El sistema climático y su historia
- 10.2 Causas naturales de la variación climática
- 10.3 Mecanismos de retroalimentación
- 10.4 Calentamiento global

10.1 EL SISTEMA CLIMÁTICO Y SU HISTORIA

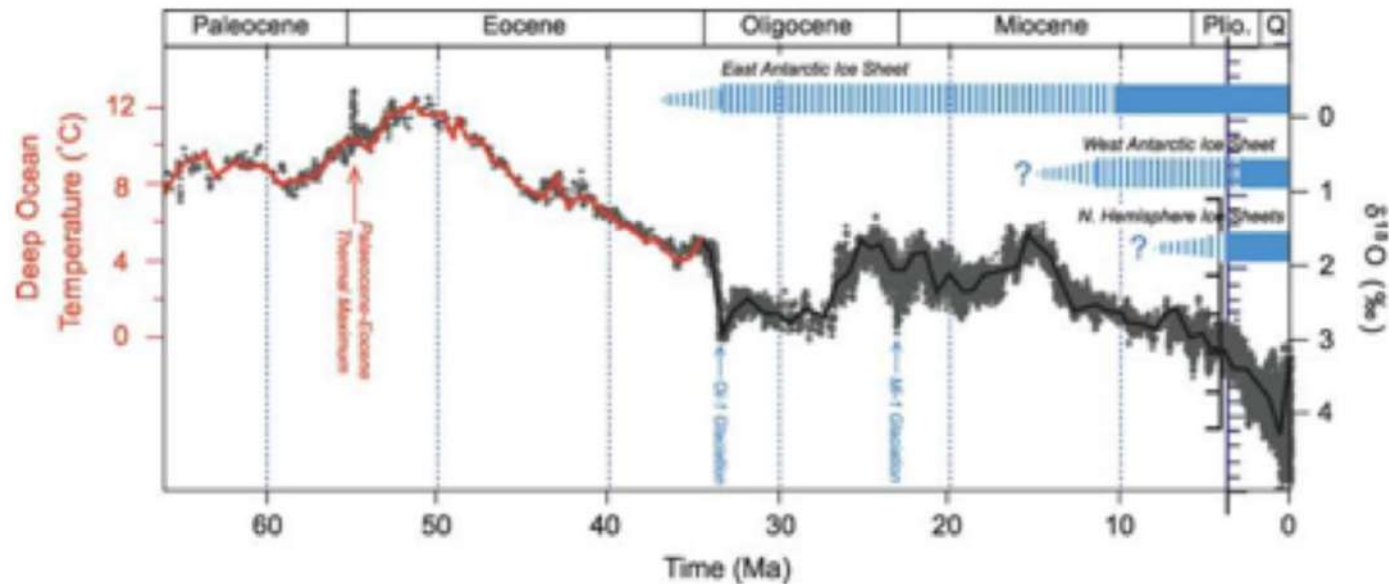


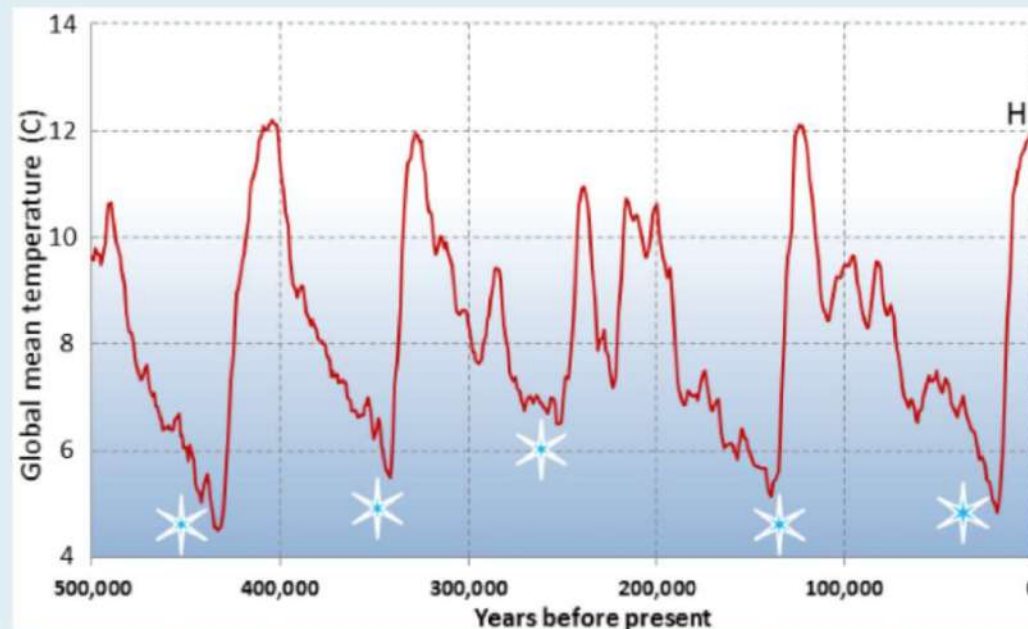
Figure 16.3 The global temperature trend over the past 65 Ma (the Cenozoic). From the end of the Paleocene to the height of the Pleistocene Glaciation, global average temperature dropped by about 14°C. (PETM is the Paleocene-Eocene thermal maximum) [SE after Routledge, 2013, <http://www.alpineanalytics.com/Climate/DeepTime.html>]

<https://opentextbc.ca/geology/chapter/16-1-glacial-peri-earths-history/>

10.1 EL SISTEMA CLIMÁTICO Y SU HISTORIA

Exercise 16.1 Pleistocene Glacials and Interglacials

This diagram shows the past 500,000 years of the same data set as that shown in Figure 16.5. The last five glacial periods are marked with snowflakes. The most recent one, which peaked at around 20 ka, is known as the Wisconsin Glaciation. Describe the nature of temperature change that followed each of these glacial periods.



The current interglacial (Holocene) is marked with an H. Point out the previous five interglacial periods.

<https://opentextbc.ca/geology/chapter/16-1>

<https://www.youtube.com/watch?v=J-QbihCEuUY>

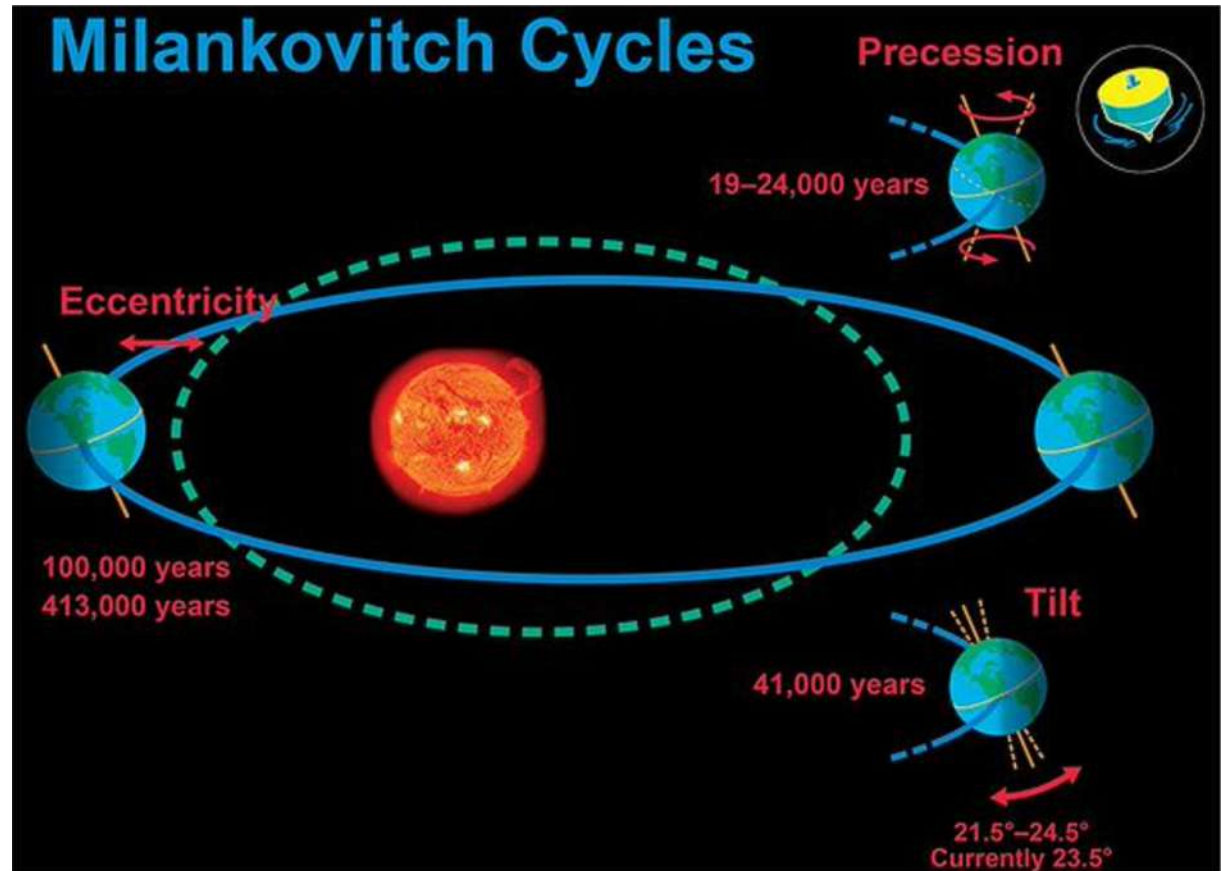
10.2 CAUSAS NATURALES DE VARIACIÓN CLIMÁTICA

- Variaciones de la órbita terrestre → teoría de Milankovitch
- Deriva de los continentes
- Cambios en la composición de la atmósfera
- Cambios en la actividad solar

