



**Barcelona  
Supercomputing  
Center**  
*Centro Nacional de Supercomputación*

# Sexto Informe del IPCC, Modelización Climática y Gemelos Digitales

Francisco Doblas-Reyes

21 September 2022



## Los principios de los informes del IPCC

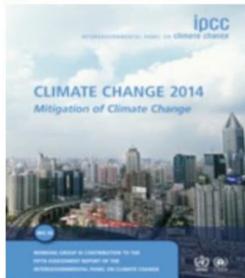
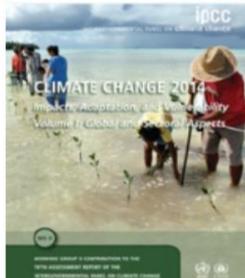
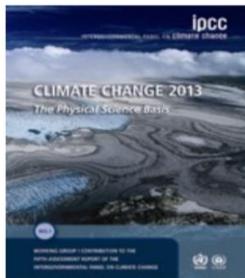
“... **evaluar** con una base objetiva, abierta y transparente la información científica, técnica y socioeconómica relevante para la comprensión de los fundamentos del riesgo del cambio climático debido a la acción humana, sus impactos y las opciones para la adaptación y su mitigación.”

“Los informes del IPCC deben ser **neutrales desde el punto de vista político**, aunque es posible que deban tratar con factores relevantes para la aplicación de políticas específicas.”

## Grupo de Trabajo 1 (WGI)

## Grupo de Trabajo 2 (WGII)

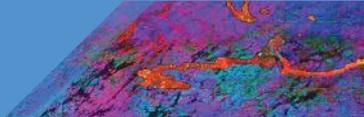
## Grupo de Trabajo 3 (WGIII)



¿Qué está pasando en el sistema climático terrestre?

¿Cuáles son los riesgos?

¿Qué se puede hacer?



## El WGI AR6 en números

El informe fue aprobado de manera unánime por todos los gobiernos en un proceso online que duró dos semanas



**234** autores de

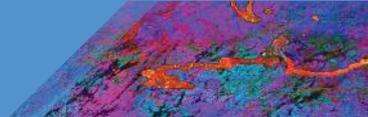
**28%** mujeres

**30%** investigadores/as  
primerizos/as (63% ocupando  
nuevos roles)



[Credit: NASA]

“ Los cambios recientes en el clima son generalizados, rápidos y cada vez más intensos, y no tienen precedentes en miles de años.



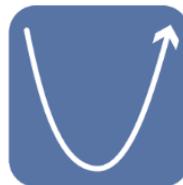
El clima siempre ha cambiado, pero lo que ocurre es excepcional (a escala humana)



Se calienta en casi todas partes



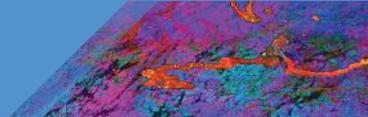
Se calienta rápidamente



El calentamiento ha revertido un enfriamiento a largo plazo



Hace mucho tiempo que el planeta no se calentaba tanto



La influencia humana ha calentado el clima a un ritmo **sin precedentes** en al menos los últimos 2000 años

Cambio en la temperatura global del aire en superficie relativa a 1850-1900

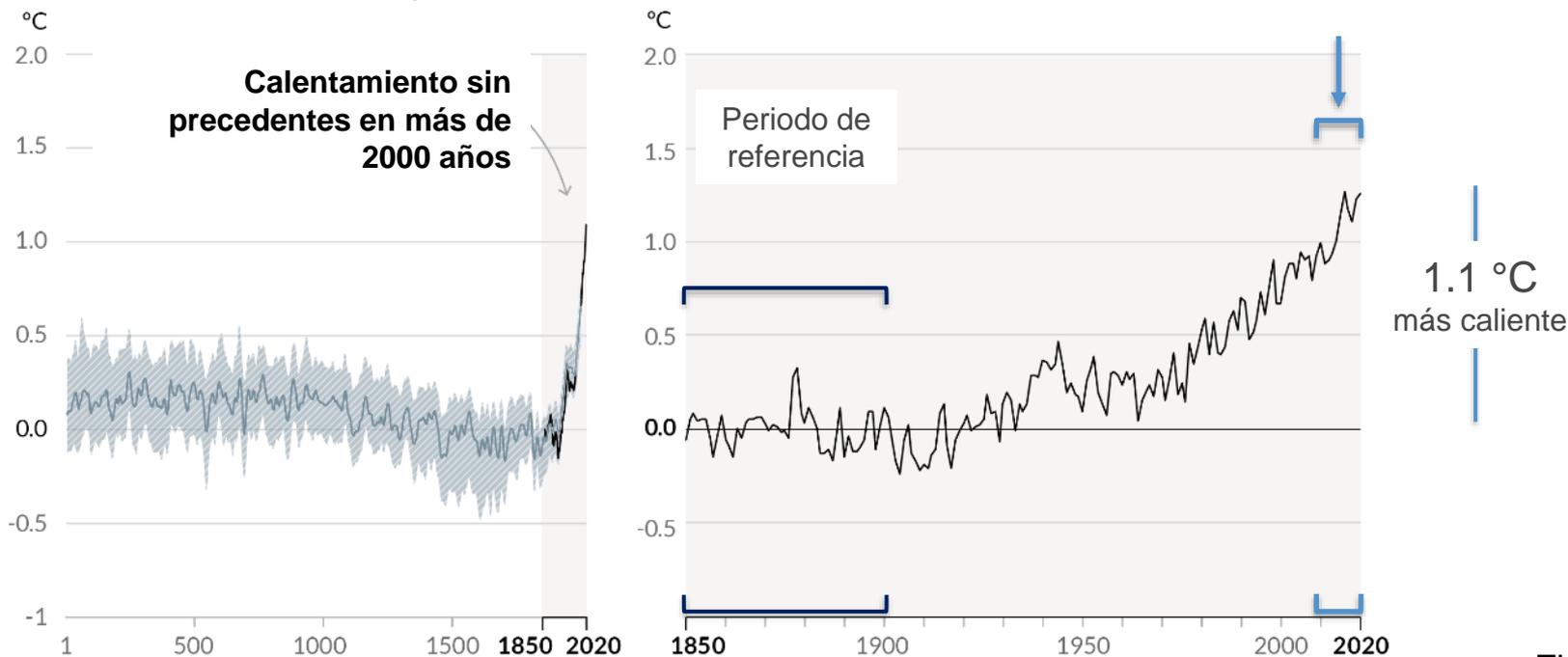
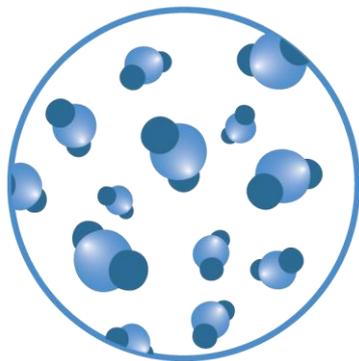


