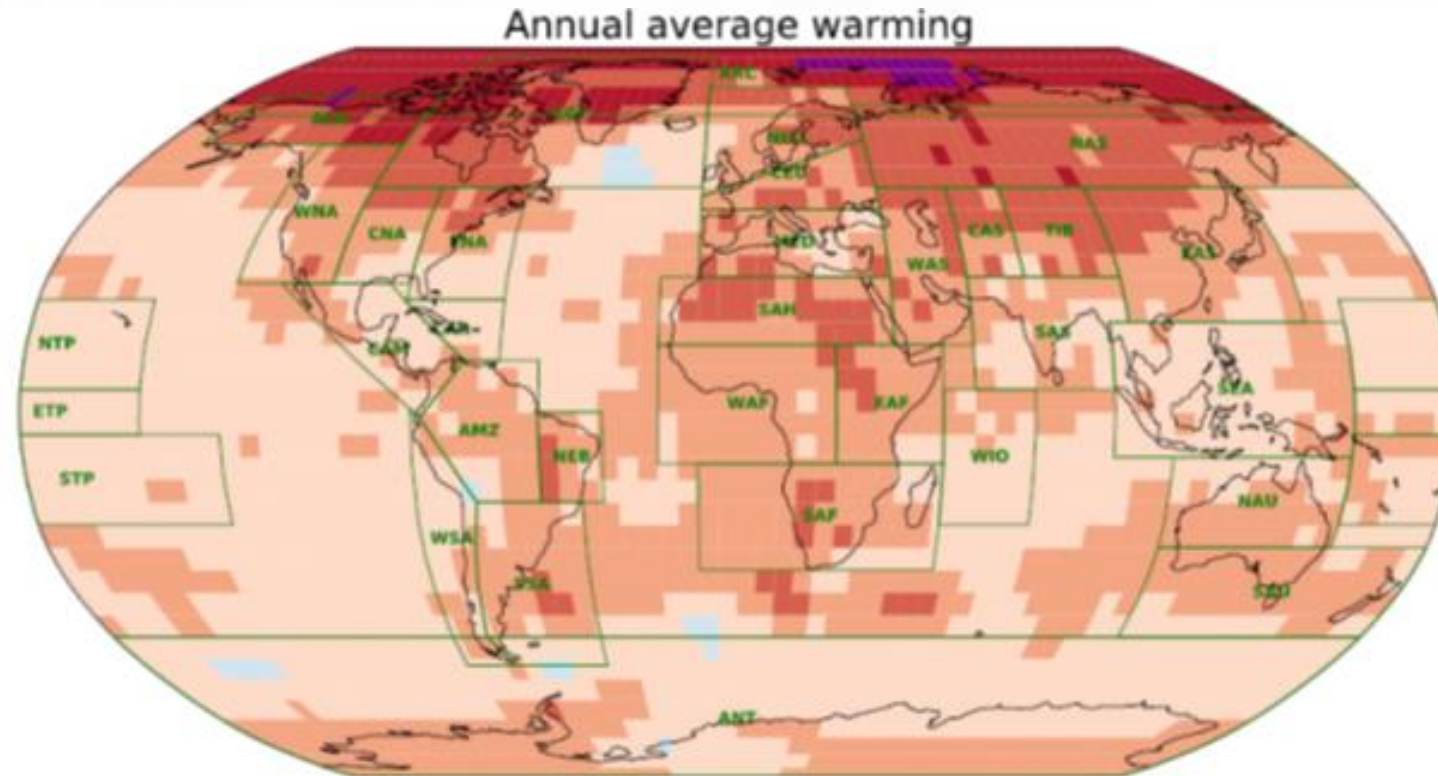


El cambio climático a día de hoy



Peio Oria Iriarte

Delegado Territorial de AEMET en Navarra

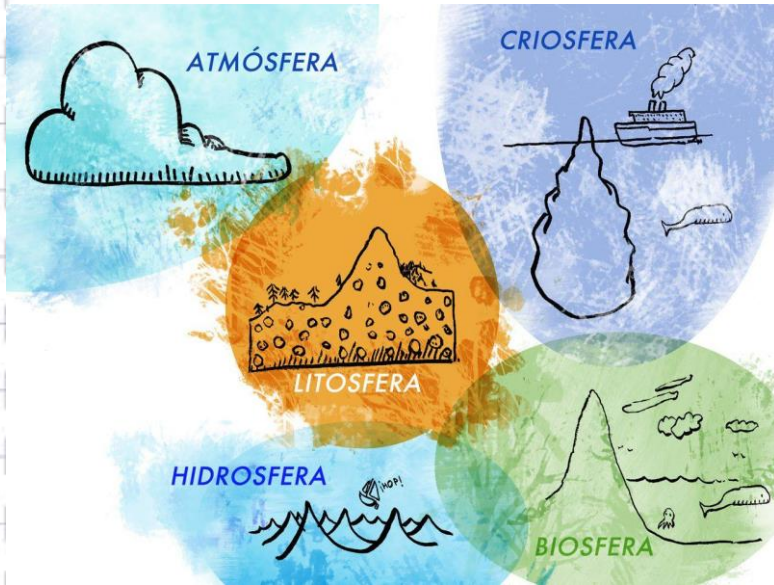
- Cambio climático: contexto actual, definiciones, conceptos básicos.
- El IPCC y su sexto informe
- Observaciones y proyecciones a nivel regional / local.
- Otros conceptos: Atribución, tipping points, servicios climáticos...
- Coloquio-debate

Cambio climático: Definición

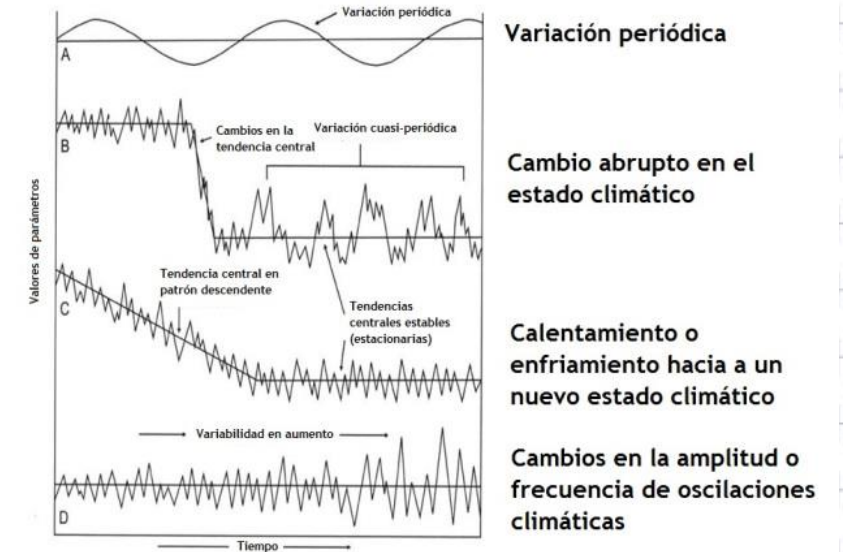
- Podríamos definir el cambio climático como una variación a largo plazo en el sistema climático como consecuencia de desequilibrios en el balance energético (energía entrante-energía saliente).
- Los orígenes responden tanto a causas naturales (actividad solar, volcánica, dinámica interna) como antropogénicas (emisión de gases de efecto invernadero, cambios en el uso del suelo).
- Después de la revolución industrial, y sobre todo a partir de 1960, el clima global se calienta por la emisión de gases de efecto invernadero asociada principalmente a la actividad industrial.

¿Es el cambio climático un fenómeno nuevo?

No, en absoluto, el Sistema Climático está en continua evolución. El clima varía en todas las escalas y de muy distintas formas.



Tipos de variaciones climáticas

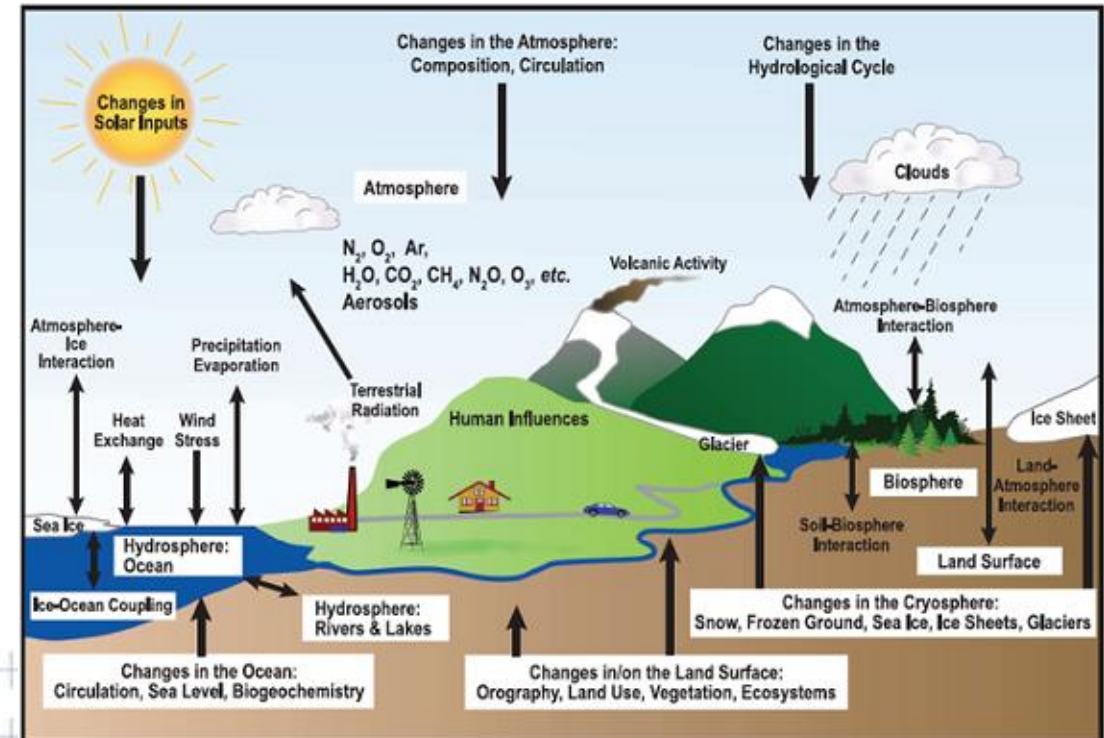


Fuente: Adaptado de "Climatología, "Cuadrat y Pita"

Se entiende como Sistema Climático el conjunto de la atmósfera, océanos, continentes, hielos marinos y continentales, biosfera (conjunto de la materia viva: selvas y bosques, cultivos, animales, algas marinas, etc...)

Hablamos de complejidad del Sistema Climático: ¿Por qué?

Las causas, forzamientos y o procesos que condicionan el clima operan en diferentes escalas de tiempo y además se retroalimentan

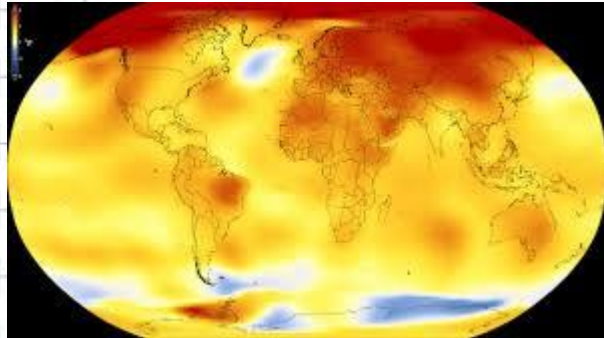


La manera (quizás) más simple y esquemática de entenderlo desde un punto de vista físico

Aumento concentración GEI (Gases Efecto Invernadero)