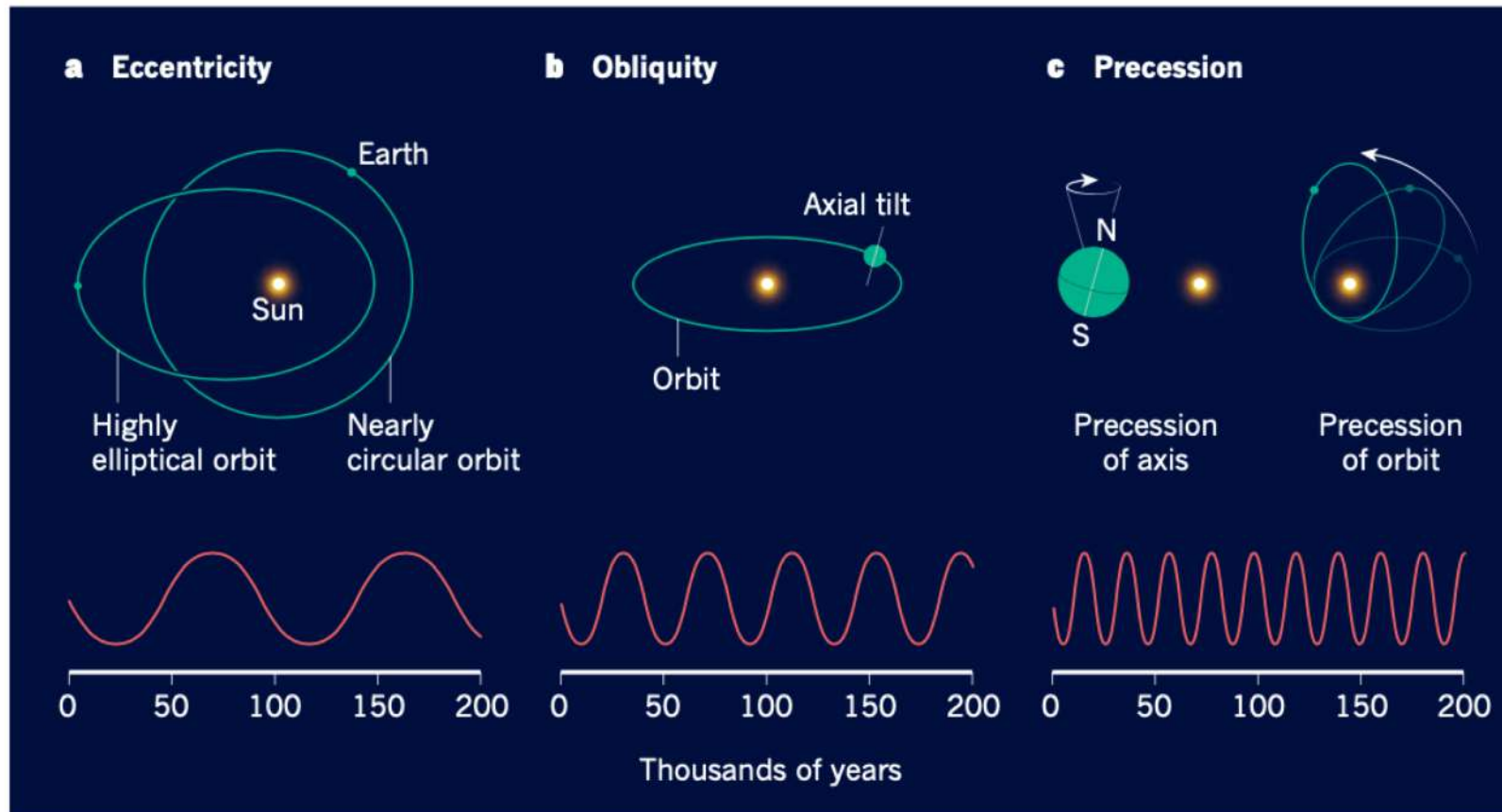
10.2 CAUSAS NATURALES DE VARIACIÓN CLIMÁTICA

En 1920s el astrofísico Milutin Milankovitch propuso que cambios en el movimiento terrestre afecta al clima:

- Mediante la ley de inversos cuadrados la insolación cambia
- Estudios sobre las eras glaciares apoyan esta teoría
- La teoría de Milankovitch se enfoca en tres características del movimiento: excentricidad, oblicuidad, y precesión



10.2 CAUSAS NATURALES DE VARIACIÓN CLIMÁTICA



Orbita terrestre alrededor del sol afecta el clima

- Cambios en excentricidad cambia de elíptico a casi circular con periodo de 96000 años
- Oblicuidad o declinación del eje de rotación: oscila en periodos de 41000 años
- Eje de traslación avanza y movimiento del eje 21000 años

10.2 CAUSAS NATURALES DE VARIACIÓN CLIMÁTICA

Excentricidad:

- e cambia desde casi circular $e \approx 0.0034$ a casi elíptica $e \approx 0.058$ (circulo perfecto $e = 0$).
- Este efecto es por planetas como Jupiter y Saturno
- Se calcula por suma de cosenos:

$$e \approx e_0 + \sum_{i=1}^N A_i \cdot \cos \left[C \cdot \left(\frac{t}{P_i} + \frac{\phi_i}{360^\circ} \right) \right]$$

- $e_0 = 0.0275579$ y t son años reñativos al año 2000.
- Usar los factores orbitales con indice I de la tabla
- A_i son amplitudes, P_i son periodos de oscilación, ϕ_i son cambios de fase en grados.
- $C \rightarrow 360^\circ$ o $2 \cdot \pi$ rads.

10.2 CAUSAS NATURALES DE VARIACIÓN CLIMÁTICA

Table 21-1. Factors in orbital series approximations.			
index	A	P (years)	ϕ (degrees)
Eccentricity:			
i= 1	0.010739	405,091.	170.739
2	0.008147	94,932.	109.891
3	0.006222	123,945.	-60.044
4	0.005287	98,857.	-86.140
5	0.004492	130,781.	100.224
Obliquity:			
j= 1	0.582412°	40,978.	86.645
2	0.242559°	39,616.	120.859
3	0.163685°	53,722.	-35.947
4	0.164787°	40,285.	104.689
Climatic Precession:			
k= 1	0.018986	23,682.	44.374
2	0.016354	22,374.	-144.166
3	0.013055	18,953.	154.212
4	0.008849	19,105.	-42.250
5	0.004248	23,123.	90.742
<i>Simplified from Laskar, Robutel, Joutel, Gastineau, Correia & Levrard, 2004: A long-term numerical solution for the insolation quantities of the Earth. "Astronomy & Astrophysics", 428, 261-285.</i>			

10.2 CAUSAS NATURALES DE VARIACIÓN CLIMÁTICA

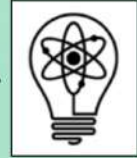
Oblicuidad

- La declinación del eje terrestre fluctua entre 22.1° and 24.5°
- La aproximación en series de ϵ es:

$$\epsilon = \epsilon_0 + \sum_{j=1}^N A_j \cdot \cos \left[C \cdot \left(\frac{t}{P_j} + \frac{\phi_j}{360^\circ} \right) \right]$$

- Donde $\epsilon_0 = 23.254500^\circ$.
- Ver tabla para otros parámetros
- La curva muestra periodos de 41,000 years.
- La declinación presente es: 23.439°
- La declinación afecta la insolación
- Mayor declinación causa mayor contraste entre Verano e invierno
- Una hipótesis es que las era glaciares ocurren épocas de menor oblicuidad

DESARROLLA



EN ESTE MOMENTO
¿AVANZAMOS HACIA
UNA MAYOR O
MENOR
OBLICUIDAD?
HINT: PUEDES USAR
EULER

$$y_1 = y_0 + hf(t_0, y_0)$$

Evaluando para
año oblicuidad
2021 22.988373
2022 22.988257
2023 11.510197

10.2 CAUSAS NATURALES DE VARIACIÓN CLIMÁTICA

Precesion

Existen varios procesos de precesión que afectan al clima

- Precesión axial: es la precesión de la declinación del eje terretre
- Su periodo es de 25,680 años. Rota en diorección inversa al spin terretre
- Esta precesión es causada por la influencia gravitacional del Sol y la Luna
- Precesión de afelio: el punto más alejado del sol, precesa con un period de 174000 to 304000 años
- Precesión de los equinoccios: la suma de la precesión axial y del afelio da una precesion total de 22000 años, w. Esto produce cambios en el Angulo medido desde el Sol al perihelio y el movimiento de primavera.

10.2 CAUSAS NATURALES DE VARIACIÓN CLIMÁTICA

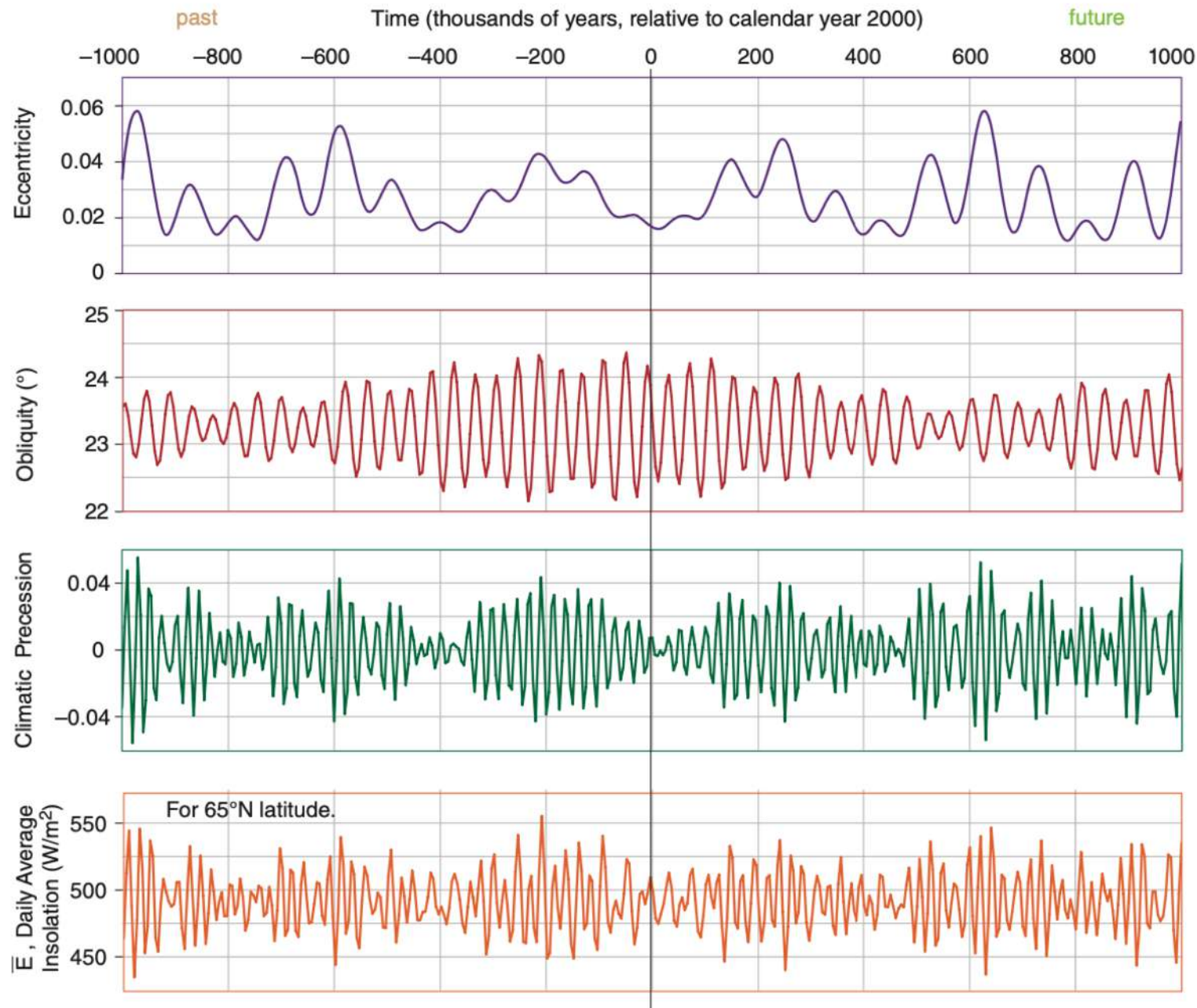
Precesión Climática: La combinación de \underline{w} y la excentricidad producen una influencia importante llamada precesión climática. Esta se calcula como:

$$e \cdot \sin(\varpi) \approx \sum_{k=1}^N A_k \cdot \sin \left[C \cdot \left(\frac{t}{P_k} + \frac{\phi_k}{360^\circ} \right) \right]$$

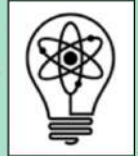
$$e \cdot \cos(\varpi) \approx \sum_{k=1}^N A_k \cdot \cos \left[C \cdot \left(\frac{t}{P_k} + \frac{\phi_k}{360^\circ} \right) \right]$$

- La precesión climática afecta las distancias del Sol a la Tierra.