Figura SPM.1

Concentración de  
**CO<sub>2</sub>**



**La más alta**

en al menos

**2 millones de años**

Aumento en el  
**nivel del mar**



**Ritmo más rápido**

en al menos

**3000 años**

Área de  
**hielo marino**  
en el **Ártico**



**Nivel más bajo**

en al menos

**1000 años**

Retroceso de  
**glaciares**



**Sin precedentes**

en al menos

**2000 años**



[Credit: Yoda Adaman | Unsplash]

“ No hay duda de que la acción humana está causando el cambio climático, haciendo que los eventos climáticos extremos, como olas de calor, lluvias torrenciales y sequías, sean más frecuentes y severos.

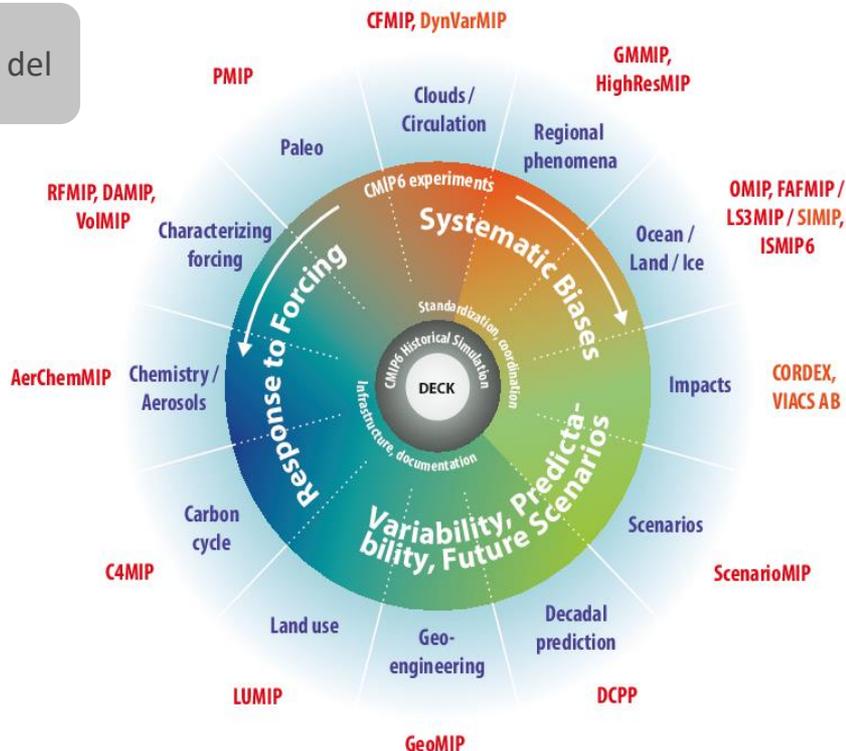
# CMIP

WCRP's Coupled Model Intercomparison Project

CMIP es un proyecto del Working Group on Coupled Modeling (WGCM), que es parte del World Climate Research Programme (WCRP)

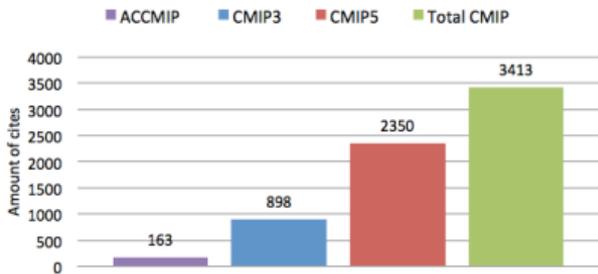
CMIP ha posibilitado un avance continuo en la comprensión del clima pasado, presente y futuro, así como de su variabilidad, usando una aproximación multimodelo

CMIP define protocolos experimentales comunes, forzamientos y estándares



## 21 CMIP6-Endorsed MIPs

Total CMIP citations in IPCC AR5



INTERNATIONAL COUNCIL FOR SCIENCE





## La **cadena causa-efecto del cambio climático** considera las conexiones sucesivas entre:

- emisiones naturales y antrópicas
- cambios en la composición atmosférica
- cambios en el balance de energía de la Tierra
- cambios en el clima global
- y los cambios en el clima regional y los factores que conducen los impactos del clima