Aumento de la temperatura



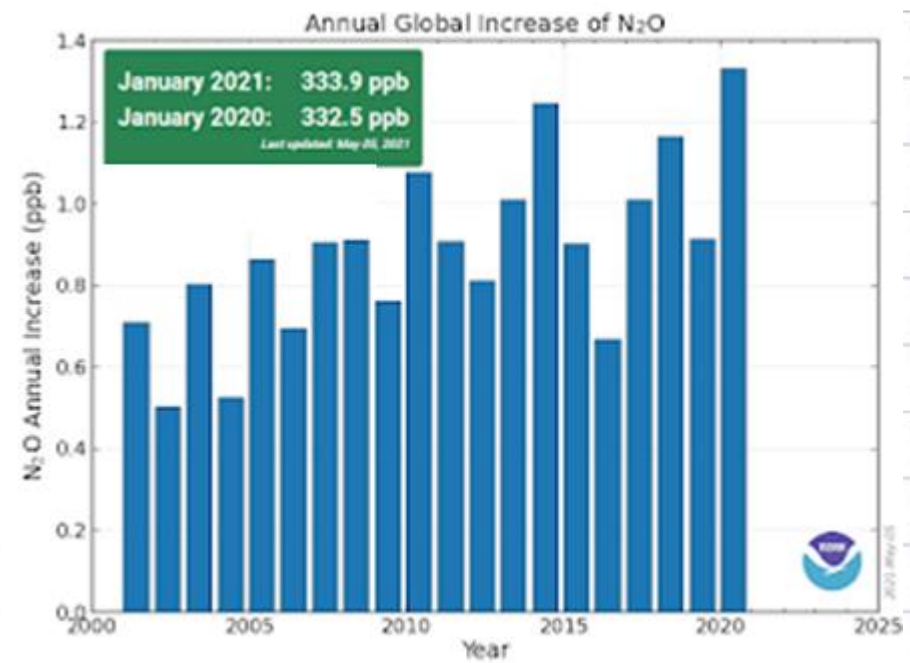
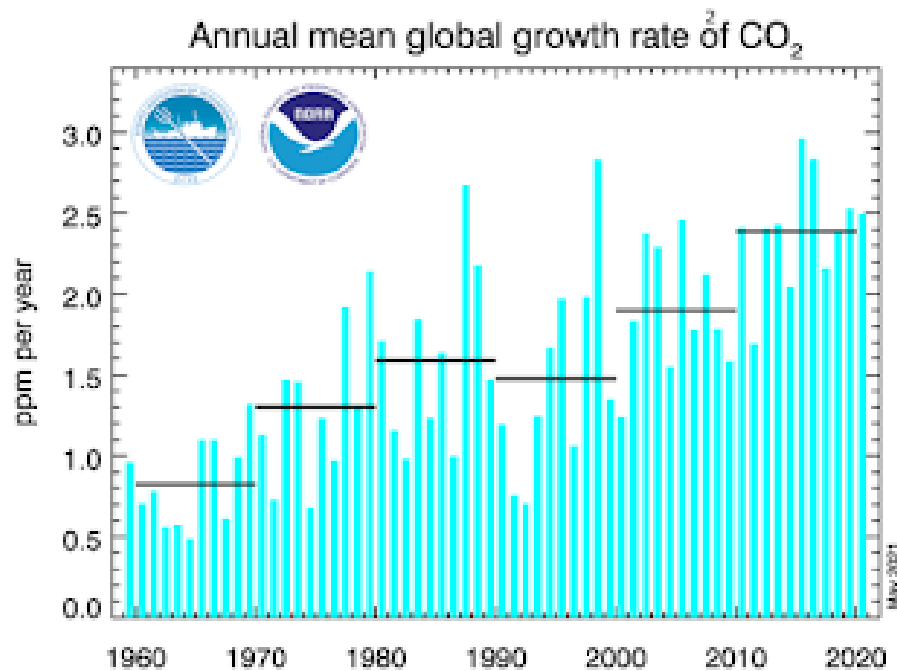
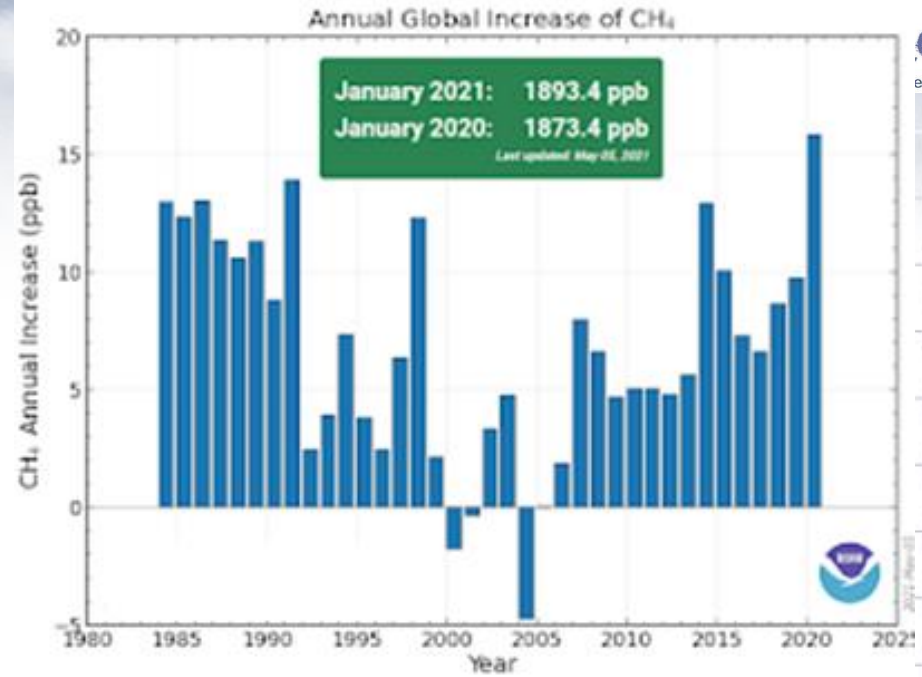
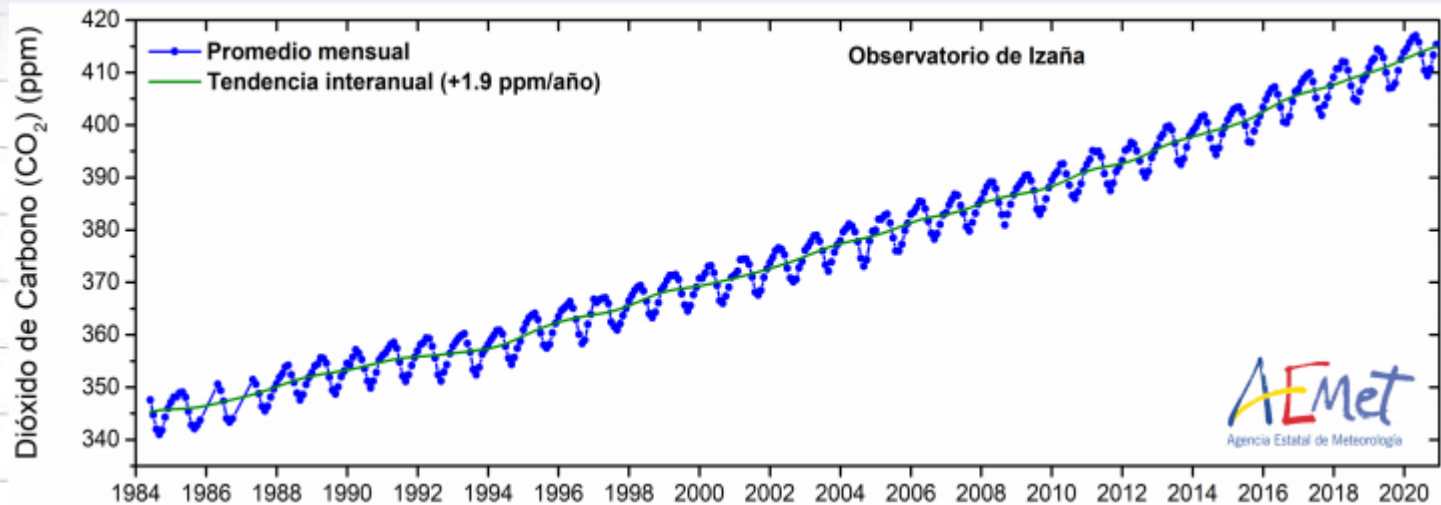
Aumento de la descarga glaciara (derretimiento del hielo)



Aumento del nivel del mar



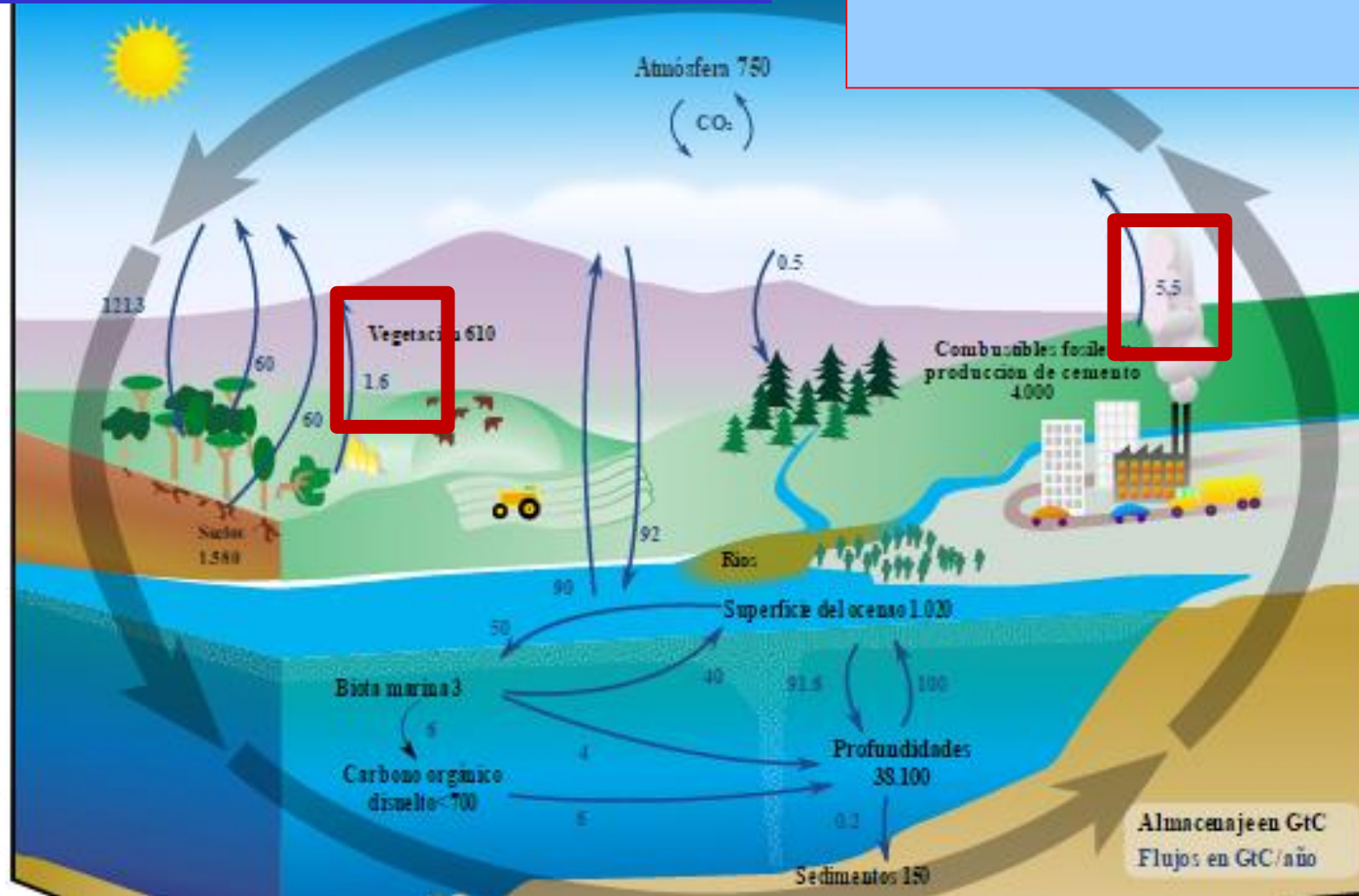
La concentración de gases de efecto invernadero no deja de aumentar



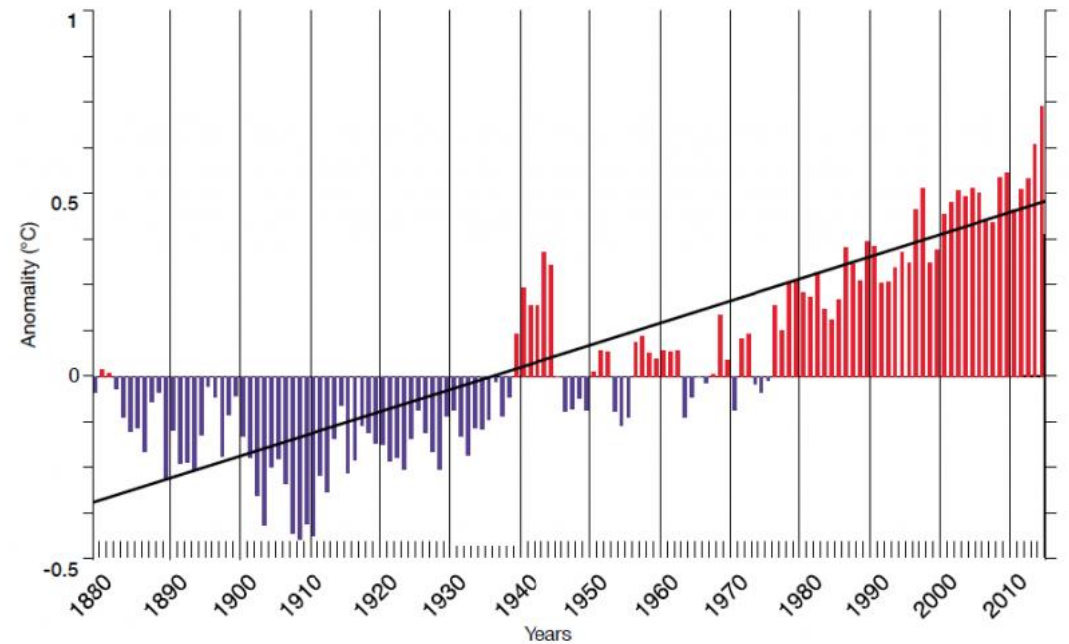
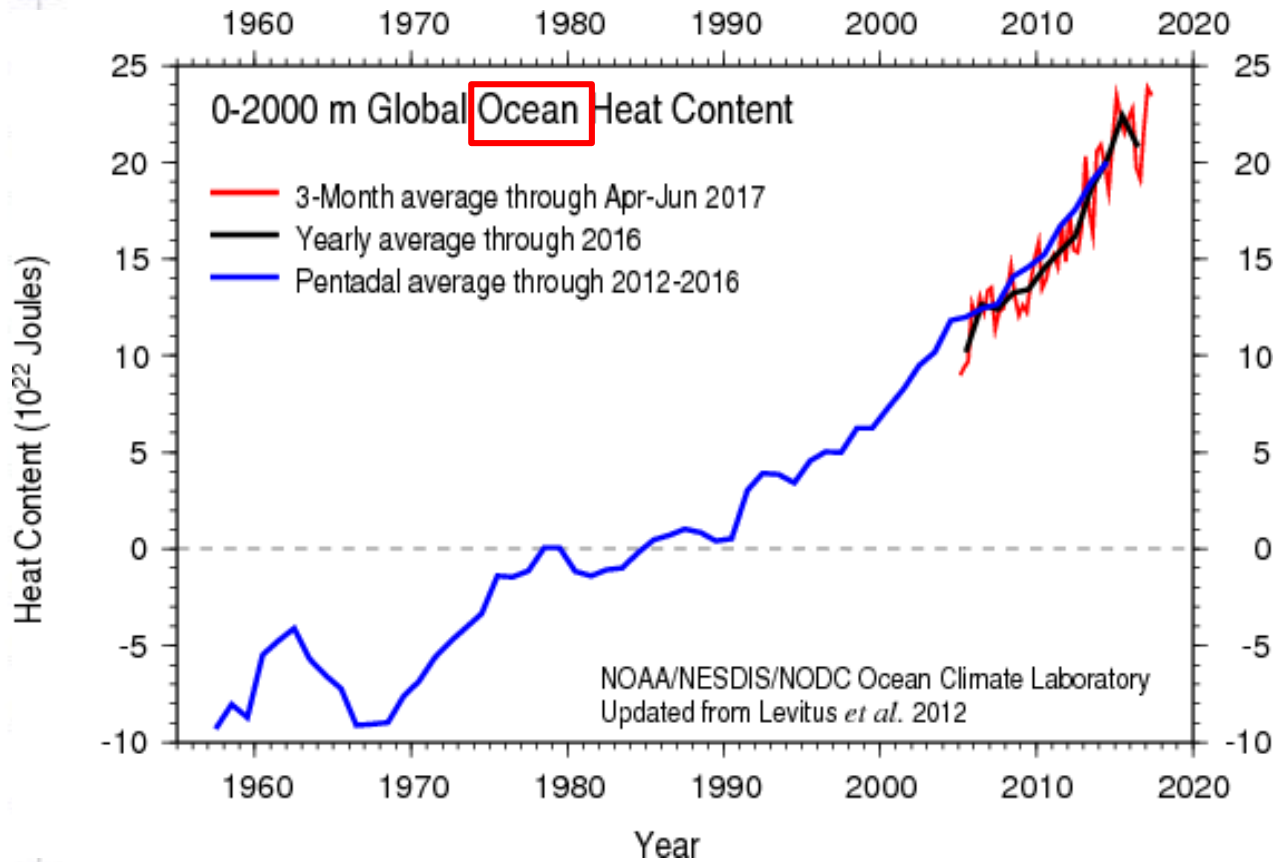
El ciclo del carbono