10.2 CAUSAS NATURALES DE VARIACIÓN CLIMÁTICA



DESARROLLA



USANDO LAS
ECUACIONES
PROPORCIONADAS
REPRODUCE ESTAS
GRÁFICAS

10.2 CAUSAS NATURALES DE VARIACIÓN CLIMÁTICA

CAMBIOS EN LA ACTIVIDAD SOLAR

- La constante solar presenta variaciones
- Hay pequeñas fluctuaciones caóticas debido al estado turbulento de la superficie solar
- Variaciones periódicas de unos 11 años asociadas a la actividad de las manchas solares y la rotación del Sol alrededor de su eje
- La figura muestra dos de estas oscilaciones en las que la energía varía aproximadamente en un 0,1 %. Hay además una aparente tendencia creciente de un 0,05 % por década (ver mínimos)
- Medidas directas de la constante solar desde 1980 pero de forma indirecta se ha podido estimar su valor desde finales del siglo XIX y parecen confirmar esta tendencia.
- La actividad solar se relaciona con el número de manchas solares → descubrimiento del telescopio a principios del siglo XVII,
- Manchas solares → ciclos de 11 años

10.2 CAUSAS NATURALES DE VARIACIÓN CLIMÁTICA

CAMBIOS EN LA ACTIVIDAD SOLAR

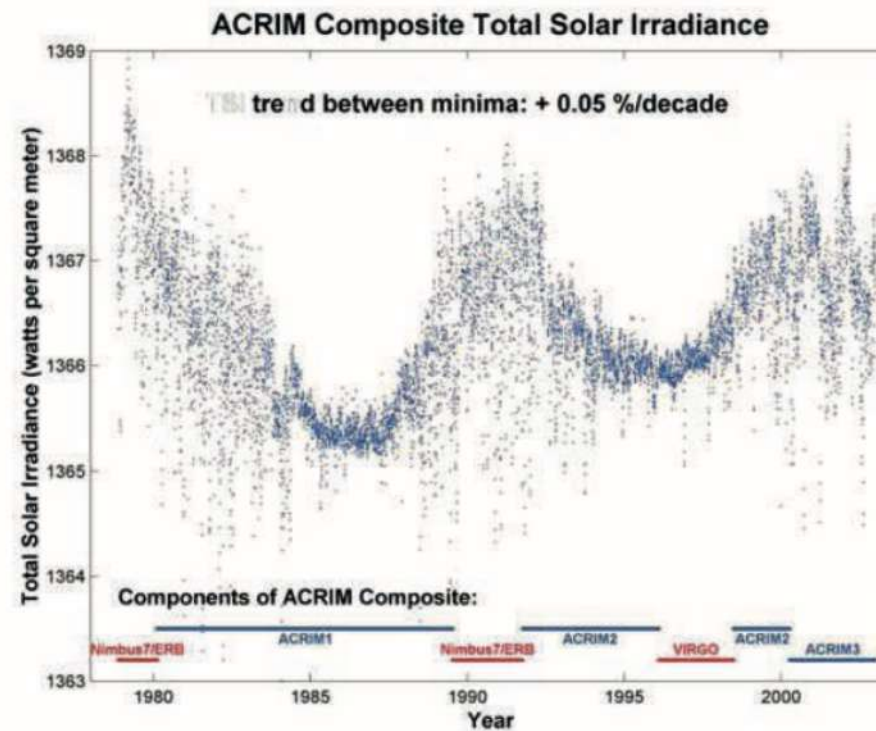


Figura 10.2: Medidas de la constante solar en los últimos 30 años. Esta figura procede de <http://www.nasa.gov/centers/goddard/news/topstory/2003-0313irradiance.html>

10.2 CAUSAS NATURALES DE VARIACIÓN CLIMÁTICA

CAMBIOS EN LA ACTIVIDAD SOLAR

- Además de oscilación de 11 años hay varias como los mínimos de actividad cada doscientos años.
- Estos mínimos coinciden con los periodos más fríos del último milenio.
- Un ejemplo bien documentado es el Mínimo de Maunder, entre 1643 y 1715 → casi no hubo manchas solares
- Este periodo coincidió con el período más frío de la llamada pequeña edad de hielo porque fue una época de temperaturas invernales muy bajas.
- Otro episodio de esta oscilación es el periodo de enfriamiento entre 1450 y 1510 → Mínimo de Spörer

10.2 CAUSAS NATURALES DE VARIACIÓN CLIMÁTICA

CAMBIOS EN LA ACTIVIDAD SOLAR

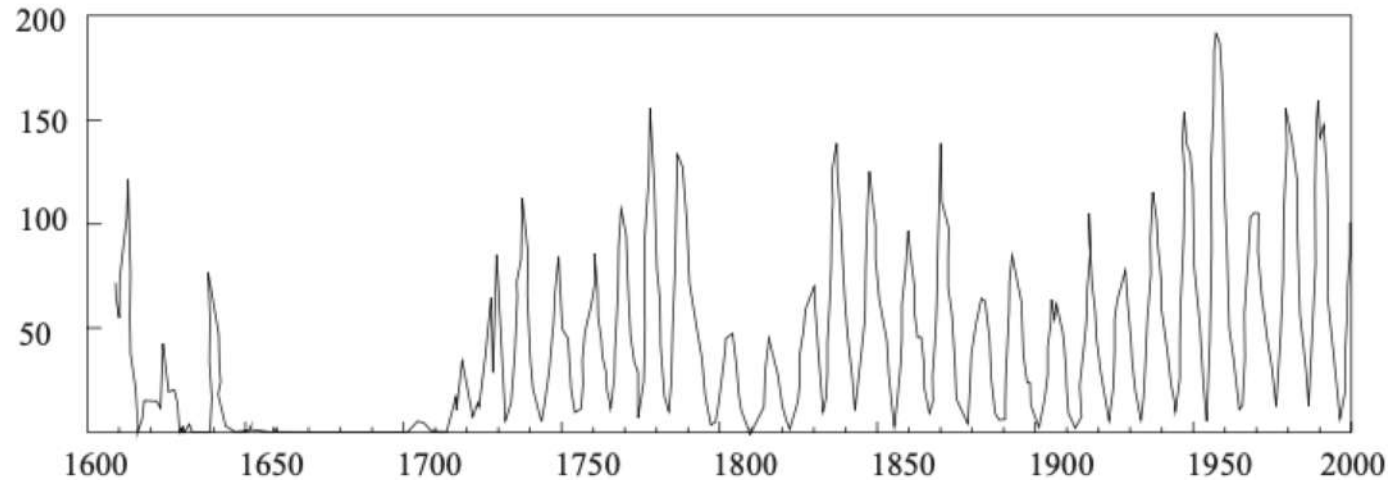


Figura 10.3: Numero de manchas solares desde 1610 al 2000. Esta figura procede de <http://science.nasa.gov/ssl/pad/solar/images/ssn-yearly.jpg>

```
sunspot.month {datasets} RI
```

Monthly Sunspot Data, from 1749 to "Present"

Description
Monthly numbers of sunspots, as from the World Data Center, aka SIDC. This is the version of the data that will occasionally be updated when new counts become available.

Usage
sunspot.month

Format
The univariate time series sunspot.year and sunspot.month contain 289 and 2988 observations, respectively. The objects are of class "ts".

Author(s)
R

Source
WDC-SILSO, Solar Influences Data Analysis Center (SIDC), Royal Observatory of Belgium, Av. Circulaire, 3, B-1180 BRUSSELS Currently at <http://www.sidc.be/silso/datafiles>

<https://stat.ethz.ch/R-manual/R-devel/library/datasets/html/sunspot.month.html>

17

10.3 MECANISMOS DE RETROALIMENTACIÓN

Interacción atmósfera-océano

- Generación de corrientes superficiales por el viento en los anticiclones semipermanentes.
- Viento es causa de los afloramientos de agua fría en las costas de Chile y Perú.
- Oscilación del Niño ENSO → relación de temperatura y precipitación con variaciones de temperatura oceánica
- Relación entre la temperatura y el nivel del mar, que, a su vez, puede modificar la intensidad de la corriente termohalina.

10.3 MECANISMOS DE RETROALIMENTACIÓN

Cambios en la circulación oceánica

- circulación oceánica termohalina → clima
- Periodo conocido como Younger Dryas hace 13000 años, en medio de un largo periodo cálido, que se vio interrumpido por un rápido enfriamiento de unos 1000 años de duración posiblemente por la llegada al Atlántico Norte de agua dulce de la fusión de los grandes glaciares que cubrían América del Norte.
- Desaparecieron bosques de Europa y se extendió por todo el continente una vegetación típica de la tundra
- Quedó restos del polen de *Dryas octopetala*, una flor silvestre que ha dado nombre a la glaciación.