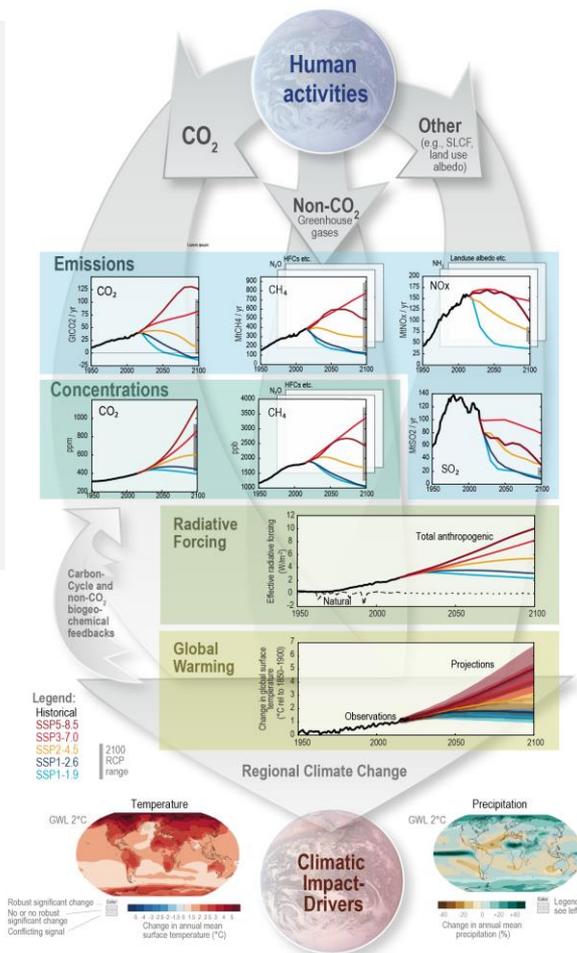
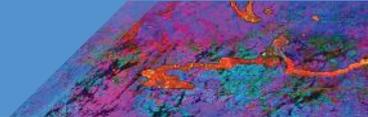


Figura TS.4



La **influencia humana** ha calentado el clima a un ritmo sin precedentes en al menos los últimos 2000 años

Cambio en la temperatura global del aire en superficie relativa a 1850-1900 observada y simulada usando factores únicamente naturales y factores tanto humanos como naturales.

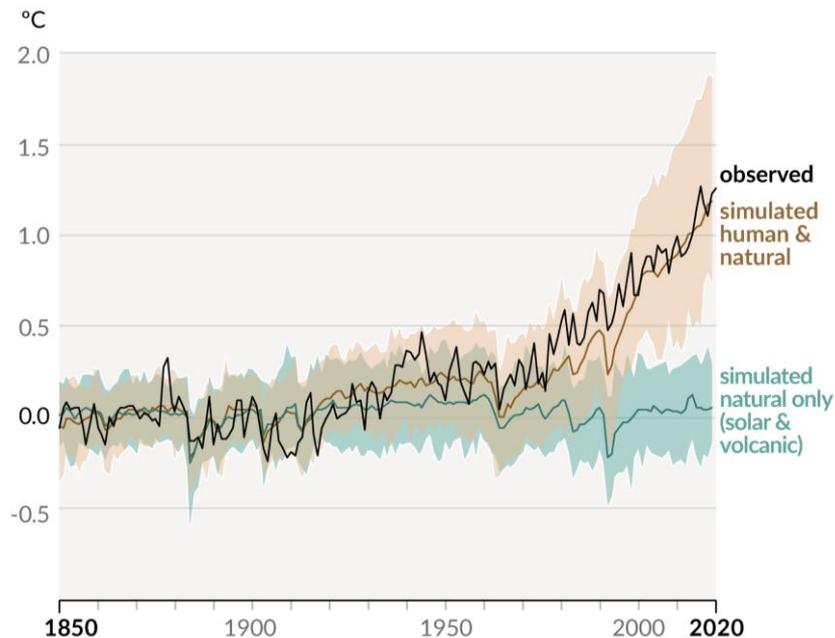
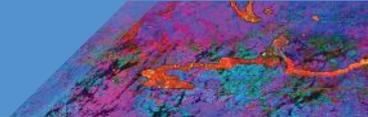


Figura SPM.1



El calentamiento observado está causado por las emisiones de gases de efecto invernadero de las actividades humanas y parcialmente encubierto por el enfriamiento por aerosoles.