no es lo mismo: emisión, concentración.

aunque no se perciba, el océano es considerado el sumidero de carbono más grande del planeta



¿Dónde va a parar toda la energía que se está acumulando en el Sistema Climático?



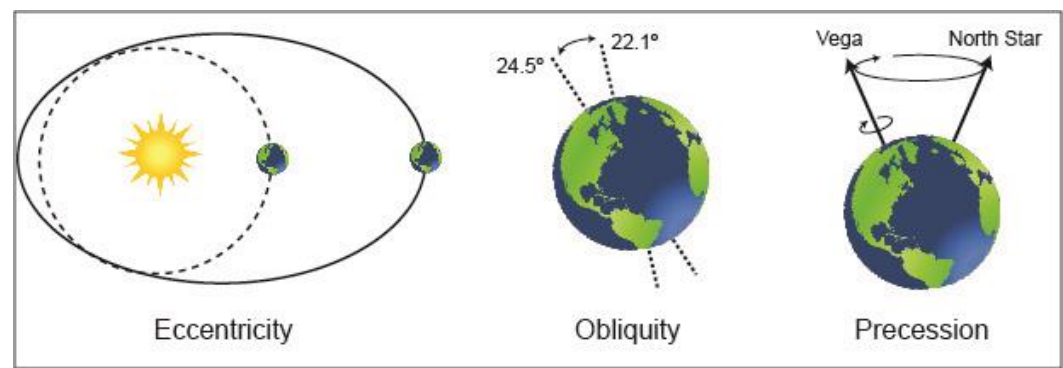
!La energía acumulada en los océanos desde 1960 equivale a 100000000000 bombas atómicas!

Cambios climáticos en el pasado: Causas naturales

EJEMPLO 1 → Movimiento continental



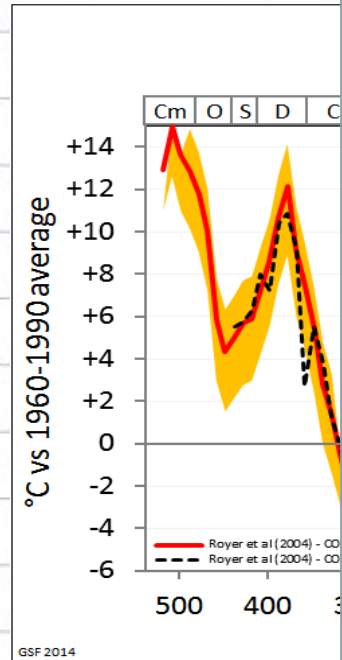
EJEMPLO 2 → Variaciones astronómicas (órbita de la Tierra)



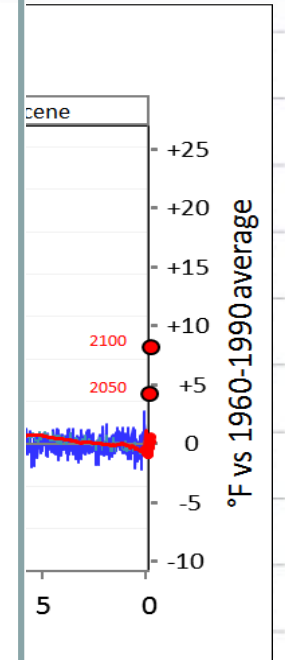
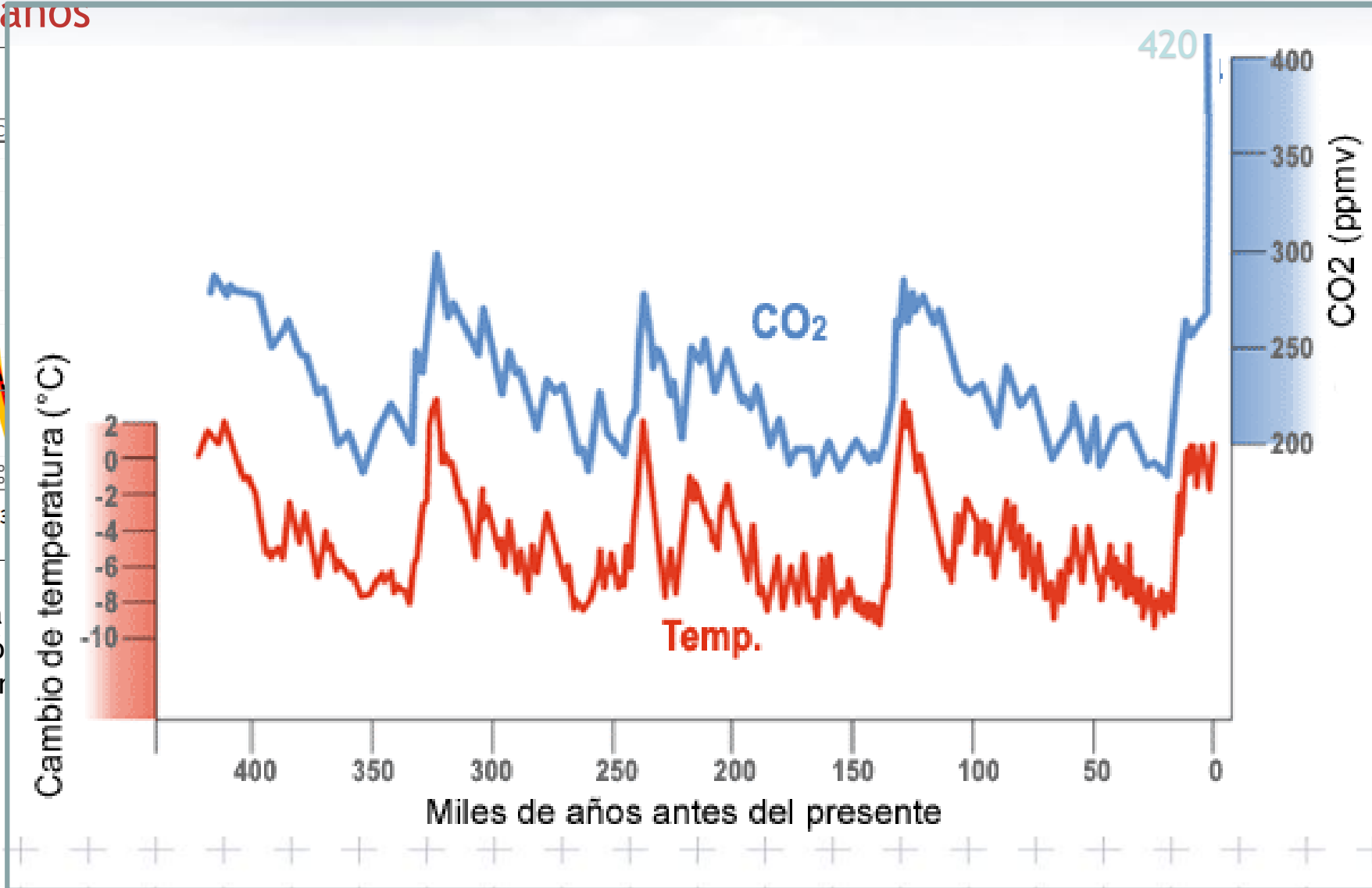
EJEMPLO 3 → Actividad volcánica



Variación esquemática de la temperatura media global de la Tierra en los últimos 500 millones de años

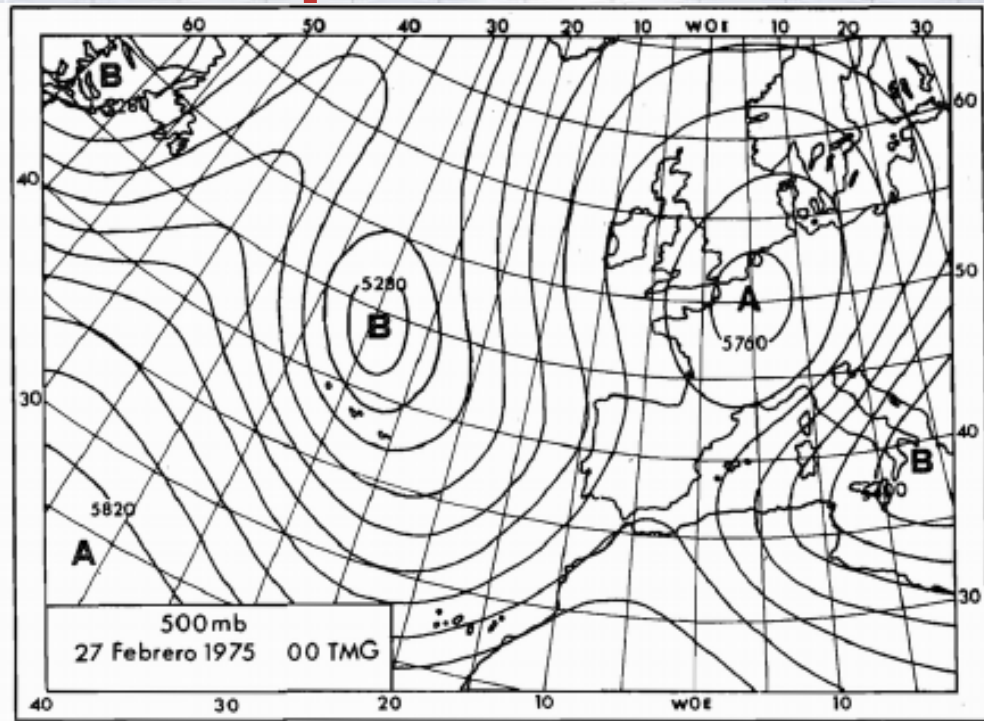


Variación esquemática del cambio de temperatura media global en el periodo 1960-1990. Nótese la gran variabilidad en millones de años (trazado de Royer et al 2015)

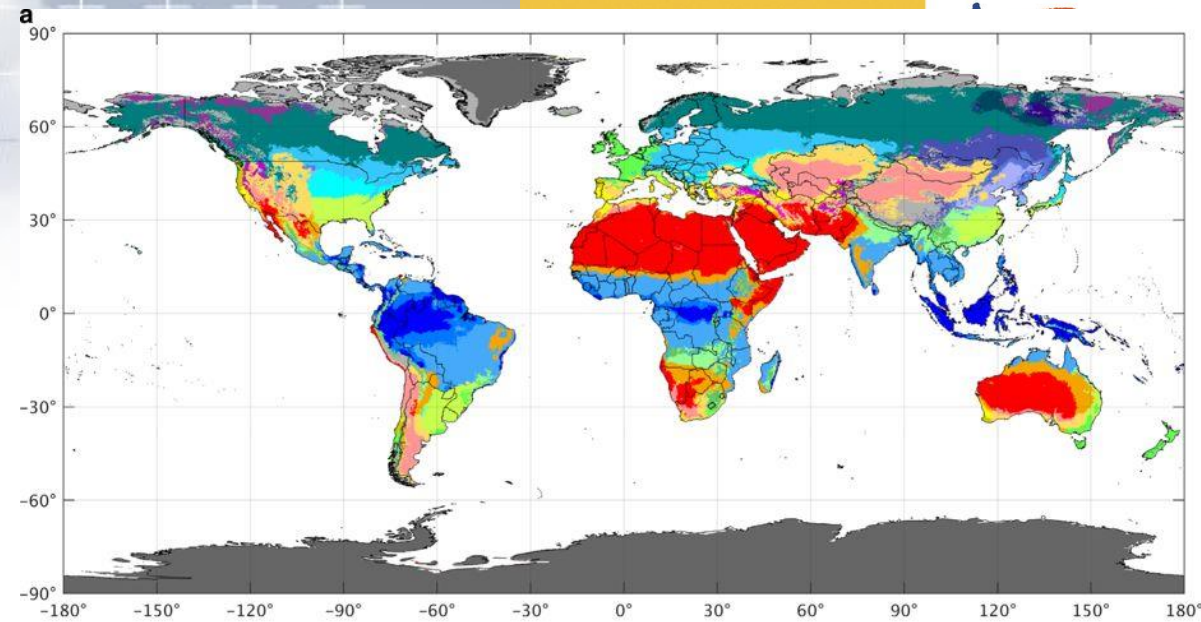


Proyección de la temperatura media global en las unidades del sistema de unidades de la Organización Internacional de Unidades (Glen Fergus)