10.3 MECANISMOS DE RETROALIMENTACIÓN

Cambios en la circulación oceánica

- Este agua disminuyó la salinidad en esa parte del océano hasta inhibir el hundimiento de agua y detener la circulación oceánica profunda, que a su vez afectó a las corrientes superficiales que calientan las costas europeas y norteamericanas.
- El agotamiento del aporte de agua dulce poco a poco restauró la salinidad necesaria para reiniciar la circulación termohalina y con ella el consiguiente calentamiento a los niveles anteriores.
- Actualmente es posible que el calentamiento global afecte de manera similar a la corriente termohalina con consecuencias difíciles de evaluar.
→ ver artículo



The image shows the top portion of a scientific article cover. On the left is the 'nature climate change' logo. On the right, it says 'ARTICLES' and 'PUBLISHED ONLINE: 23 MARCH 2015 | DOI: 10.1038/NCLIMATE2554'. The title 'Exceptional twentieth-century slowdown in Atlantic Ocean overturning circulation' is prominently displayed in the center. Below the title, the authors are listed: 'Stefan Rahmstorf^{1*}, Jason E. Box², Georg Feulner¹, Michael E. Mann^{3,4}, Alexander Robinson^{1,5,6}, Scott Rutherford⁷ and Erik J. Schaffernicht¹'.

10.3 MECANISMOS DE RETROALIMENTACIÓN

Cambios en la circulación oceánica

<https://news.climate.columbia.edu/2017/06/06/could-climate-change-shut-down-the-gulf-stream/>

- fresh water, which increased in the northern Atlantic by more than 4,500 cubic miles (19,000 km³) between 1961 and 1995, weakened the deep water formation of the Atlantic Meridional Overturning Circulation, particularly after 1975.
- The circulation has slowed between 15 and 20 percent in the 20th century, an anomaly unprecedented over the last millennium, which suggests it is not due to natural variability.
- The scientists hypothesized that this could explain why, in 2014, a specific patch in the middle of the North Atlantic was the coldest on record since 1880 while global temperatures everywhere else were increasing.
- The study suggested that the unusual cooling of this region could be due to a weakening of the global conveyor that is already occurring. (It seems to have made a partial recovery since 1990.)
- Michael Mann → Penn State U. “if the Atlantic Meridional Overturning Circulation were to totally collapse over the next few decades, it would change ocean circulation patterns, influence the food chain, and negatively impact fish populations.”

10.3 MECANISMOS DE RETROALIMENTACIÓN

Absorción de gases por el océano

- El mayor depósito de carbono en la Tierra está en forma de carbonato cálcico en los sedimentos del fondo marino y en los continentes.
- El agua de los océanos (otro depósito), actúa como un mecanismo regulador del CO₂ atmosférico.
- Se estima que el océano contiene unas 50 veces más CO₂ del que hay en la atmósfera
- Se estima que el océano ha absorbido aproximadamente un tercio del CO₂ emitido por el hombre a la atmósfera desde la revolución industrial.
- En este proceso se pueden distinguir dos mecanismos: uno es la disolución de CO₂ en las aguas superficiales con el consiguiente transporte hacia aguas profundas a través de la corriente termohalina, y el otro es debido a la acción del fitoplancton.
- A diferencia de lo que sucede con otros gases como el nitrógeno o el oxígeno, el CO₂ disuelto reacciona químicamente con el agua del mar.
- El agua marina está saturada de carbonato cálcico, con el que reacciona el CO₂ para dar ácido carbónico liberando iones H⁺ que acidifican el agua.
- El pH del mar ha disminuido en 0,1 durante el siglo pasado y se espera que disminuya 0,3 a 0,4 durante este siglo XXI.

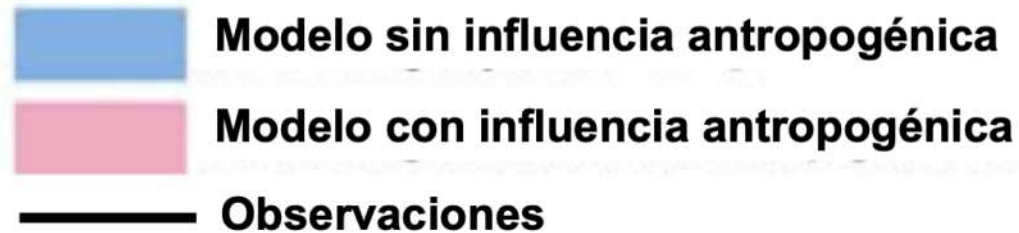
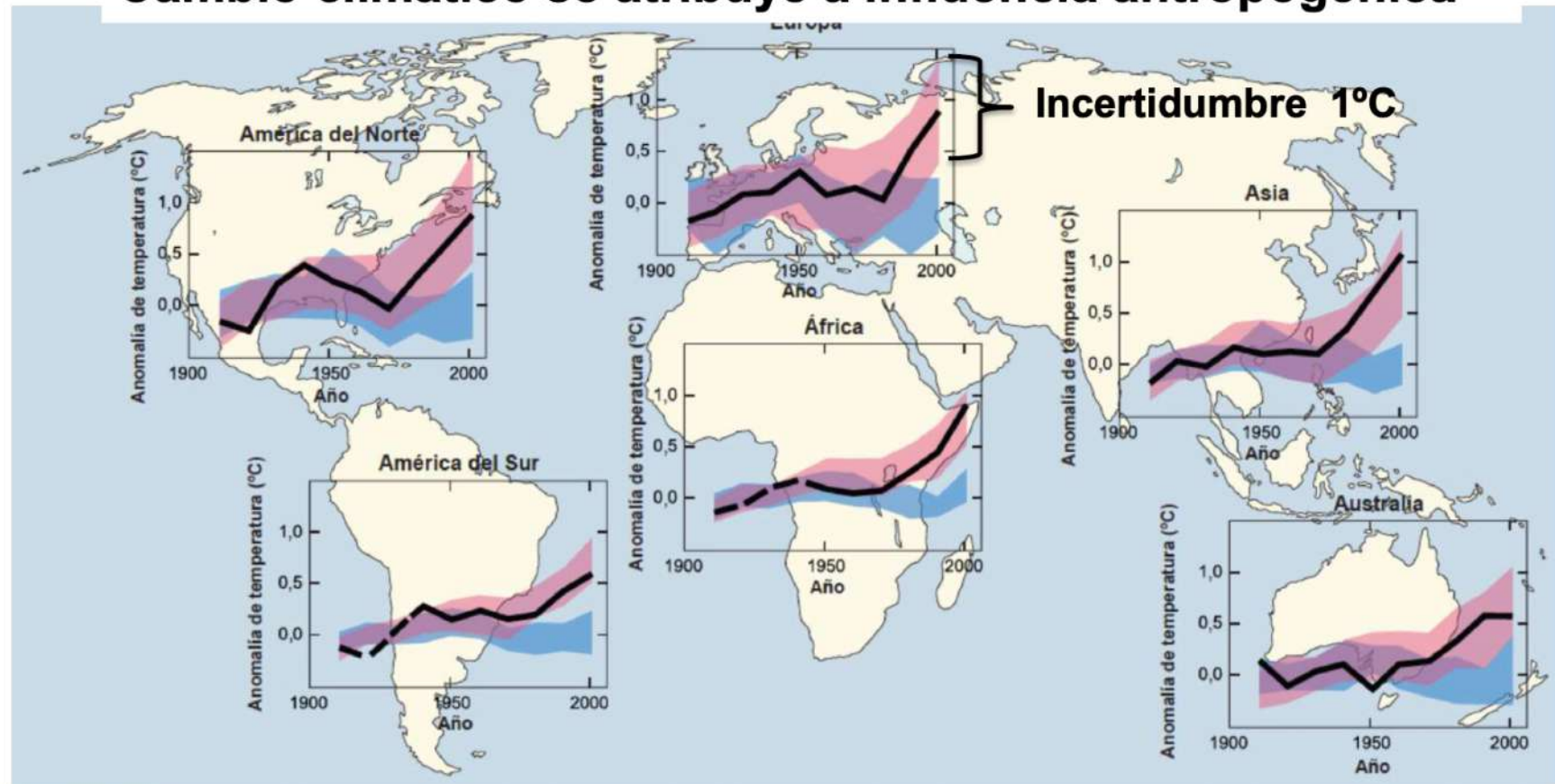
10.3 MECANISMOS DE RETROALIMENTACIÓN

Absorción de gases por el océano

- Esta acidificación tiene consecuencias perjudiciales en la formación de los esqueletos calcáreos de organismos marinos como corales y plancton.
- La solubilidad de los gases en agua disminuye con la temperatura. Una consecuencia de esta propiedad es que el agua fría arrastra consigo CO₂ a las profundidades, donde permanece durante cientos de años hasta que el agua aflora y el CO₂ sea devuelto a la atmósfera.
- Éste es un mecanismo de realimentación porque una elevación de la temperatura del mar hace disminuir la capacidad del océano para acumular CO₂ y éste deje de comportarse como sumidero neto y pase a ser emisor neto de CO₂ a la atmósfera → incremento de temperatura.
- El fitoplancton fija CO₂ de la atmósfera. Parte del mismo es de vuelta al agua y a la atmósfera cuando estos organismos mueren, pero otra parte se deposita en el fondo en forma de sedimento.
- Este mecanismo por el que se transporta CO₂ desde la atmósfera y se almacena de forma permanente en el fondo marino se conoce como bomba biológica.