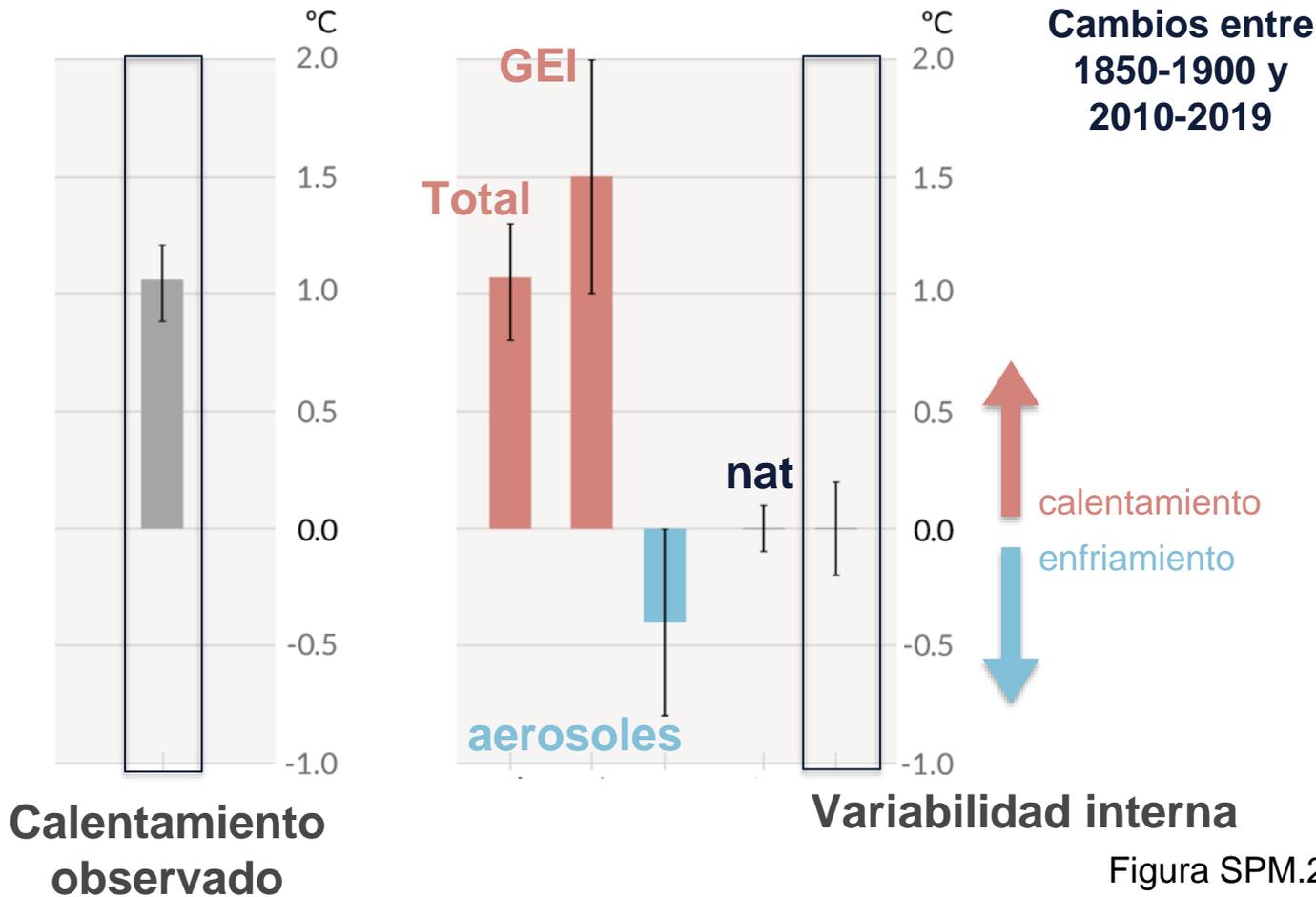


Figura SPM.2



[Credit: Peter John Maridable]

“ Se necesitarían reducciones inmediatas, rápidas y a gran escala de las emisiones de gases de efecto invernadero para limitar el calentamiento a 1.5°C.

Las emisiones futuras provocan el calentamiento futuro adicional, aunque el calentamiento total está dominado por tanto las emisiones pasadas como futuras.

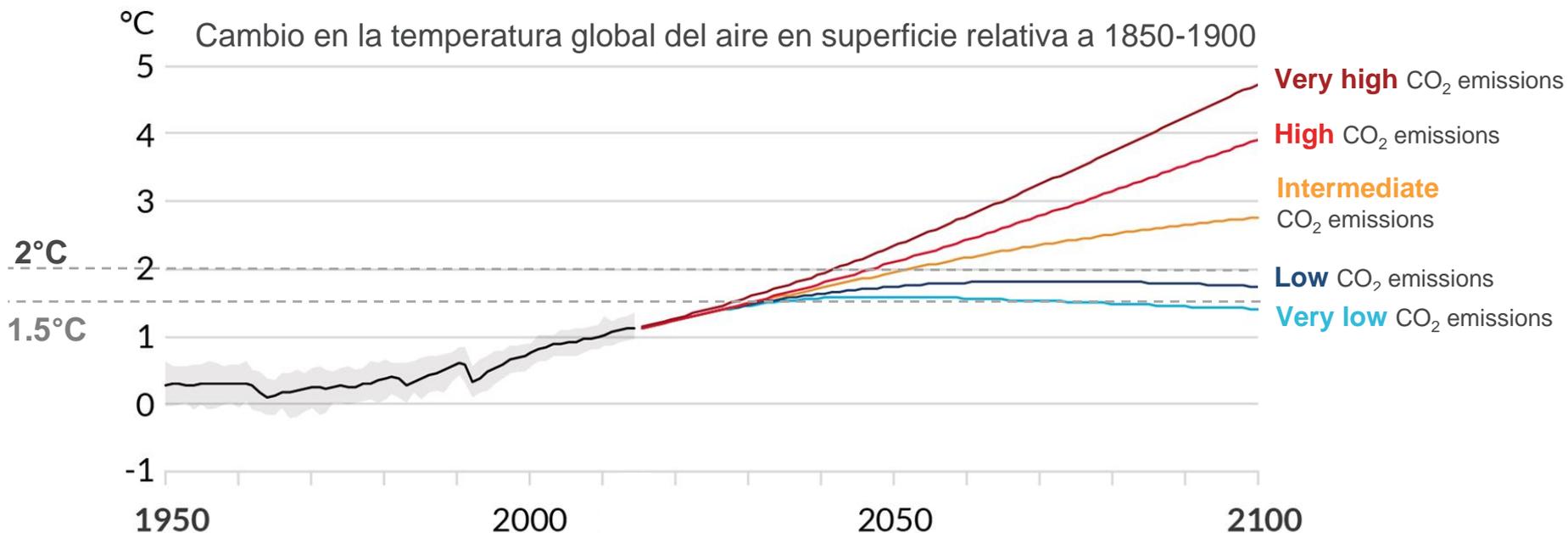


Figura 1, Box SPM.1

Los cambios proyectados para eventos extremos son mayores en frecuencia e intensidad según aumenta el nivel de calentamiento global.