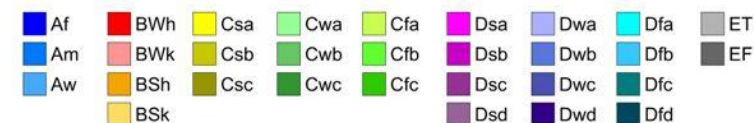
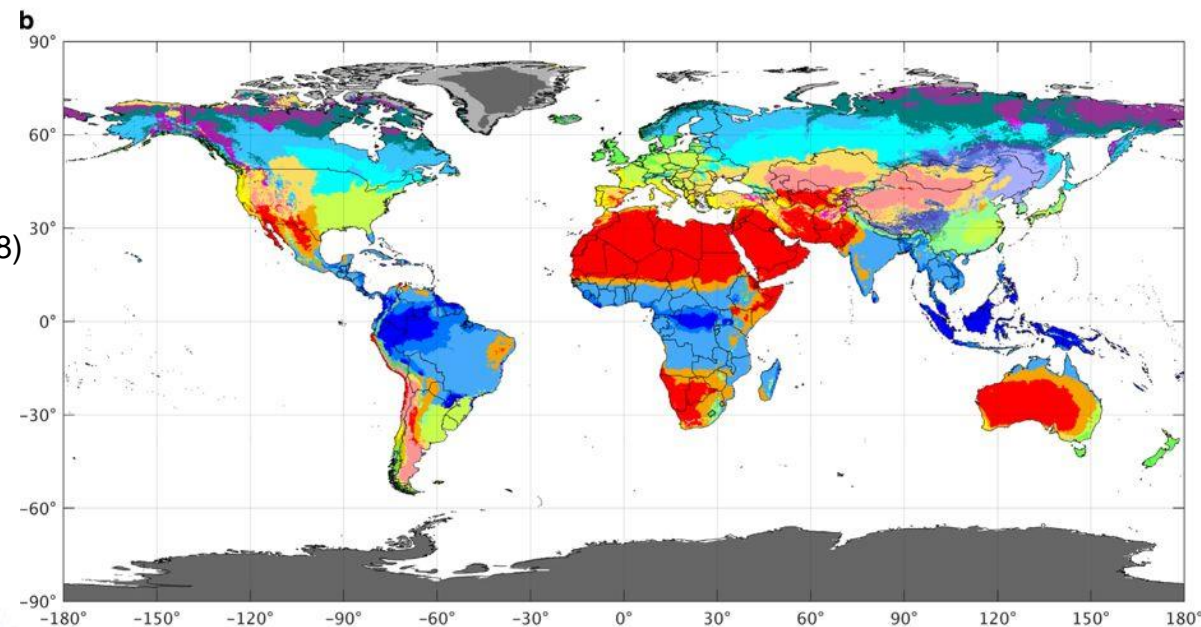
Tiempo versus Clima



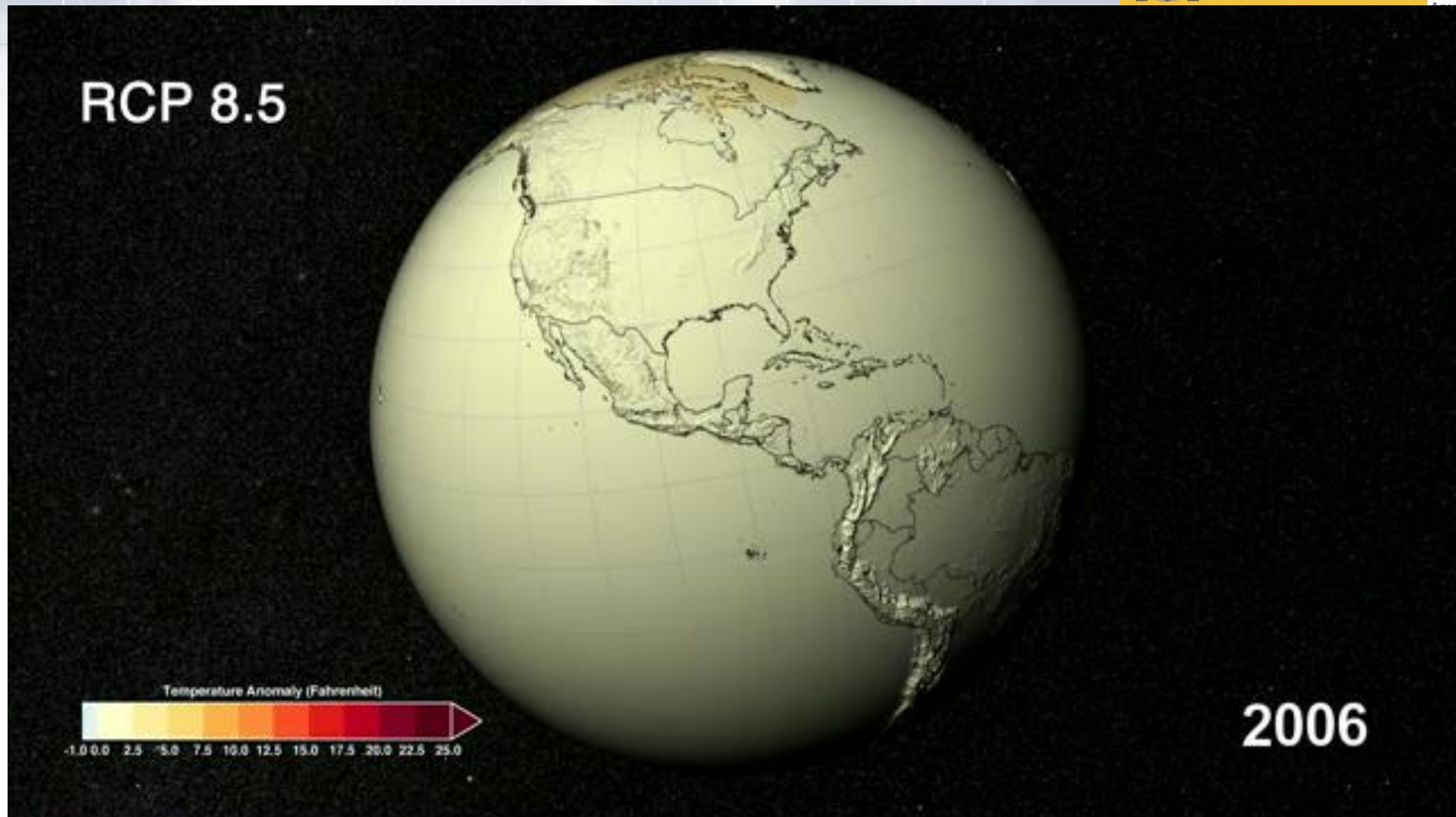
Font (2000)



Beck et al (2018)



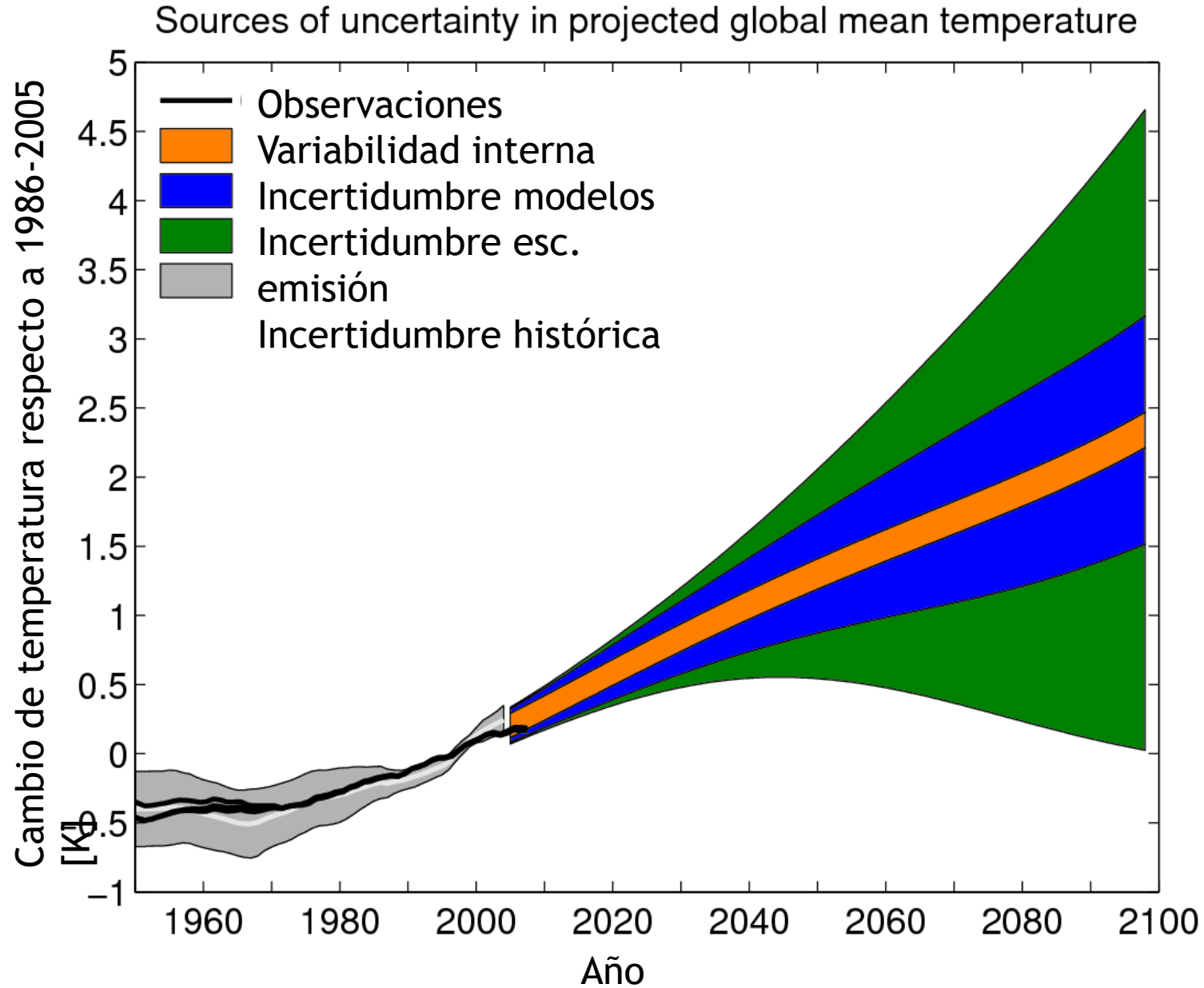
- **Tiempo atmosférico** se refiere al conjunto de las condiciones meteorológicas, en un momento dado y en un lugar concreto.
- En la definición más común, el **clima** se refiere a las “condiciones medias del tiempo” y más concretamente, a la descripción estadística en términos cuantitativos de la media y de la variabilidad de las magnitudes relevantes relativas a periodos de tiempo suficientemente largos.



El modelo atmosférico IFS del ECMWF tiene aproximadamente 1600000 líneas de código