10.4 CALENTAMIENTO GLOBAL

Cambio climático se atribuye a influencia antropogénica



(IPCC 2007)

Cambio climático

Influencia antropogénica



- **Prácticas de uso de tierra**
- **Cambio de uso de tierra**
- **Crecimiento poblacional**
- **Situación económica**
- **Comportamiento de la sociedad**
- **Tecnología**

Influencia no antropogénica



- **Variabilidad interna del sistema**
- **Influencias externas: volcanes, manchas solares, etc**

Cambio climático: Consecuencias físicas

- Calentamiento global
- Cambio en patrones de precipitación
- Incremento de los niveles del océano
- Cambio en corrientes del océano
- Cambio en cobertura de hielo
- Cambio en ocurrencia de nevadas
- Acidificación del océano

Cambio climático: Consecuencias en la biósfera

- IPCC AR4 concluye que especies terrestres y marinas están siendo ya afectadas por el calentamiento global
- Existen estudios que muestran el desplazamiento de especies a latitudes y elevaciones más altas
- Treeline (línea de bosque) se ha movido a mayores elevaciones
- Cambio en temporadas de migración de aves
- Primavera llega de 2 a 5 días más temprano cada década

Cambio climático: Consecuencias en la “antropósfera”

- Efectos en la agricultura
- Mayores sequias producen incendios más seguidos
- Incremento de eventos extremos afecta a sectores rurales incrementando la inmigración a los centros poblados
- Urbanización produce respuesta rápida de caudales “flash floods”
- Reducción de glaciares, menor regulación de caudal
- Incremento de eventos extremos compromete la planificación de dotación de servicios hídricos y generación hidroeléctrica

10.4 CALENTAMIENTO GLOBAL

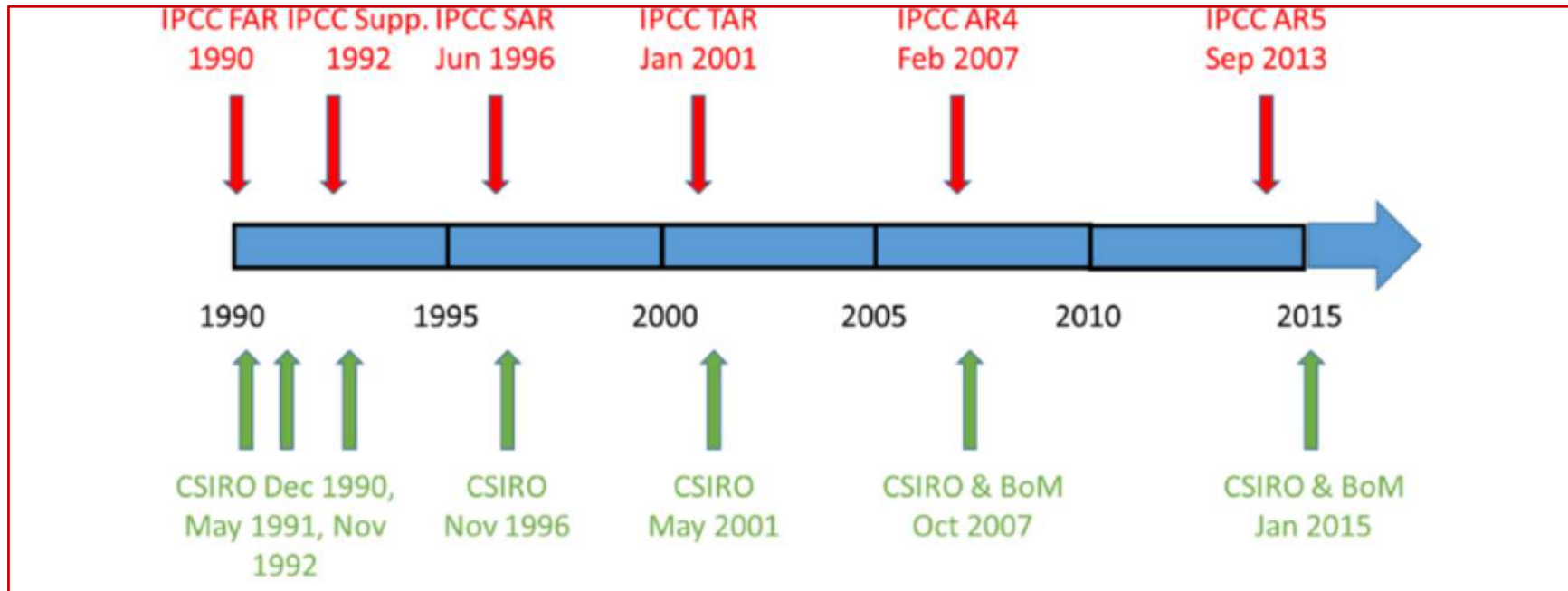
¿Qué es el IPCC?

The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) was established by the United Nations Environment Programme (UNEP) and the World Meteorological Organization (WMO) in 1988. _____

The establishment of the IPCC was endorsed by UN General Assembly in 1988. Its initial task, as outlined in UN General Assembly Resolution 43/53 of 6 December 1988, was to prepare a comprehensive review and recommendations with respect to the state of knowledge of the science of climate change; the social and economic impact of climate change, and potential response strategies and elements for inclusion in a possible future international convention on climate. Since 1988, the IPCC has had five assessment cycles and

delivered five Assessment Reports, the most comprehensive scientific reports about climate change produced worldwide. It has also produced a range of Methodology Reports, Special Reports and Technical Papers, in response to requests for information on specific scientific and technical matters from the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), governments and international organizations.

10.4 CALENTAMIENTO GLOBAL



10.4 CALENTAMIENTO GLOBAL

¿Qué es el IPCC?

In 1990, the First IPCC Assessment Report (FAR) underlined the importance of climate change as a challenge with global consequences and requiring international cooperation. It played a decisive role in the creation of the UNFCCC, the key international treaty to reduce global warming and cope with the consequences of climate change. The Second Assessment Report (SAR) (1995) provided important material for governments to draw from in the run-up to adoption of the Kyoto Protocol in 1997. The [Third Assessment Report \(TAR\)](#) (2001) focused attention on the impacts of climate change and the need for adaptation. The [Fourth Assessment Report \(AR4\)](#) (2007) laid the ground work for a post-Kyoto agreement, focusing on limiting warming to 2°C. The [Fifth Assessment Report \(AR5\)](#) was finalized between 2013 and 2014. It provided the scientific input into the Paris Agreement. The IPCC is currently in its Sixth Assessment cycle where it will prepare three Special Reports, a Methodology Report and the [Sixth Assessment Report](#). The first of these Special Reports, [Global Warming of 1.5°C \(SR15\)](#), was requested by world governments under the Paris Agreement. In May 2019, the IPCC finalised the [2019 Refinement](#) – an update to the 2006 IPCC Guidelines on National Greenhouse Gas Inventories. The [Special Report on Climate Change and Land \(SRCCL\)](#) will be finalized in August 2019 and the [Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate \(SROCC\)](#) will be finalized in September 2019. The Sixth Assessment Report (AR6) is expected to be finalized in 2022 in time for the first global stocktake the following year.

10.4 CALENTAMIENTO GLOBAL

Sexto ciclo de evaluación

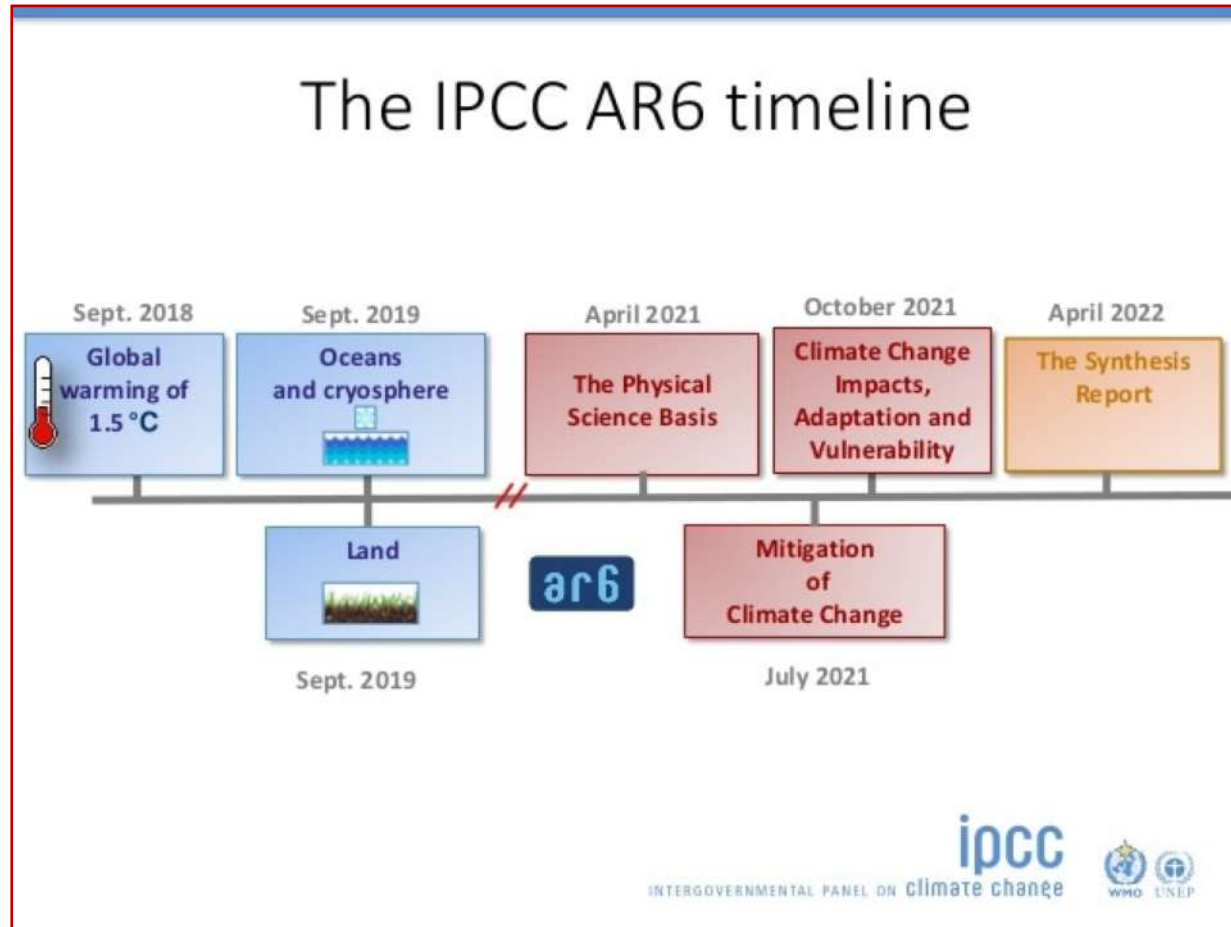
Durante este [ciclo](#), el IPCC ha elaborado hasta la fecha tres informes especiales y un informe metodológico sobre los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Actualmente trabaja en el Sexto Informe de Evaluación (IE6).

En la 43ª reunión del IPCC, celebrada en abril de 2016, se acordó que el informe de síntesis del Sexto Informe de Evaluación se terminaría en 2022, a tiempo para el primer balance mundial de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Entonces, los países examinarán los progresos realizados para lograr su objetivo de mantener el calentamiento global muy por debajo de 2 °C mientras que, al mismo tiempo, proseguirán los esfuerzos para limitar el aumento de la temperatura a 1,5 °C. Las contribuciones de los tres Grupos de Trabajo al IE6 estarán listas en 2021.

Enlaces más importantes (disponibles solo en inglés)

- [Calendario de planificación estratégica del IE6 \(actualización: pendiente\)](#)
- [Informe de Síntesis del Sexto Informe de Evaluación](#)
- [Contribución del Grupo de Trabajo I al Sexto Informe de Evaluación](#)
- [Contribución del Grupo de Trabajo II al Sexto Informe de Evaluación](#)
- [Contribución del Grupo de Trabajo III al Sexto Informe de Evaluación](#)

10.4 CALENTAMIENTO GLOBAL



10.4 CALENTAMIENTO GLOBAL

¿Qué es el IPCC?