## Extremos cálidos de temperatura sobre los continentes

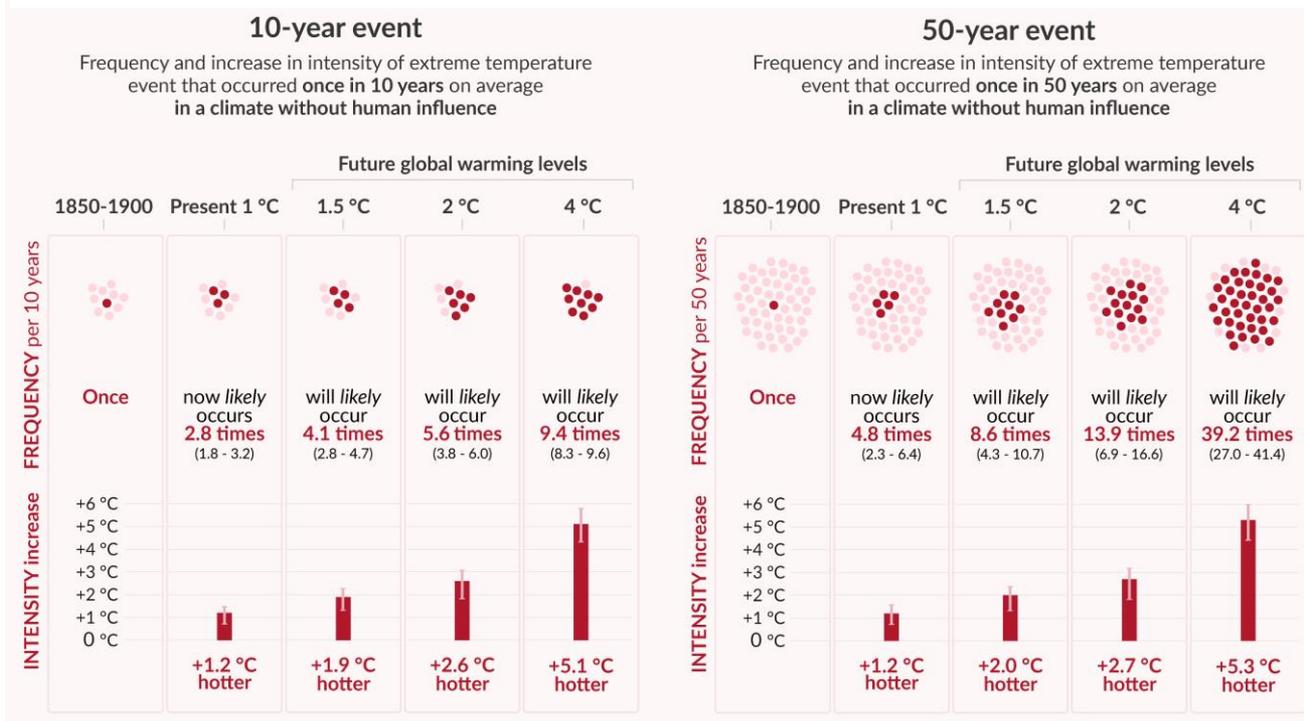


Figura SPM.6



[Credit: Hong Nguyen | Unsplash]

“ El cambio climático ya está afectando a todas las regiones del planeta, de múltiples formas. Los cambios que experimentamos aumentarán con un mayor calentamiento.

El cambio climático afecta ya a todas las regiones habitadas del planeta y la acción humana contribuye a un gran número de cambios incluyendo extremos climáticos.

## Sequías

### Type of observed change

in agricultural and ecological drought

Increase (12)

Decrease (1)

Low agreement in the type of change (28)

Limited data and/or literature (4)