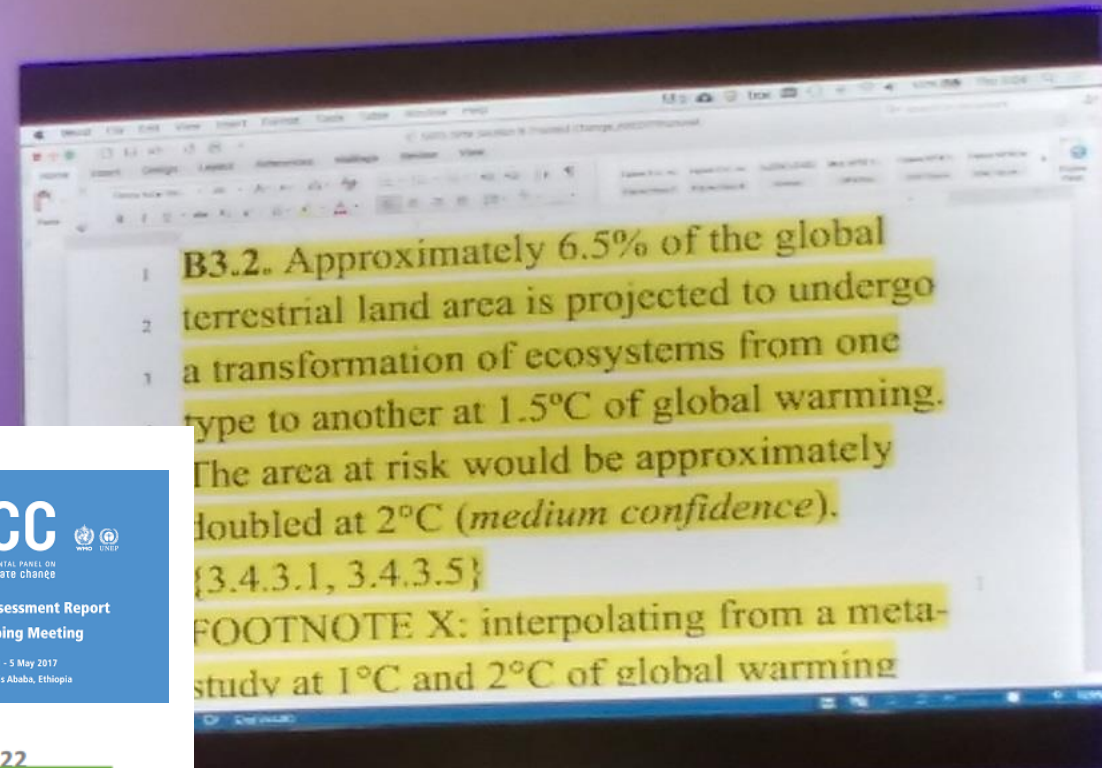


Fuentes de incertidumbre en la proyección de temperatura global

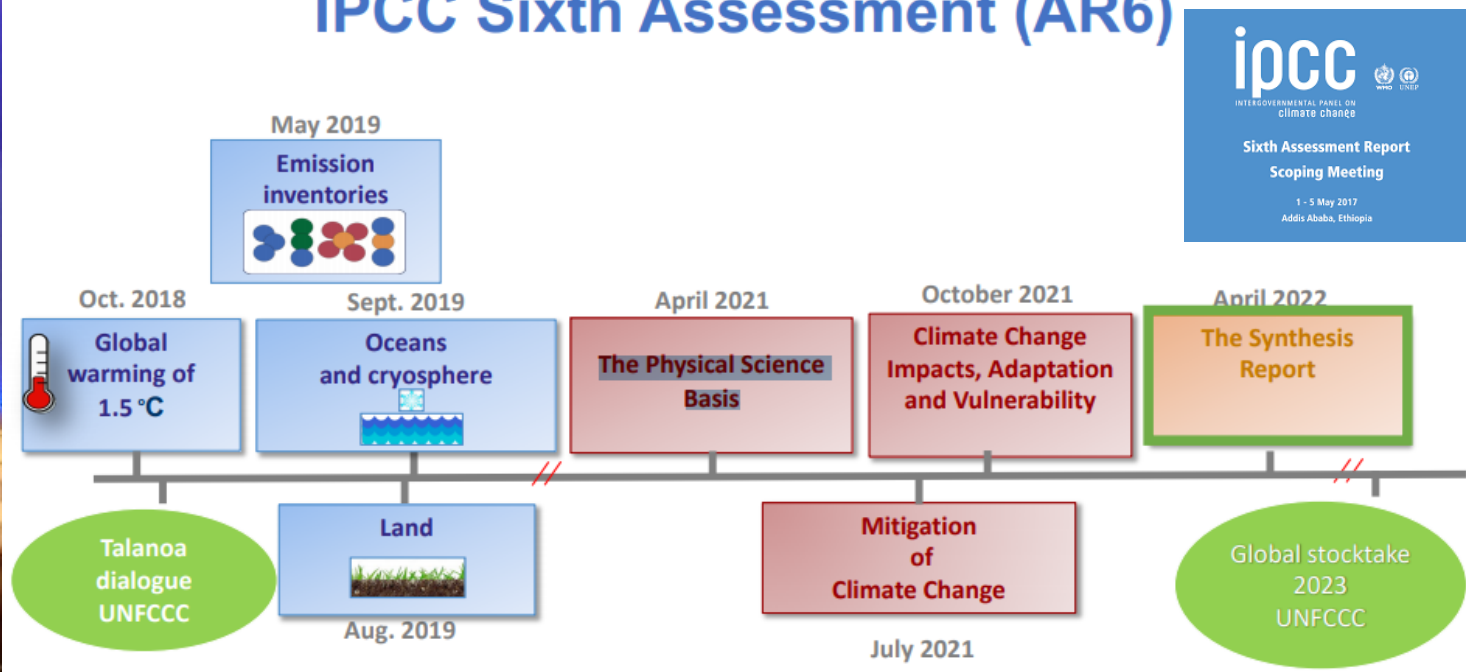


Bases físicas: Informes del IPCC

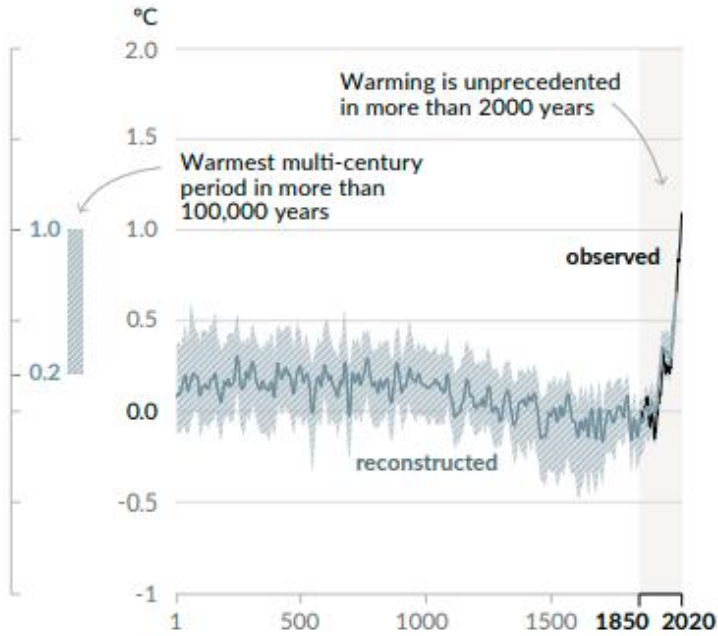
El resumen para políticos de los informes del IPCC se aprueban en plenario línea por línea



IPCC Sixth Assessment (AR6)

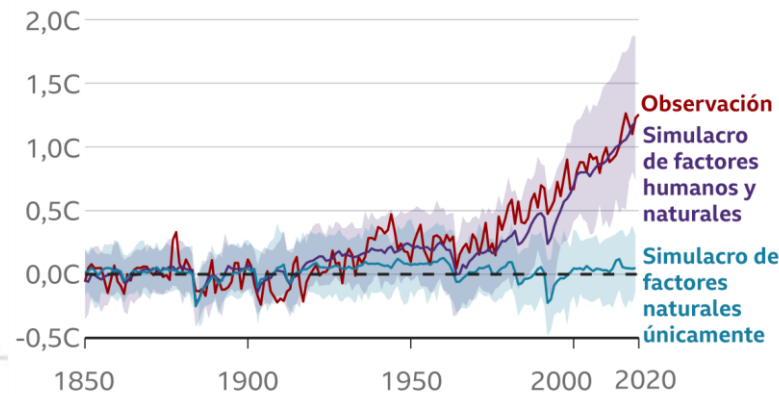


a) Change in global surface temperature (decadal average) as reconstructed (1-2000) and observed (1850-2020)



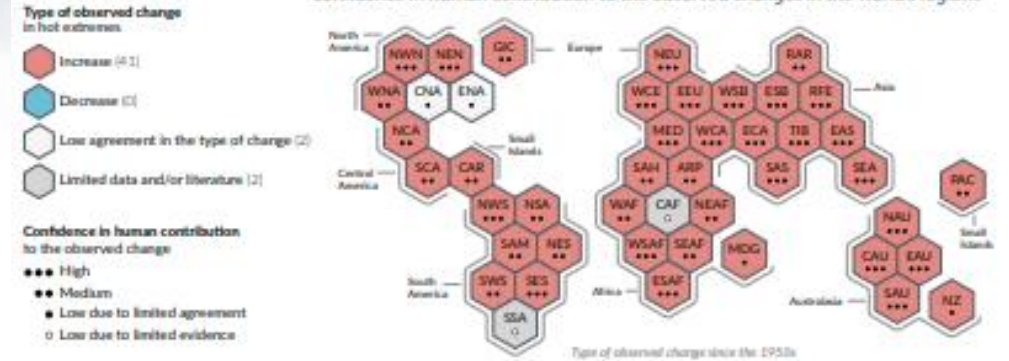
La influencia humana ha calentado el clima

Cambio del promedio de la temperatura global relativo a 1850-1900, indicando las temperaturas observadas y simulacros de computadora

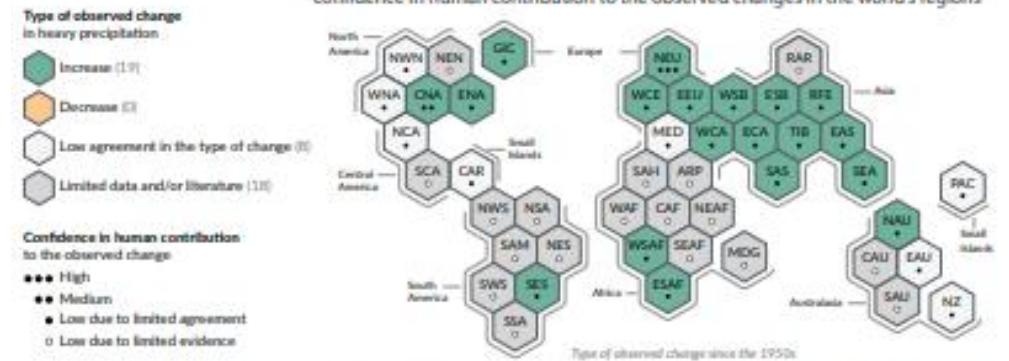


Nota: Las áreas sombreadas indican la gama posible de escenarios simulados

a) Synthesis of assessment of observed change in hot extremes and confidence in human contribution to the observed changes in the world's regions



b) Synthesis of assessment of observed change in heavy precipitation and confidence in human contribution to the observed changes in the world's regions

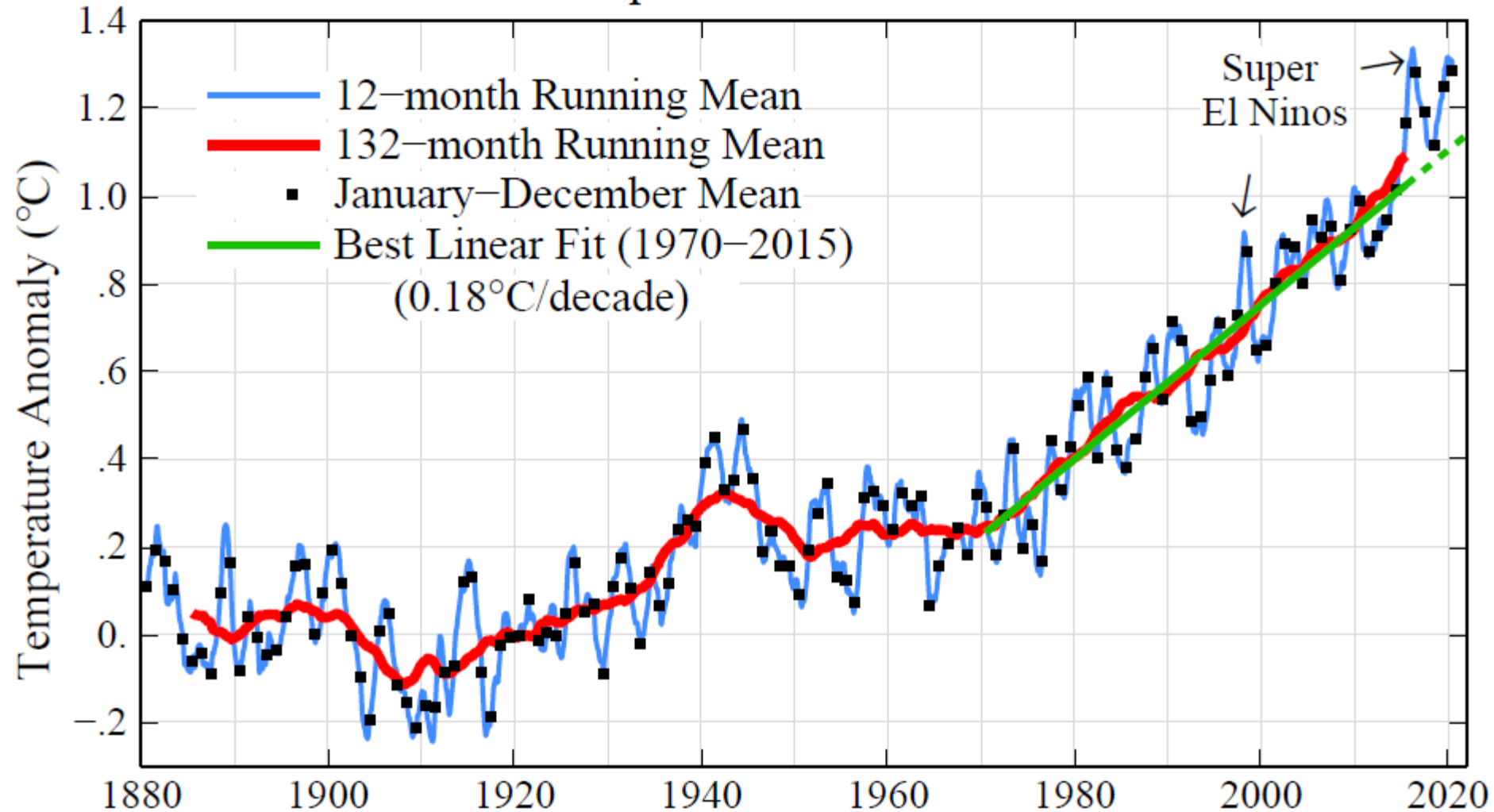


c) Synthesis of assessment of observed change in agricultural and ecological drought and confidence in human contribution to the observed changes in the world's regions