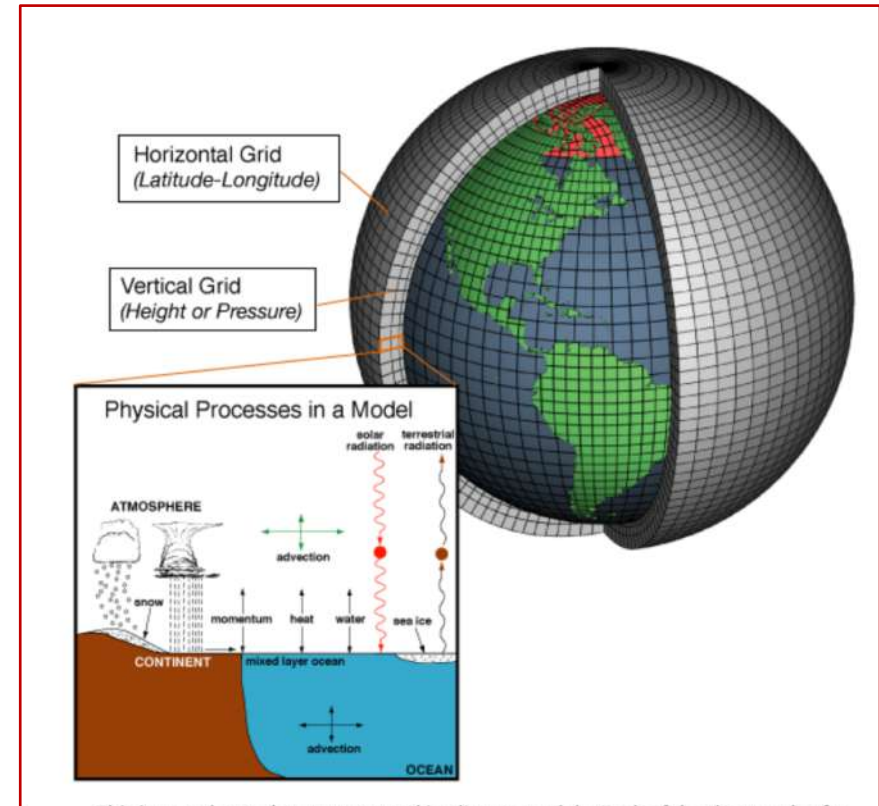
El IPCC tiene tres grupos de trabajo (GT) y un Equipo especial:

- El **GT I** evalúa los aspectos científicos del sistema climático y el cambio climático.
- El **GT II** evalúa la vulnerabilidad de los sistemas socioeconómicos y naturales al cambio climático, las consecuencias negativas y positivas de dicho cambio y las posibilidades de adaptación al mismo.
- El **GT III** evalúa las posibilidades de limitar las emisiones de gases de efecto invernadero y de atenuar los efectos del cambio climático.
- El Equipo especial sobre los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero se encarga del Programa del IPCC sobre inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

10.4 CALENTAMIENTO GLOBAL

¿Qué son los modelos globales de clima?

- GCM se basan en procesos físicos para simular la transferencia de energía y materia en el Sistema climático.
- Usan ecuaciones matemáticas para caracterizar la interacción de materia y energía con el oceano, atmósfera y continents.
- Construir y correr un GCM es muy complejo → identificar y cuantificar los procesos, representarlos matematicamente, incluir condiciones iniciales y forzamientos, resolver las ecuaciones + gran potencia computacional



Mira este modelo simple: →

<https://scied.ucar.edu/interactive/simple-climate-model>

10.4 CALENTAMIENTO GLOBAL

¿Cómo son evaluados los GCMs?

- Una vez que se desarrollan, se evalúan por “hind-casting.”
- Corre el modelo del presente al pasado
- Los resultados se comparan con registros y los resultados son evaluados
- También se desarrollan comparaciones con modelos de otros centros

10.4 CALENTAMIENTO GLOBAL

¿Qué tipos de GCMs se corren actualmente?

AOGCM → Atmosphere–Ocean General Circulation Models (AOGCMs)

- usados en AR4. Funcion primaria de la dinámica de las components físicas del sistema climático (atmosfera, oceano, continents, criósfera) y hacer proyecciones basados en GHG future y forzamientos de aerosoles.
- Muy usados en la actualidad para escala subestacional y decadal, cuando retroalimentacion biogeoquímica no es crítico.
- Existen AOGCMs de alta resolución o resolución variable se usan en zonas específicas.

ESMs → Earth-System-Models

- Expanden a AOGCMs incluyendo proceos biogeoquímicos como el cilo del carbono, ciclo del sulfuro y del ozono. Tienen más herramientas para similar forzamientos externos donde retroalimentacion estos procesos con importantes.

EMICs → Earth Models of Intermediate Complexity

- Incluyen components relevantes del sistema terrestre de manera conceptual y a baja resolución. Tratan de responden preguntas específicas de investigación como la retroalimentación climática en escala de milenios y explorer sensibilidad con varios modelos o periodos largos.

10.4 CALENTAMIENTO GLOBAL

¿Qué tipos de GCMs se corren actualmente?

LAMS → limited-area models

- Representan procesos como los AOGCMS.
- Corren típicamente sin la retroalimentación del océano y la criósfera
- Se usan para reducir dinámicamente la escala de GCMs a regiones particulares
- En contraposición a los LAMS para reducir la escala se usan los modelos estadísticos

10.4 CALENTAMIENTO GLOBAL

Model name		AOGCM				FC	ESM			
		Atmos	Land Surface	Ocean	Sea-Ice		Aerosol	Atmos Chem	Land Carbon	Ocean BGC
ACCESS1.0, ACCESS1.3	Australia									
BCC-CSM1.1, BCC-CSM1.1(m)	China									
BNU-ESM	China									
CanCM4	Canada									
CanESM2										
CCSM4	USA									
CESM1 (BGC)										
CESM1 (WACCM)		HT								
CESM1 (FASTCHEM)										
CESM1 (CAM5)	USA									
CESM1 (CAM5.1-FV2)										
CMCC-CM, CMCC-CMS	Italy	HT								
CMCC-CESM		HT								
CNRM-CM5	France									
CSIRO-Mk3.6.0	Australia									
EC-EARTH	Europe									
FGOALS-g2	China									
FGOALS-s2										
FIO-ESM v1.0	China									
GFDL-ESM2M, GFDL-ESM2G	USA									
GFDL-CM2.1										
GFDL-CM3		HT								
GISS-E2-R, GISS-E2-H	USA	HT					p2,p3*	p2, p3*		
GISS-E2-R-CC, GISS-E2-H-CC		HT					p2,p3*	p2, p3*		
HadGEM2-ES	UK									
HadGEM2-CC		HT								
HadCM3										
HadGEM2-AO	Korea									
INM-CM4	Russia									
IPSL-CM5A-LR / -CM5A-MR / -CM5B-LR	France	HT								
MIROC4h, MIROC5	Japan	HT								
MIROC-ESM		HT								
MIROC-ESM-CHEM		HT								
MPI-ESM-LR / -ESM-MR / -ESM-P	Germany	HT								
MRI-ESM1	Japan	HT								
MRI-CGCM3		HT								
NCEP-CFSv2	USA									
NorESM1-M	Norway									
NorESM1-ME										
GFDL-HIRAM C180 / -HIRAM C360	USA									
MRI-AGCM3.2S / -AGCM3.2H	Japan									

CMIP5

AMIP

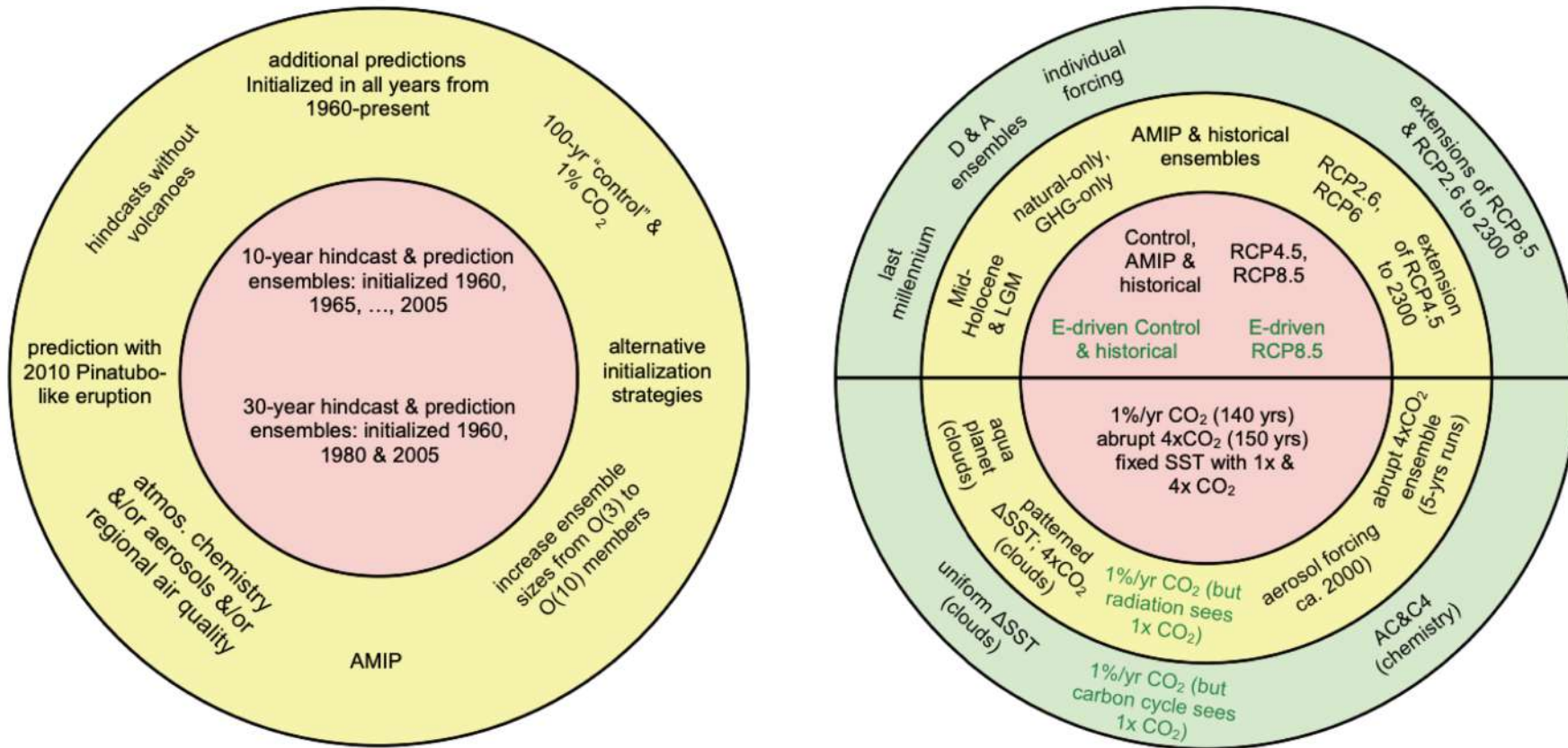
10.4 CALENTAMIENTO GLOBAL

Table 9.2 | Main features of the EMICs assessed in the AR5, including components and complexity of the models. Model complexity for four components is indicated by colour shading. Further detailed descriptions of the models are contained in Table 9.A.2.