### Confidence in human contribution

to the observed change

●●● High

●● Medium

● Low due to limited agreement

○ Low due to limited evidence

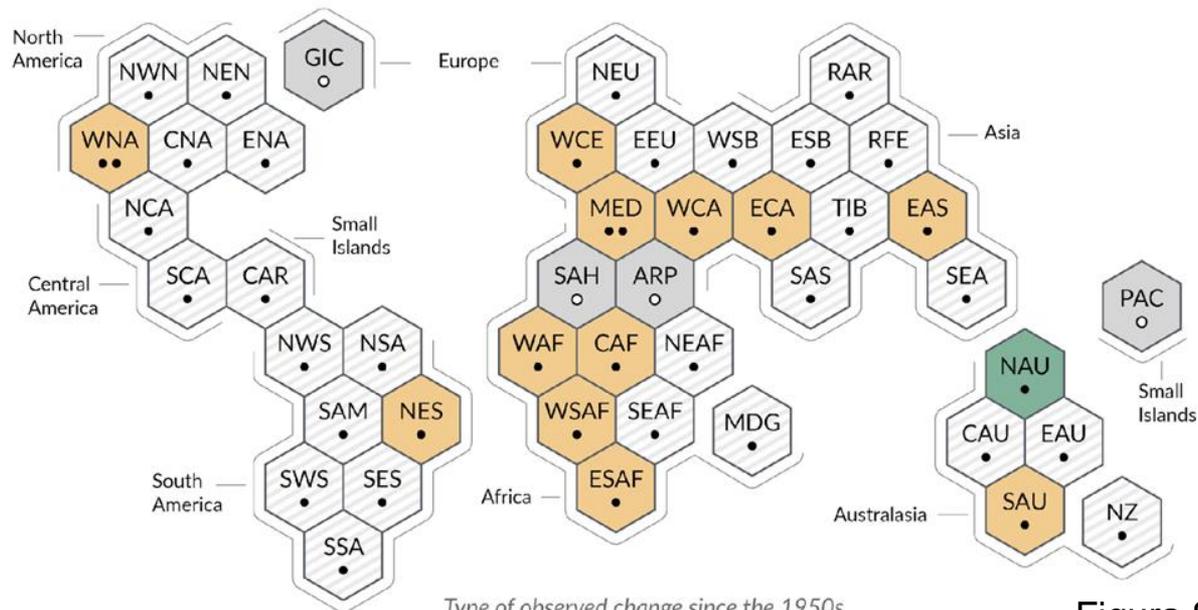


Figura SPM.3

El cambio climático no es uniforme y el impacto regional es proporcional al nivel de calentamiento global.

Cambio en la media anual relativo a 1850-1900

El **calentamiento** será **mayor** en el Artico, sobre los continentes y en el Hemisferio Norte La **precipitación** aumentará en latitudes altas y los trópicos y **decrecerá** en los subtropicos

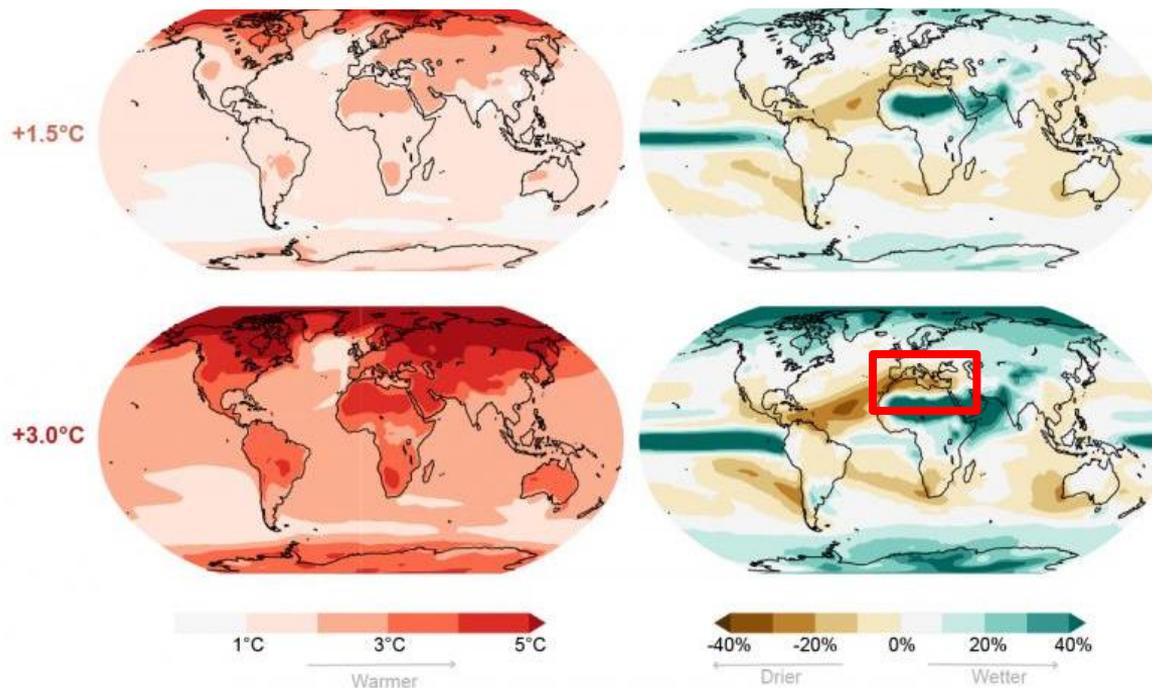
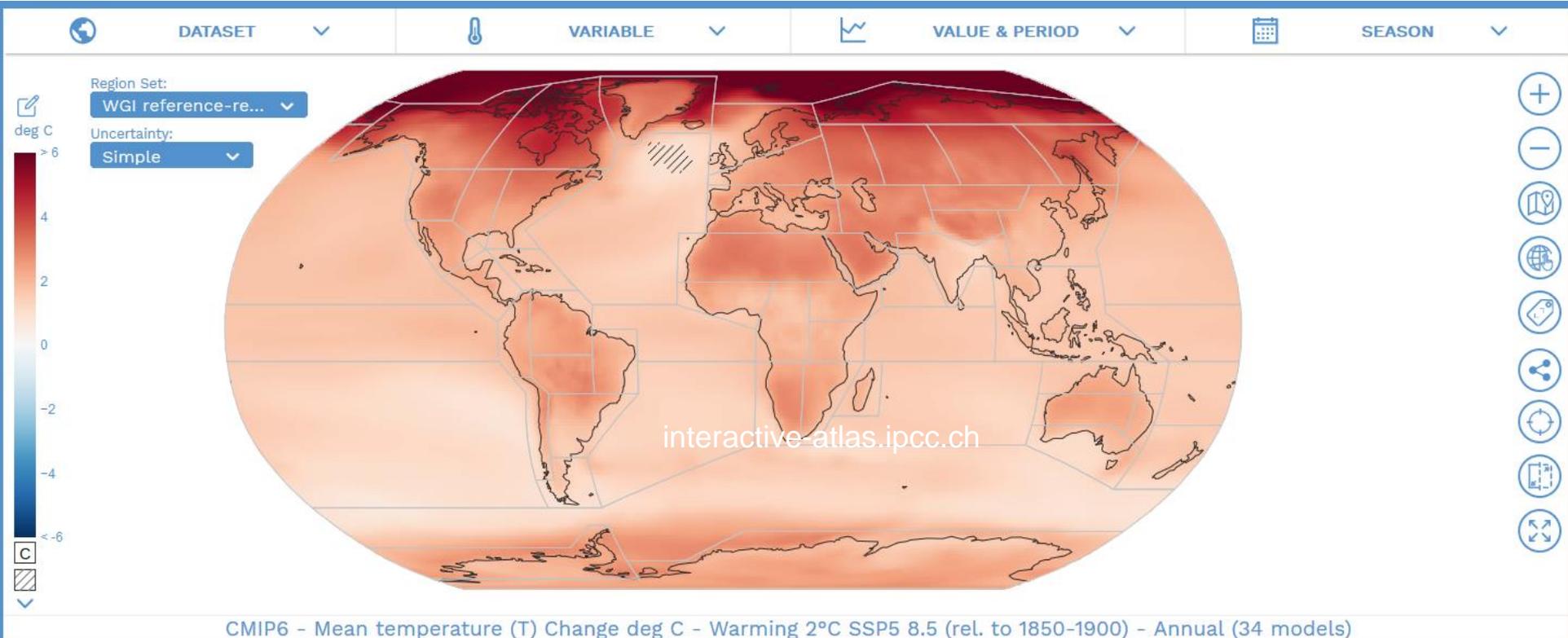