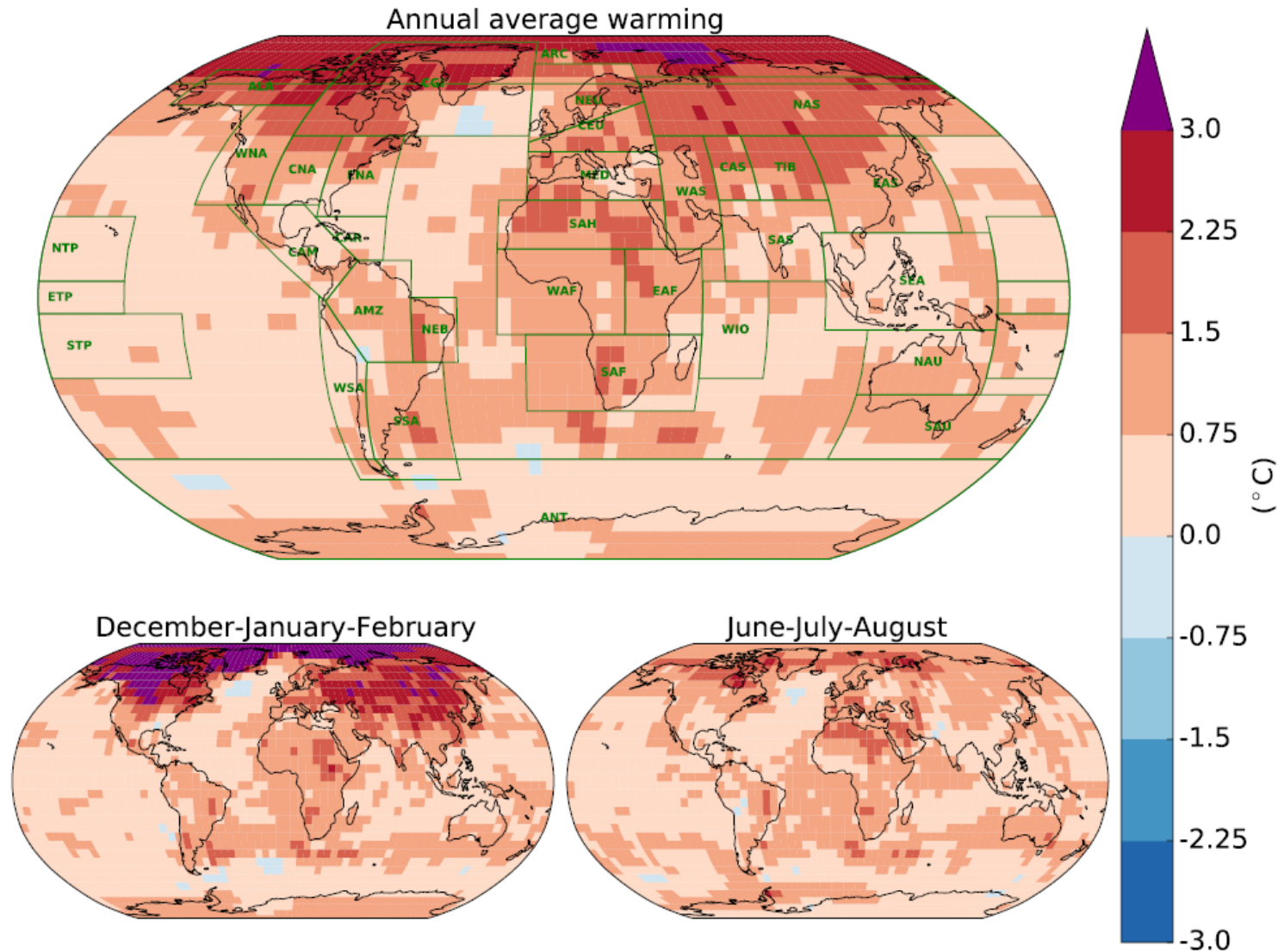
Actualización del NASA GISS (Goddard Institute for Space Studies) 2020 el año más cálido junto a 2016

Global Surface Temperature Relative to 1880–1920 Mean



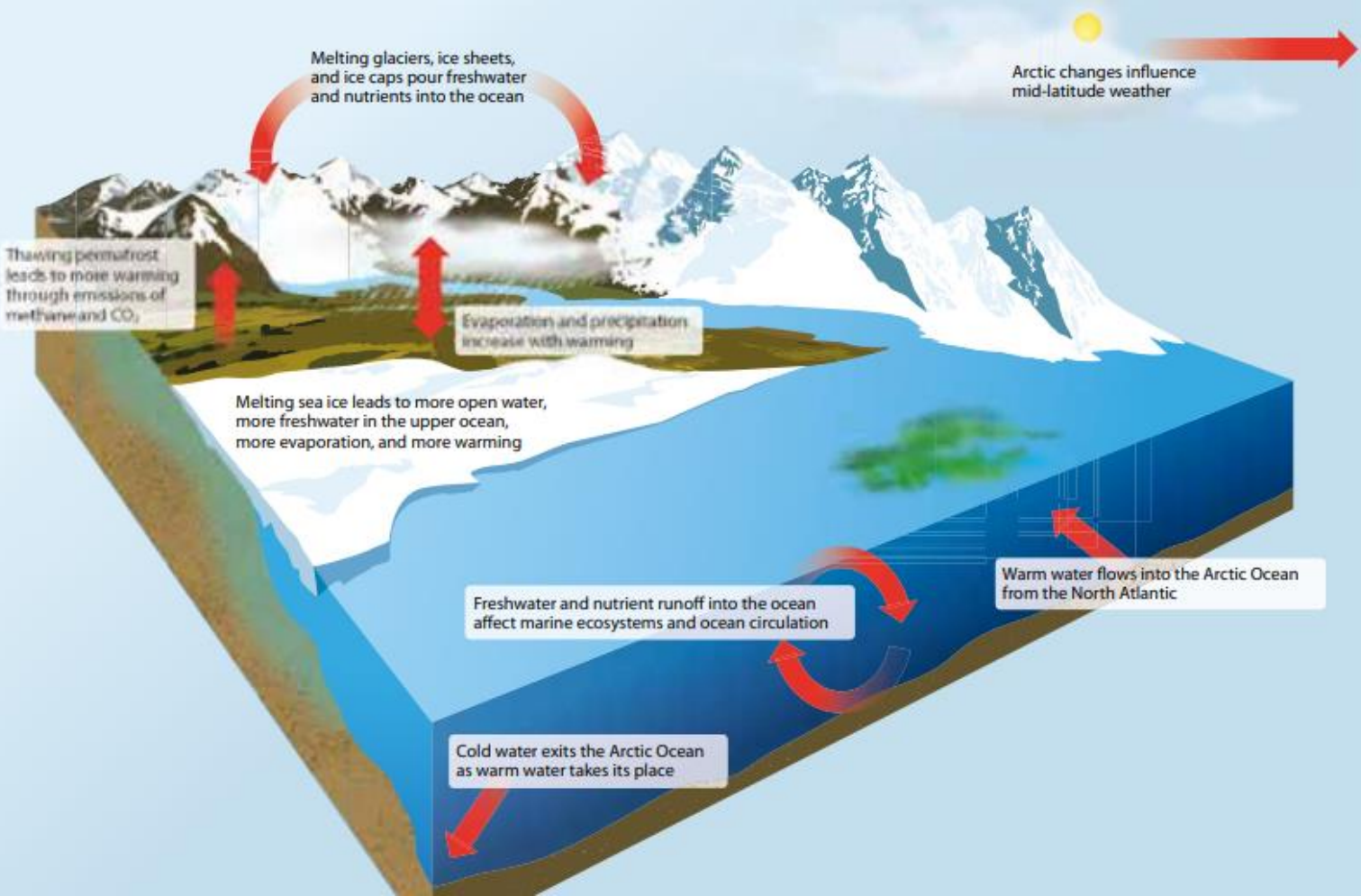
El calentamiento no es uniforme ni espacial ni estacionalmente.

Regional warming in the decade 2006-2015 relative to preindustrial



El Ártico, ¿por qué es tan crítico lo que ya está pasando allí?

Key Interactions Between Cryosphere and Hydrosphere



El hielo está respondiendo muy rápido (esta respuesta ya la predicen los modelos aunque probablemente está siendo incluso más rápida)

Grandes alteraciones y retroalimentaciones en las componentes:

Hielo marino

Hielo continental (Groenlandia)

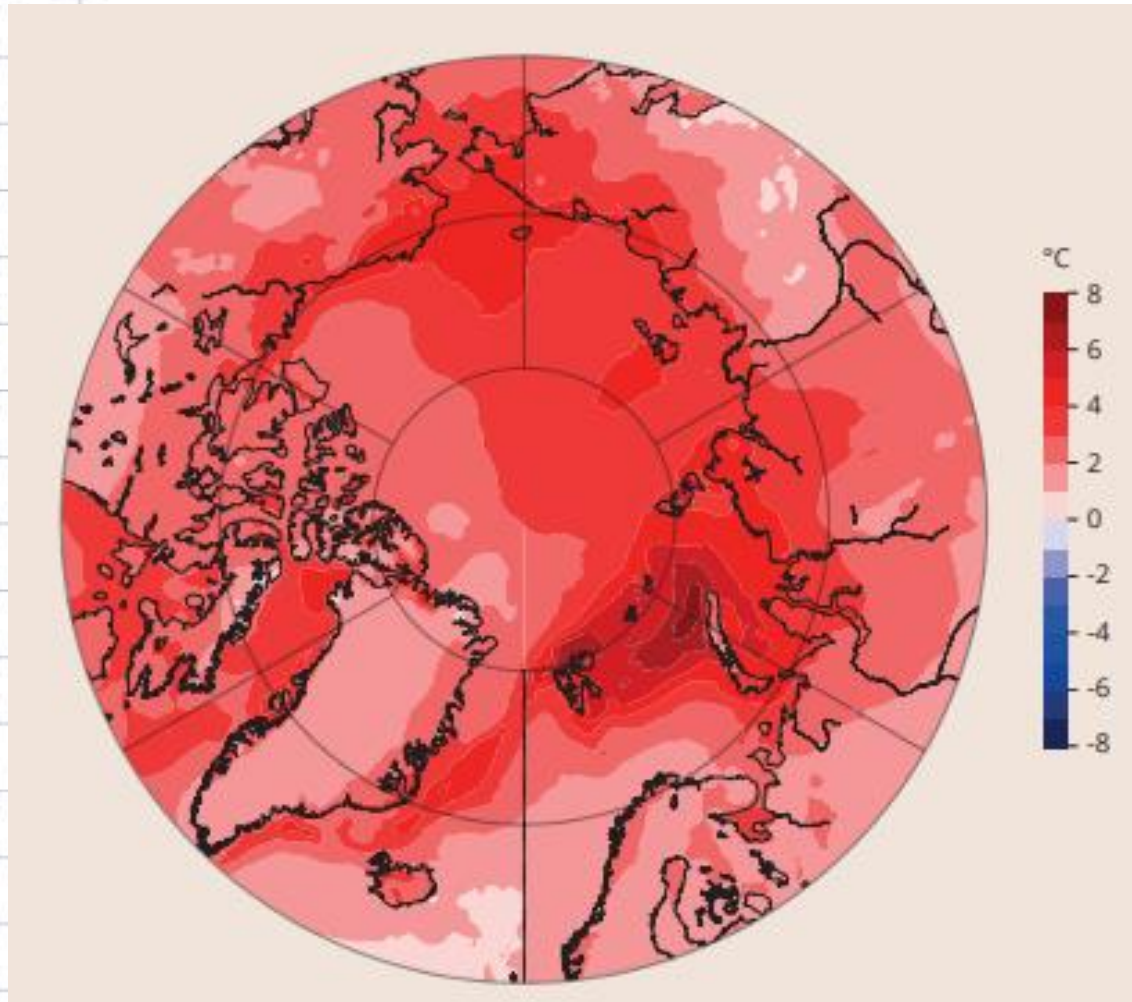
Permafrost

Precipitación, cobertura nivosa estacional y agua dulce

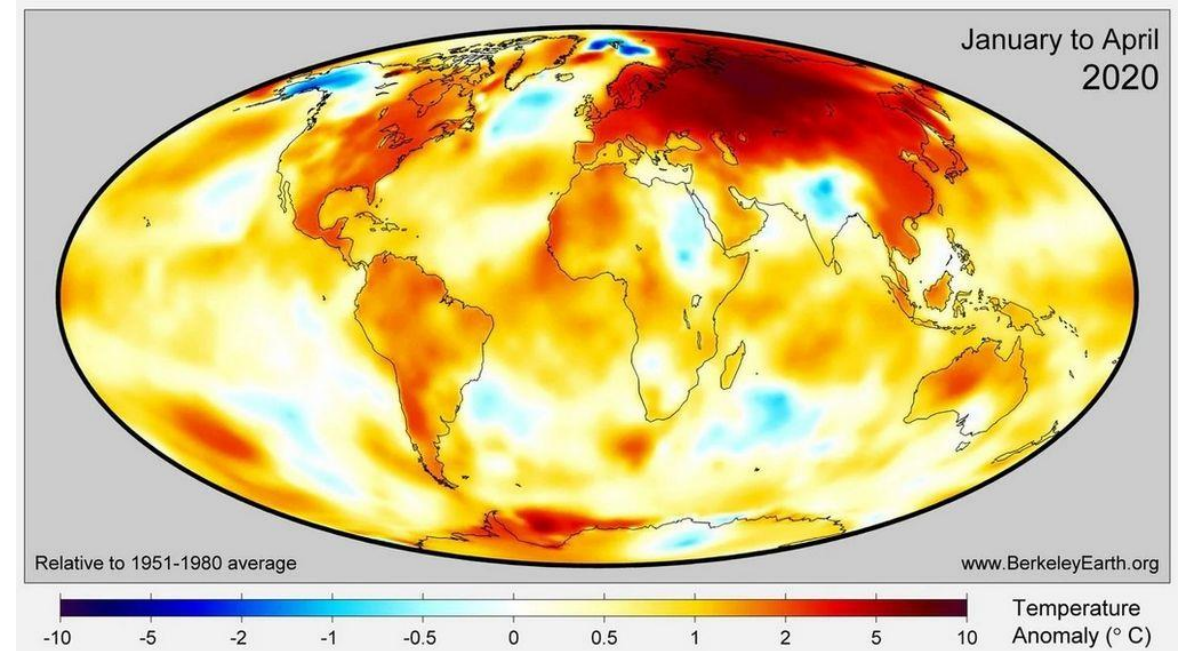
Corrientes marinas

Incendios y fenómenos extremos

Ártico: ¿Por qué es tan crítico lo que sucede ahí? El calentamiento en los últimos 50 años es tres veces superior al del resto del planeta