Model name		Atmos	Ocean	Land Surface	Sea Ice	Coupling	Biosphere	Ice Sheets	Sediment & Weathering
Bern3D	Switzerland								
CLIMBER2	Germany								
CLIMBER3	Germany								
DCESS	Denmark								
FAMOUS	UK								
GENIE	UK								
IAP RAS CM	Russia								
IGSM2	USA								
LOVECLIM1.2	Netherlands								
MESMO	USA								
MIROC-lite	Japan								
MIROC-lite-LCM	Japan								
SPEEDO	Netherlands								
UMD	USA								
Uvic	Canada								

Increasing Complexity (light to dark)			
EMBM	2-Box	NST/NSM	None
SD	Q-flux ML	LST/NSM	BO
QG	FG	LST/BSM	BO,BT
PE	PE	LST/CSM	BO,BT,BV

10.4 CALENTAMIENTO GLOBAL



Left: síntesis de experimentos cortos del CMIP5 del nivel 1 (Amarillo) organizado alrededor de experimentos base (Rosado). (From Taylor et al., 2012b, their Figure 2). Derecha: experimentos largos de CMIP5 con los del nivel 1 (amarillo) y nivel 2 (verde) alrededor de experiment base (Rosado). Letras verdes experimentos con modelos que representan el ciclo del carbono, y 'E-driven' significa 'emission-driven'. Experimentos en la parte superior del círculo pueden compararse con observaciones o generar proyecciones, y los de abajo, son idealizado o de diagnóstico para un mayor entendimiento de procesos (From Taylor et al., 2012b, their Figure 3.)

10.4 CALENTAMIENTO GLOBAL

Escenarios de emisiones

- En el Quinto informe del IPCC se han definido 4 nuevos escenarios de emisión → Trayectorias de Concentración Representativas (RCP)
- Los RCP pueden contemplar los efectos de las políticas orientadas a limitar el cambio climático del siglo XX frente a los escenarios de emisión utilizados en el IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 (AR4) (denominados SRES, por sus siglas en inglés) que no contemplaban los efectos de las posibles políticas o acuerdos internacionales tendentes a mitigar las emisiones.
- Están caracterizadas por su Forzamiento Radiativo (FR) total para el año 2100 que oscila entre 2,6 y 8,5W/m².
- RCP2.6 → los esfuerzos en mitigación conducen a un nivel de forzamiento muy bajo
- RCP4.5 y RCP → 2 escenarios de estabilización
- RCP8.5 → escenario con un nivel muy alto de emisiones de GEI

10.4 CALENTAMIENTO GLOBAL

Escenarios de emisiones

	FR	Tendencia del FR	[CO ₂] en 2100
RCP2.6	2,6 W/m ²	decreciente en 2100	421 ppm
RCP4.5	4,5 W/m ²	estable en 2100	538 ppm
RCP6.0	6,0 W/m ²	creciente	670 ppm
RCP8.5	8,5 W/m ²	creciente	936 ppm

PARA EL AÑO 2020 LA CONCENTRACION DE CO2 FUE DE 412 PPM !

10.4 CALENTAMIENTO GLOBAL

Escenarios de emisiones

ipcc

GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL cambio climático

CAMBIO CLIMÁTICO 2014

Informe de síntesis

Cambio climático 2014

Informe de síntesis

**Resumen para
responsables de políticas**

10.4 CALENTAMIENTO GLOBAL

Escenarios de emisiones

RRP 1. Cambios observados y sus causas

La influencia humana en el sistema climático es clara, y las emisiones antropógenas recientes de gases de efecto invernadero son las más altas de la historia. Los cambios climáticos recientes han tenido impactos generalizados en los sistemas humanos y naturales. {1}

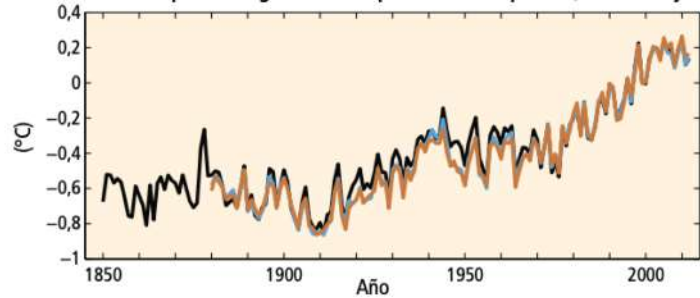
RRP 1.1 Cambios observados en el sistema climático

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 y el nivel del mar se ha elevado. {1.1}

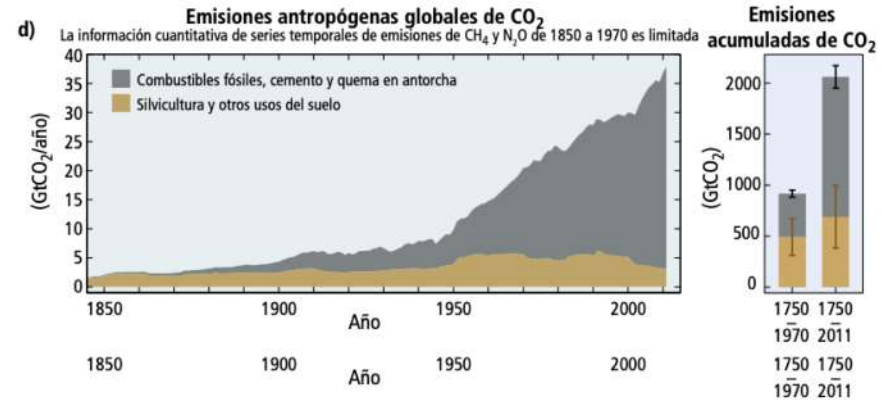
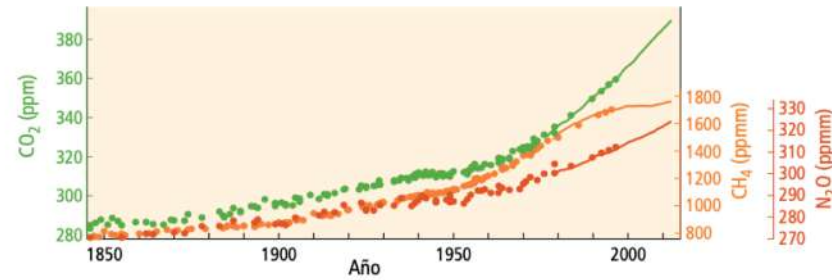
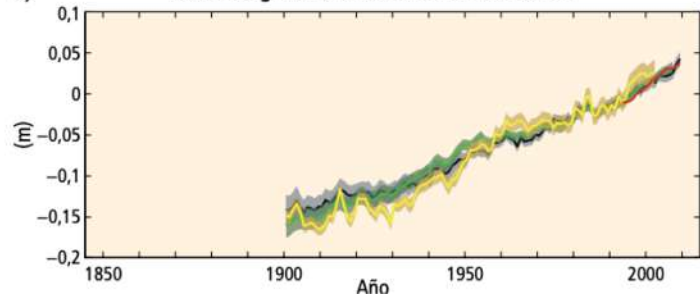
10.4 CALENTAMIENTO GLOBAL

Escenarios de emisiones

a) Anomalia del promedio global de temperaturas en superficie, terrestres y oceánicas, combinadas



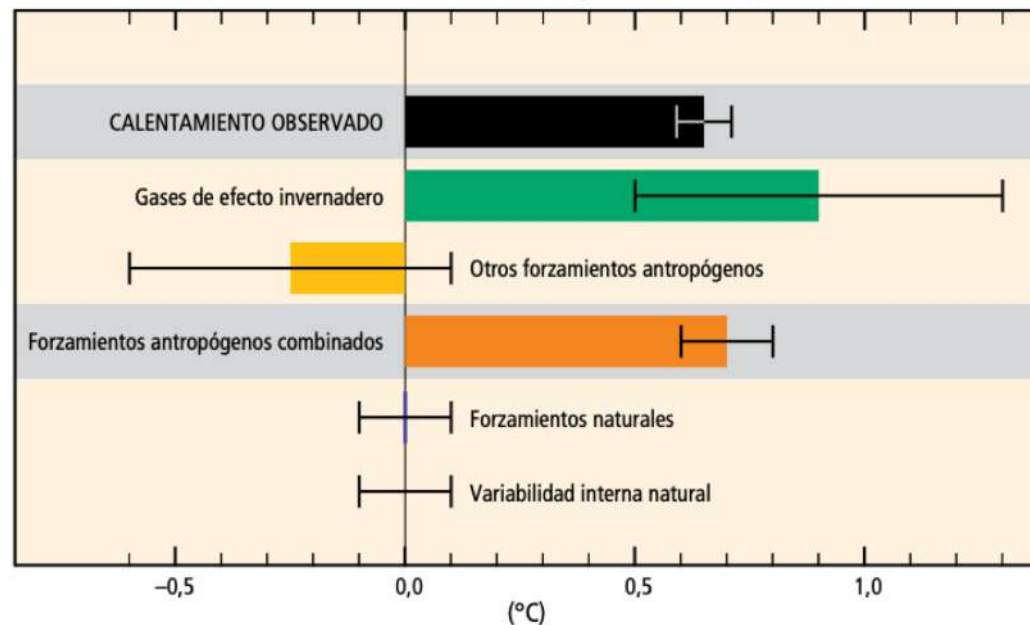
b) Promedio global del cambio del nivel del mar



10.4 CALENTAMIENTO GLOBAL

Escenarios de emisiones

Contribuciones al cambio observado en la temperatura en superficie de 1951 a 2010



RRP 1.2 Causas del cambio climático

Las emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero han aumentado desde la era preindustrial, en gran medida como resultado del crecimiento económico y demográfico, y actualmente son mayores que nunca. Como consecuencia, se han alcanzado unas concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono, metano y óxido nítrico sin parangón en por lo menos los últimos 800 000 años. Los efectos de las emisiones, así como de otros factores antropógenos, se han detectado en todo el sistema climático y es *sumamente probable* que hayan sido la causa dominante del calentamiento observado a partir de la segunda mitad del siglo XX. {1.2, 1.3.1}