Figura SPM.5

## Atlas interactivo

## interactive-atlas.ipcc.ch



Nuevos índices: condiciones climáticas que conducen a impactos (climatic-impact drivers, CID).



Calor  
y  
frio



Precipitación  
y  
sequía



Nieve  
y  
hielo



Viento



Costas



Otras

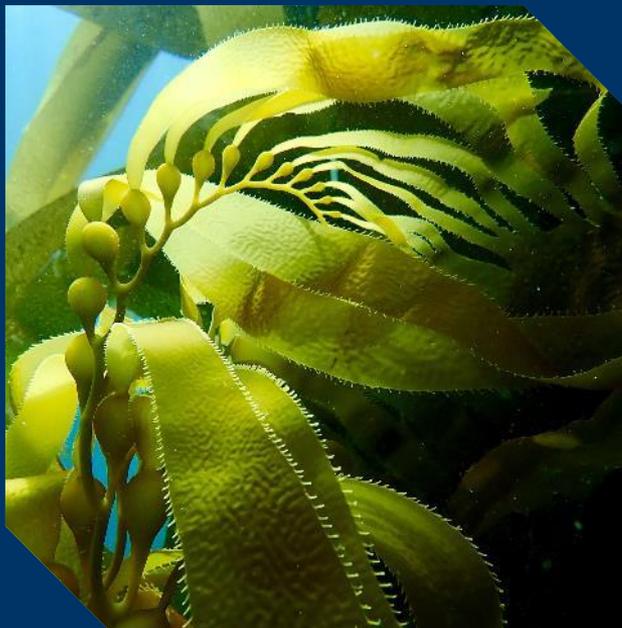


Océano  
abierto

Estos índices pueden **pasar los umbrales** que conducen a consecuencias severas para las personas, la agricultura o la vida silvestre.

Umbrales





[Credit: Jenn Caselle | UCSB]

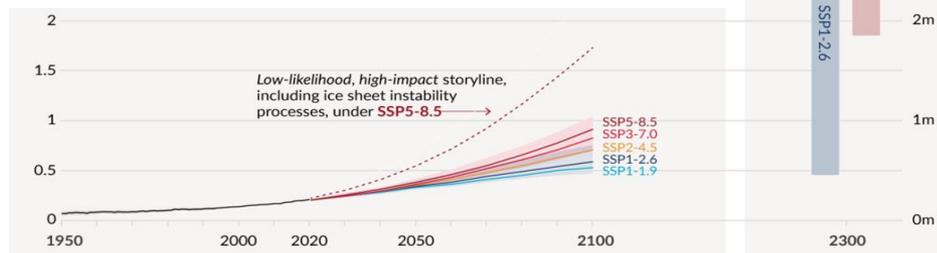
“ No hay vuelta atrás, a corto plazo, para algunos cambios en el sistema climático...

Océanos: el nivel del mar continuará aumentando durante miles de años.



Los procesos que juegan un papel son la expansión térmica de los océanos y la fusión del hielo continental

Cambio del nivel medio del mar relativo a 1900 (m)



Sea level rise greater than 15m cannot be ruled out with high emissions

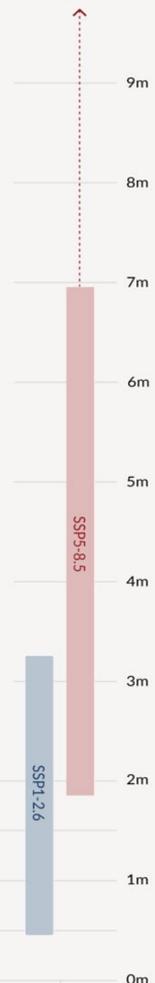


Figura SPM.8



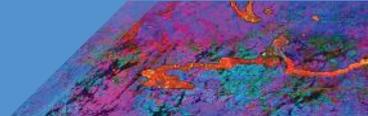
[Credit: Andy Mahoney | NSIDC]

“...sin embargo, algunos cambios podrían decelerarse y otros podrían detenerse limitando el calentamiento.