Fuente: Arctic Climate Change Update 2021, AMAP,



Excepcional periodo de calor en Siberia entre
enero y mayo de 2020

1928

2002

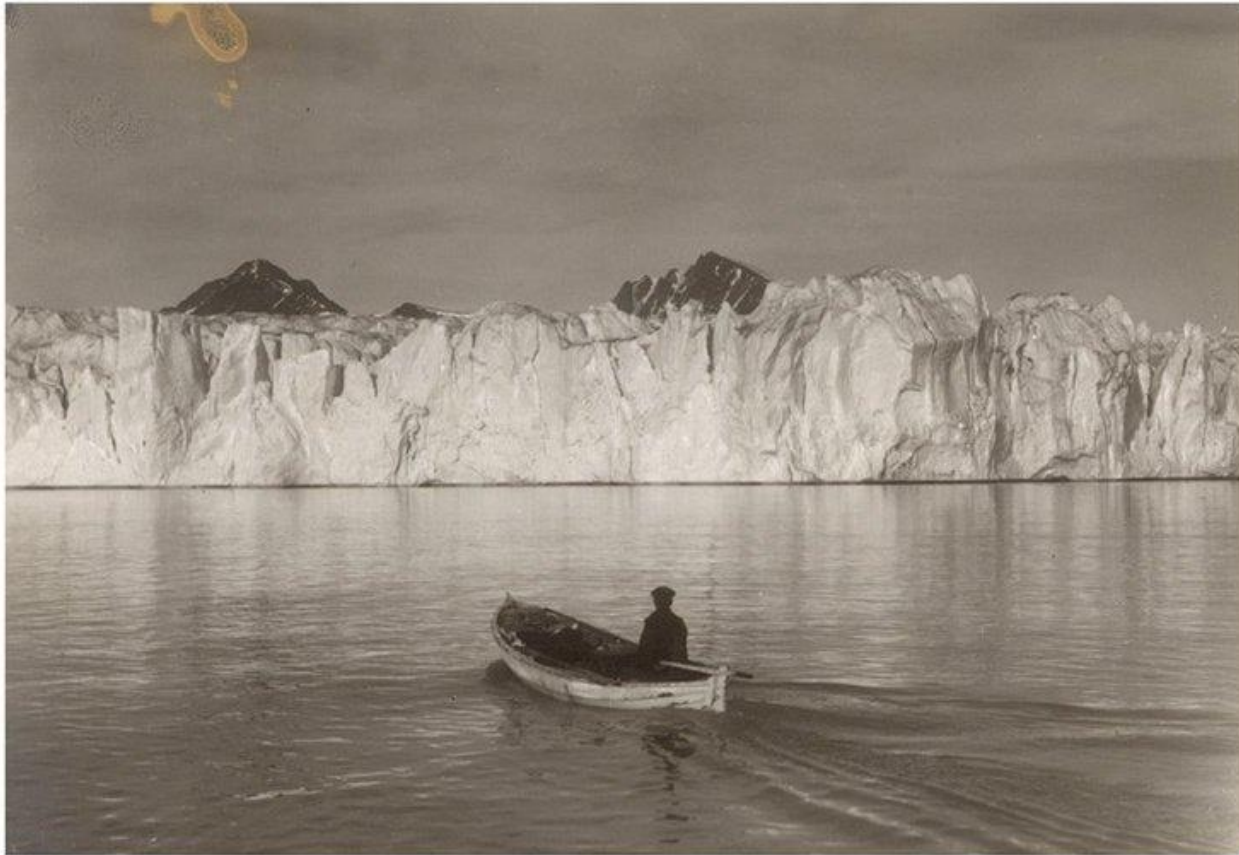
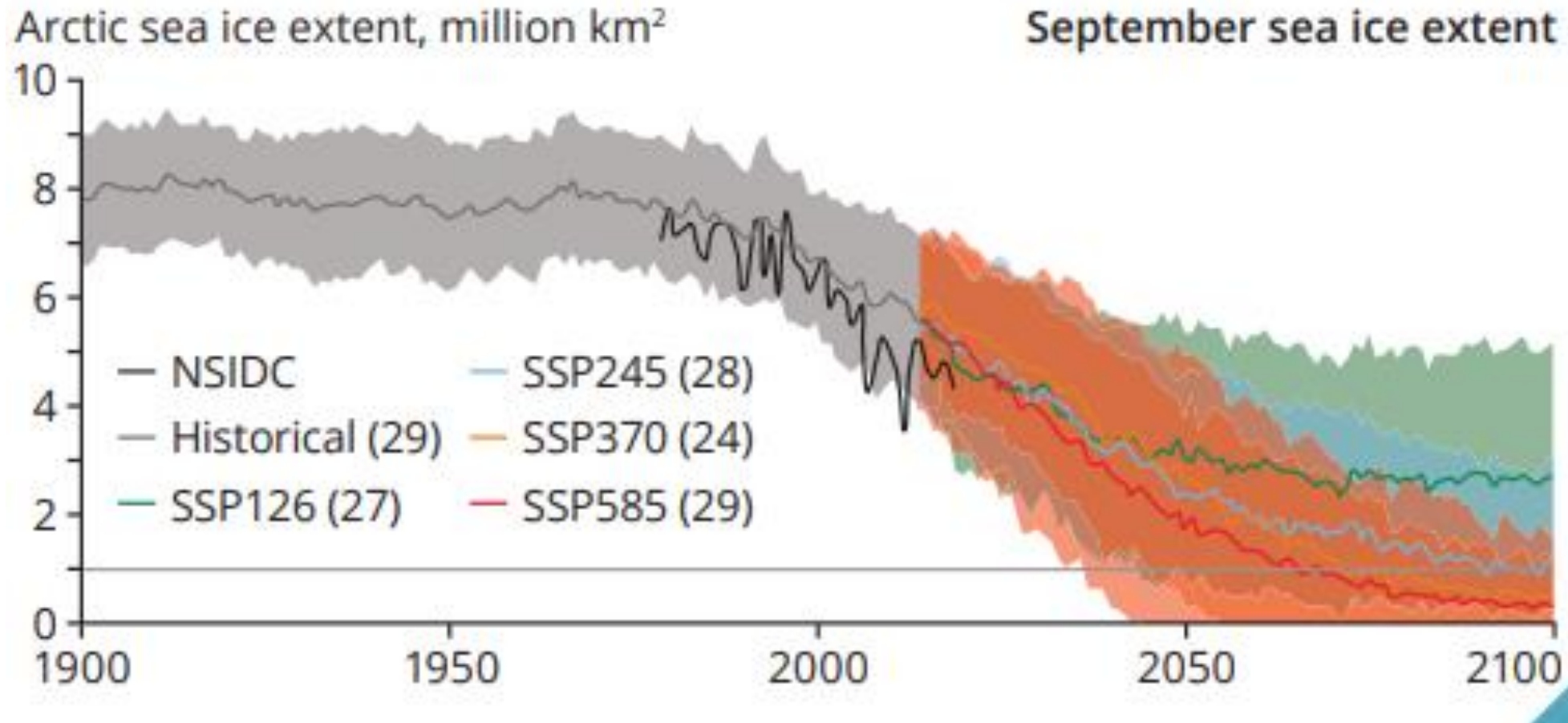


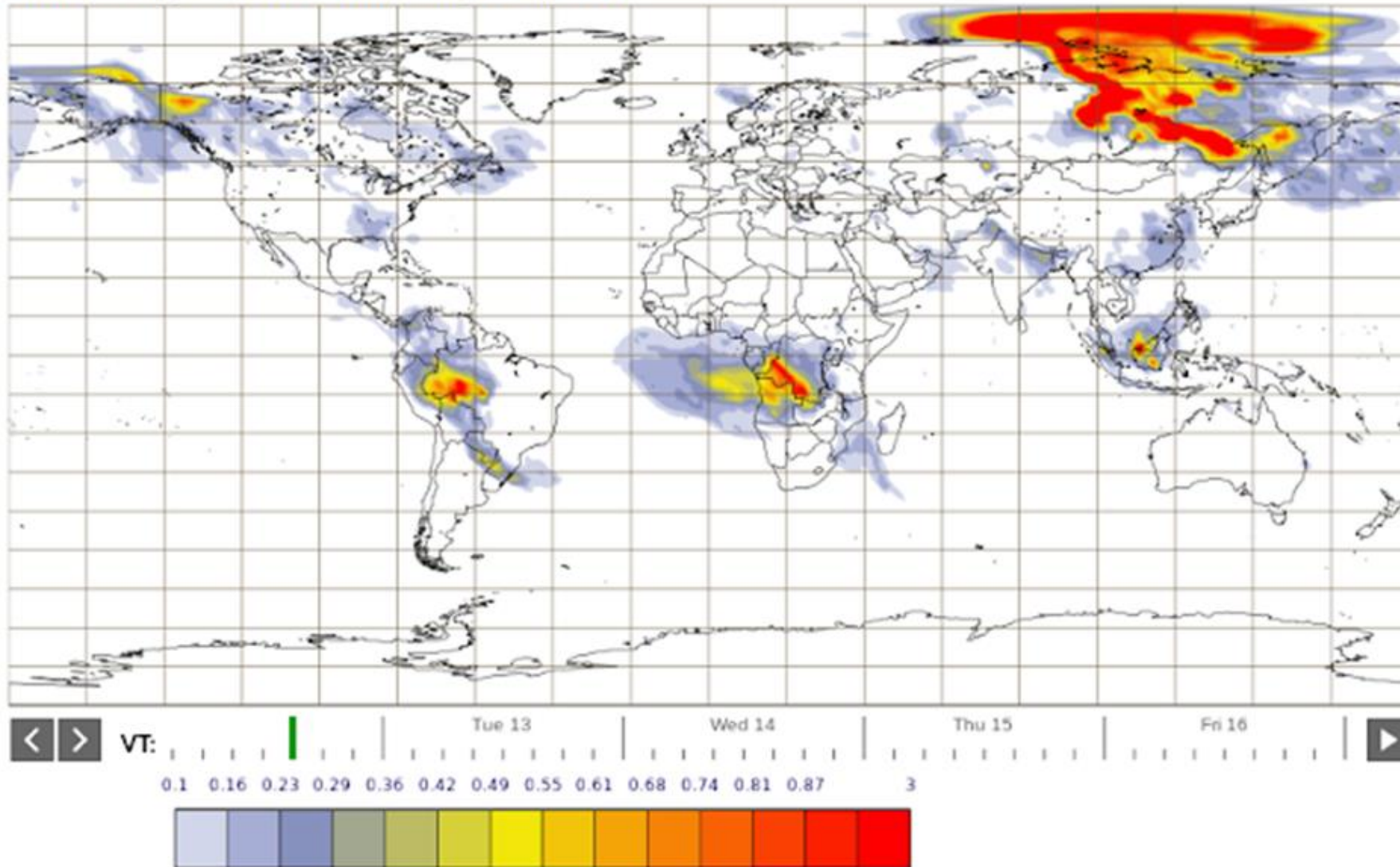
Image courtesy of Norwegian Polar Institute. Color image Christian Aslund

En pocas décadas podemos tener un Ártico sin hielo marino en el mínimo estival

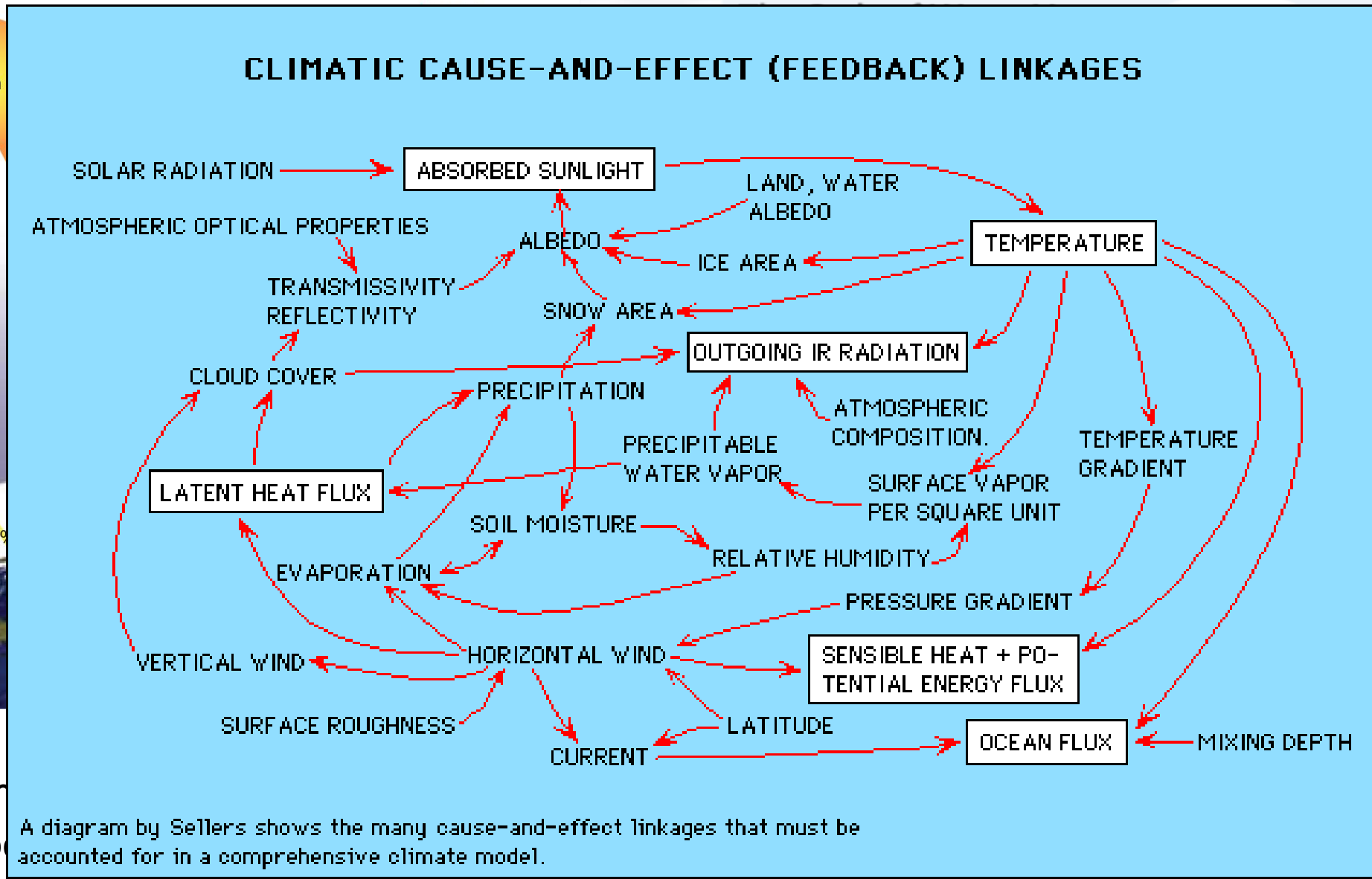


Aumento de la superficie quemada por incendios forestales

Biomass burning aerosol optical depth at 550 nm (provided by CAMS, the Copernicus Atmosphere Monitoring Service)
Monday 12 Aug, 00 UTC T+15 Valid: Monday 12 Aug, 15 UTC



Retroalimentaciones, ¿pueden explicar en parte la amplificación del Ártico?