10.4 CALENTAMIENTO GLOBAL

Escenarios de emisiones

RRP 1.4 Episodios extremos

Desde aproximadamente 1950 se han observado cambios en muchos fenómenos meteorológicos y climáticos extremos. Algunos de estos cambios han sido asociados con influencias humanas, como por ejemplo la disminución de las temperaturas frías extremas, el aumento de las temperaturas cálidas extremas, la elevación de los niveles máximos del mar y el mayor número de precipitaciones intensas en diversas regiones. {1.4}

10.4 CALENTAMIENTO GLOBAL

Escenarios de emisiones

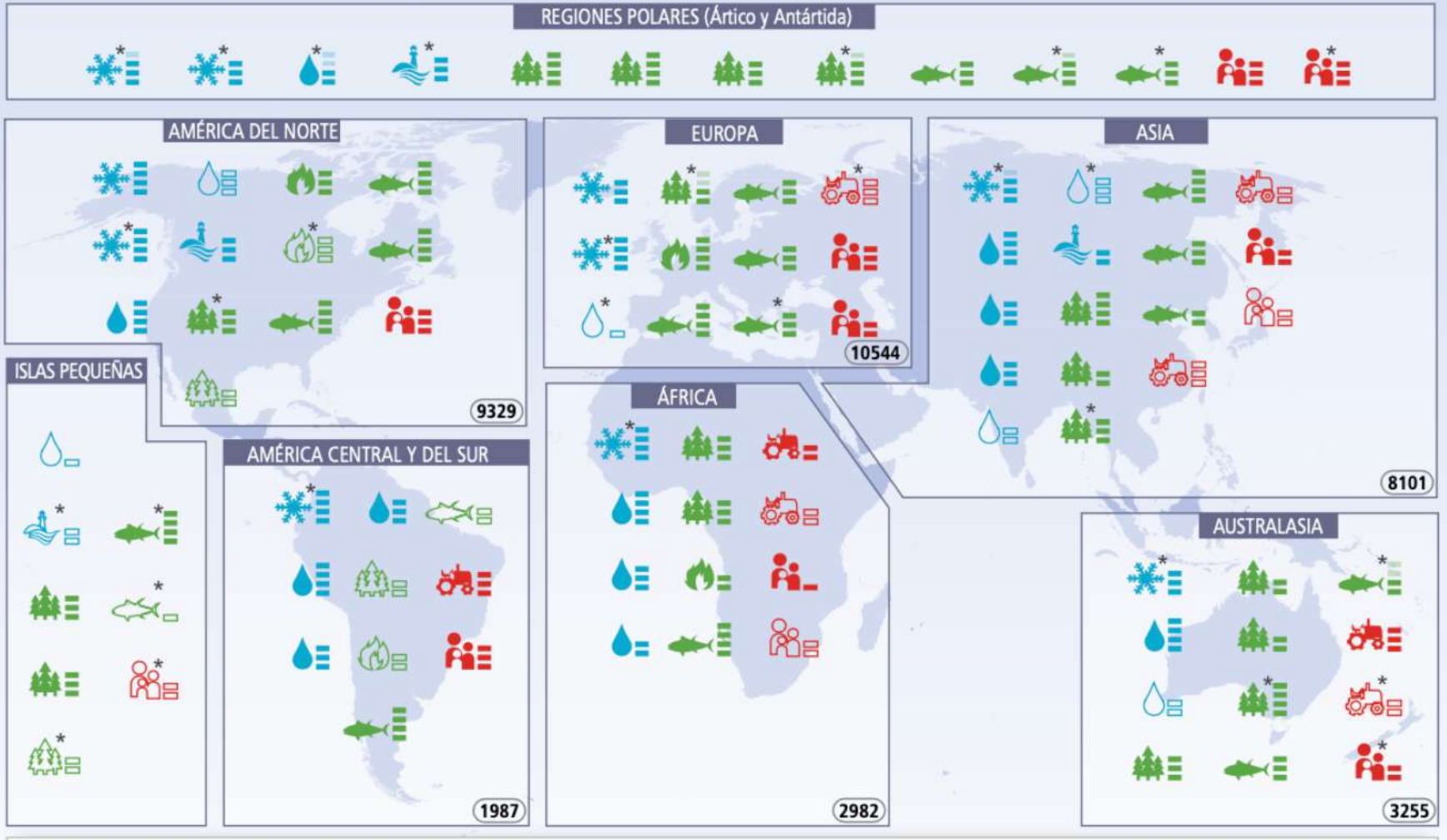
RRP 2. Futuros cambios climáticos, riesgos e impactos

La emisión continua de gases de efecto invernadero causará un mayor calentamiento y cambios duraderos en todos los componentes del sistema climático, lo que hará que aumente la probabilidad de impactos graves, generalizados e irreversibles para las personas y los ecosistemas. Para contener el cambio climático sería necesario reducir de forma sustancial y sostenida las emisiones de gases de efecto invernadero, lo cual, junto con la adaptación, puede limitar los riesgos del cambio climático. {2}

RRP 2.1 Impulsores clave del clima futuro

Las emisiones acumuladas de CO₂ determinarán en gran medida el calentamiento medio global en superficie a finales del siglo XXI y posteriormente. Las proyecciones de las emisiones de gases de efecto invernadero presentan un amplio margen de variación, en función del desarrollo socioeconómico y la política climática. {2.1}

Impactos generalizados atribuidos al cambio climático sobre la base de la documentación científica disponible desde el Cuarto Informe de Evaluación



Nivel de confianza en la atribución al cambio climático



indica el rango del nivel de confianza

Impactos observados atribuidos al cambio en relación con

Sistemas físicos

- Glaciares, nieve, hielo y/o permafrost
- Ríos, lagos, inundaciones y/o sequía
- Efectos de la erosión costera y/o del nivel del mar

Sistemas biológicos

- Ecosistemas terrestres
- Incendios forestales
- Ecosistemas marinos

Sistemas humanos y gestionados

- Producción de alimentos
- Medios de subsistencia, salud y/o economía

* Impactos identificados basados en los estudios disponibles en una región

Símbolos delineados = Contribución pequeña del cambio climático
 Símbolos rellenos = Contribución grande del cambio climático

10.4 CALENTAMIENTO GLOBAL

VER GRAFICA DIAPOSITIVA ANTERIOR

Figura RRP.4 | Sobre la base de la documentación científica disponible desde el Cuarto Informe de Evaluación del IPCC, hay un número sustancialmente mayor de impactos en las últimas décadas atribuidos al cambio climático. La atribución requiere evidencia científica sobre el papel del cambio climático. La ausencia en el mapa de otros impactos atribuidos al cambio climático no implica que esos impactos no hayan ocurrido. Las publicaciones que sustentan los impactos atribuidos reflejan una base de conocimientos cada vez mayor, aunque las publicaciones siguen siendo limitadas para muchas regiones, sistemas y procesos, lo que pone de relieve las lagunas en los datos y estudios. Los símbolos indican categorías de impactos atribuidos, la relativa contribución del cambio climático (grande o pequeña) al impacto observado y el nivel de confianza en la atribución. Cada símbolo hace referencia a una o más entradas en GTII cuadro RRP.A1, de modo que se agrupan impactos conexos a escala regional. Las cifras en los óvalos indican totales regionales de publicaciones relativas al cambio climático de 2001 a 2010, según la base de datos bibliográfica Scopus para publicaciones en inglés en que el nombre de un país se menciona en el título, en el resumen o en las palabras clave (en julio de 2011). Estas cifras proporcionan una idea general de la documentación científica disponible sobre el cambio climático en las regiones; no indican el número de publicaciones que apoyan la atribución de los impactos del cambio climático en cada región. Los estudios relativos a las regiones polares y las islas pequeñas se agrupan con las regiones continentales vecinas. La inclusión de publicaciones para la evaluación de la atribución se ajustó a los criterios del IPCC sobre evidencia científica definidos en GTII capítulo 18. Las publicaciones incluidas en los análisis de atribución proceden de una gama más amplia de documentos evaluados en el GTII IE5. Véase el GTII cuadro RRP.A1 para la descripción de los impactos atribuidos. *{figura 1.11}*

10.4 CALENTAMIENTO GLOBAL

DISPONIBILIDAD DE DATOS

<https://www.ipcc-data.org/sim/index.html>

Data Distribution Centre

ipcc
INTERGOVERNMENTAL PANEL ON climate change

WMO UNEP

News! We are currently developing a new website. To visit these pages, click [here](#)

ENHANCED BY Google Search Advanced search Help Site map IPCC web sites

Data from computer simulations and projections

Computational models play an increasingly central role in underpinning our understanding of the environment, society. The DDC contains Assessment Models (IAMs), Carbon-cycle Models, General Circulation Models, and Earth System Models.

- [Climate System Scenario Tables \(Annex II of IPCC 5th Assessment Report, WG1 – as Excel workbook\)](#)
- [Emissions scenarios \(from Integrated Assessment Models\):](#)
 - [RCP Emissions and Land Use scenarios used in AR5](#)
 - [SRES Emissions scenarios used in TAR and AR4](#)
 - [IS92 Emissions scenarios used in SAR](#)
- [Carbon Dioxide: Projected emissions and concentrations](#)
- [Global climate model output](#)
 - [Results from GCM-Runs for the Fifth Assessment Report \(AR5\)](#)
 - [Results from GCM-Runs for the Fourth Assessment Report \(AR4\) based on the IPCC-SRES scenarios](#)
 - [Results from GCM-Runs for the Third Assessment Report \(TAR\) based on the IPCC-SRES scenarios](#)
 - [Results from GCM-Runs based on the IPCC-IS92a \(or similar\) emission scenarios](#)
 - [Results from GCM-Runs used in the First Assessment Report \(FAR\) \(subset\)](#)
- [Global climate model output: period-averages](#)
 - [Model output described in the 2007 IPCC Fourth Assessment Report \(SRES scenarios\)](#)
 - [Model output described in the 2001 IPCC Third Assessment Report \(SRES scenarios\)](#)
 - [Model output described in the 1995 IPCC Second Assessment Report \(IS92 scenarios\)](#)
- [Global climate model output: global-means \(AR4\)](#)

Quick links

[IPCC Reports](#)
[Video tour of the DDC](#)

REFERENCIAS

- Stull.R Practical Meteorology (2017)
- Zuñiga & Crespo (2015): Meteorología y climatología
- PÁGINAS WEB CITADAS EN EL TEXTO