[Credit: evgeny-nelmin.]

“ Para limitar el calentamiento global, son necesarias reducciones fuertes, rápidas y sostenidas de CO<sub>2</sub>, metano y otros gases de efecto invernadero.



El clima que experimentaremos en el futuro depende de las decisiones que se tomen ahora. Teniendo en cuenta todos los compromisos e intenciones mencionadas en Glasgow la estimación más optimista lleva el sistema a un calentamiento a final de siglo ligeramente por debajo de 2°C. Limitar el calentamiento a 1.5°C requiere muchísimo más.

Por si acaso, y reconociendo que el cambio climático ya está teniendo lugar, la adaptación necesita llevarse a un plano efectivo con mucha más seriedad de lo que se ha hecho hasta ahora.

# Gemelos digitales para la información climática

## WHAT IS A DIGITAL TWIN?

Our planet is a complex system. To better understand how it works, we have created a simulated 'living' replica.

Driven by advanced AI, this computer model is fed by a continuous flow of observations from the physical world.

It allows us to revisit our past, understand our present and predict our future.

PHYSICAL WORLD

Planet Earth

DIGITAL TWIN

Computer model

ECMWF



**Barcelona  
Supercomputing  
Center**

Centro Nacional de Supercomputación

# La aproximación del programa Destination Earth

Quality & uncertainty estimation need to be **co-developed with users** as part of DestinE

- scientific standards, recognizing deep uncertainties

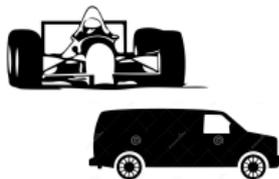
## Digital Twin engine:

- Earth-system models (atmosphere, ocean, ice, land, vegetation)
- Earth-system observations
- Earth-system data assimilation bringing together simulations & observations
- Generic extreme-scale digital software technologies
- Extreme-scale ready infrastructures



## Digital Twins:

- → Use Digital Twin engine
- Tailored to extremes/climate:
  - Weather & climate time scales
  - Storms, floods, droughts, heat waves / cold spells, pollution etc.
  - Etc.
- Operated by:
  - Different agents
  - Federated infrastructures



This interface needs to be **co-developed with users** as part of DestinE

- remove technological/cultural barriers

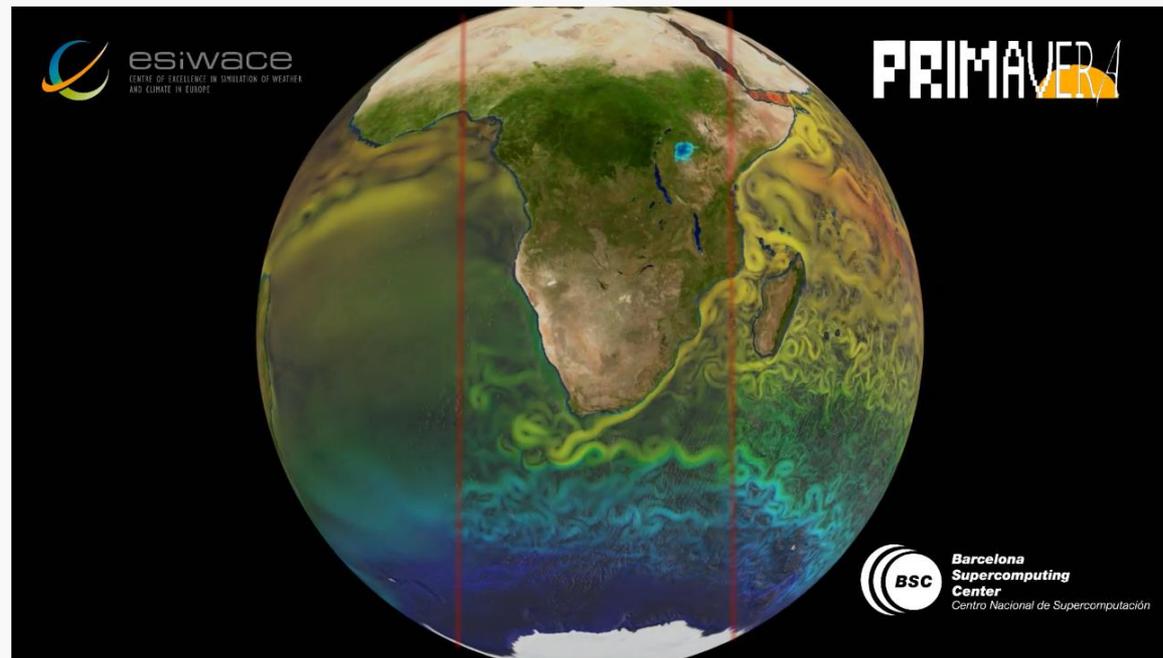
## Use cases:

- → Use Digital Twins
- Global:
  - Warming & adaptation & mitigation
- Regional:
  - Civil protection
  - Renewable energy
  - Food & water sectors
- Local:
  - Emergency response
  - Smart cities
  - Precision farming



# La aproximación del programa Destination Earth

- El objetivo es crear un sistema de información climática que use una nueva generación de modelos climáticos con una resolución de kilómetros (en lugar de cientos de kilómetros) y pueda funcionar de manera interactiva para el usuario.
- Los sistemas correrán en las nuevas plataformas de computación de EuroHPC.





**Barcelona  
Supercomputing  
Center**

*Centro Nacional de Supercomputación*

# Gracias

[Francisco.doblas-reyes@bsc.es](mailto:Francisco.doblas-reyes@bsc.es)