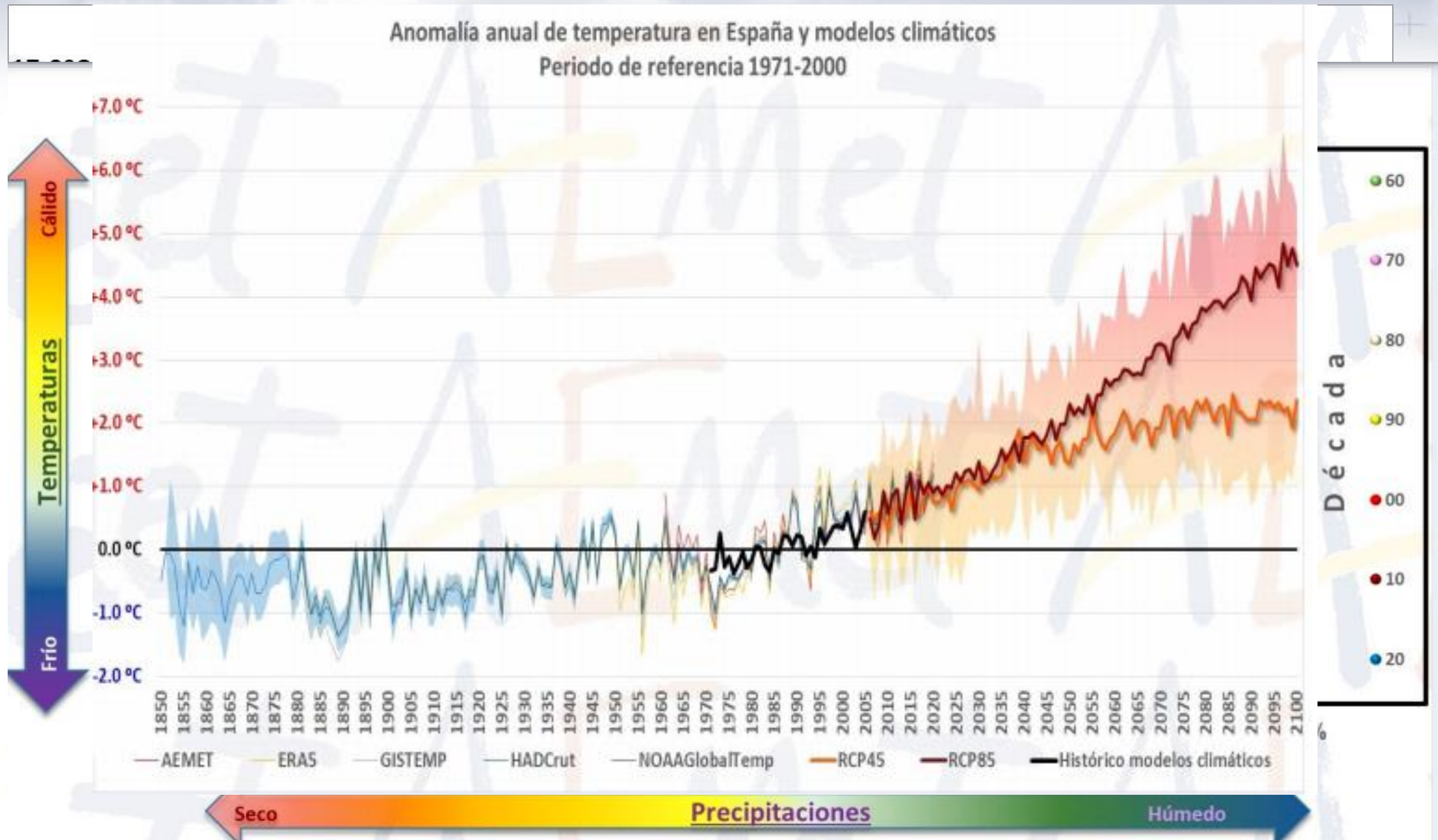


Retroalimentación hielo – p...

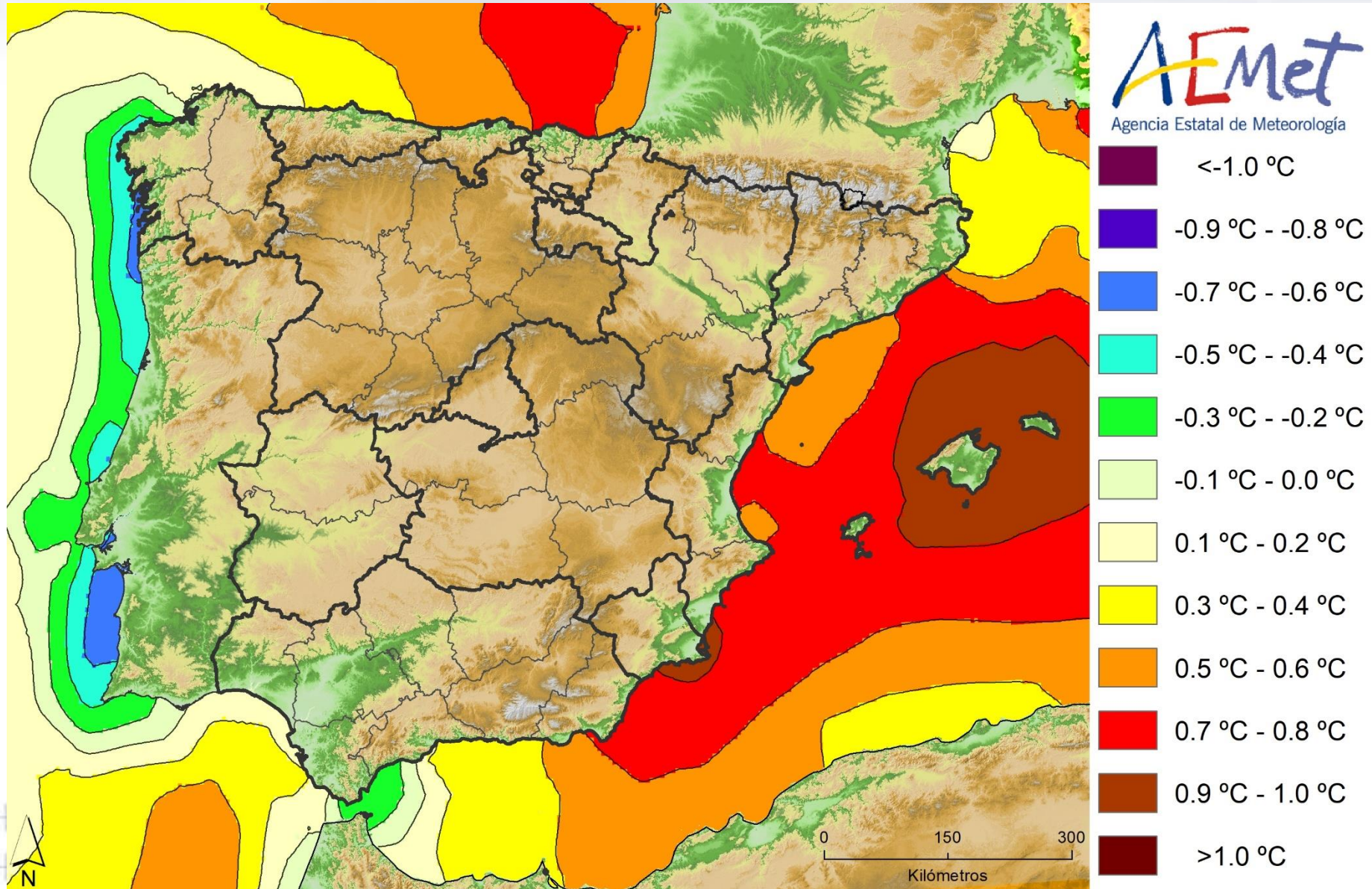
A diagram by Sellers shows the many cause-and-effect linkages that must be accounted for in a comprehensive climate model.

evaporación to

El cambio climático a nivel regional (estatal/autonómico)

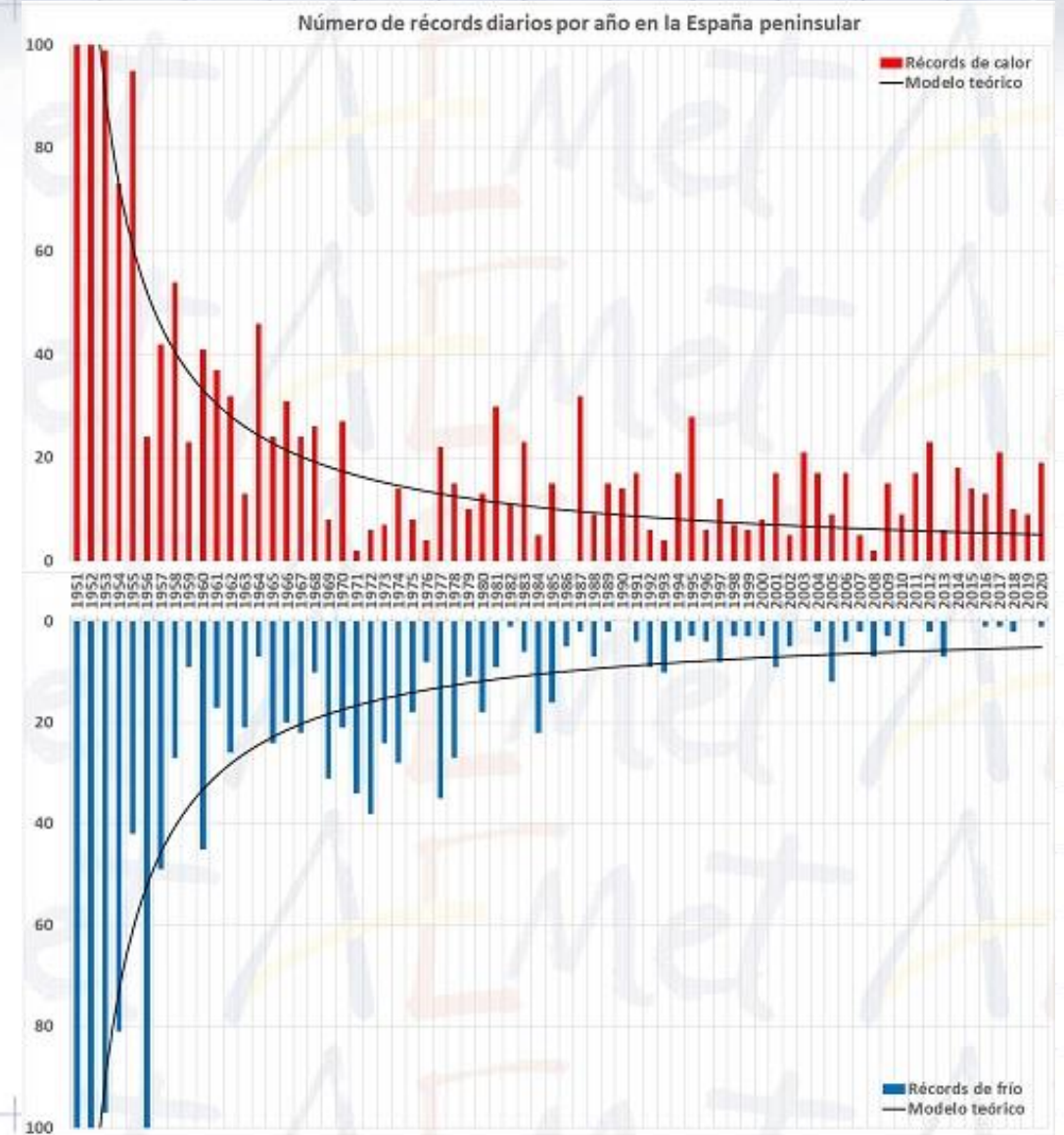
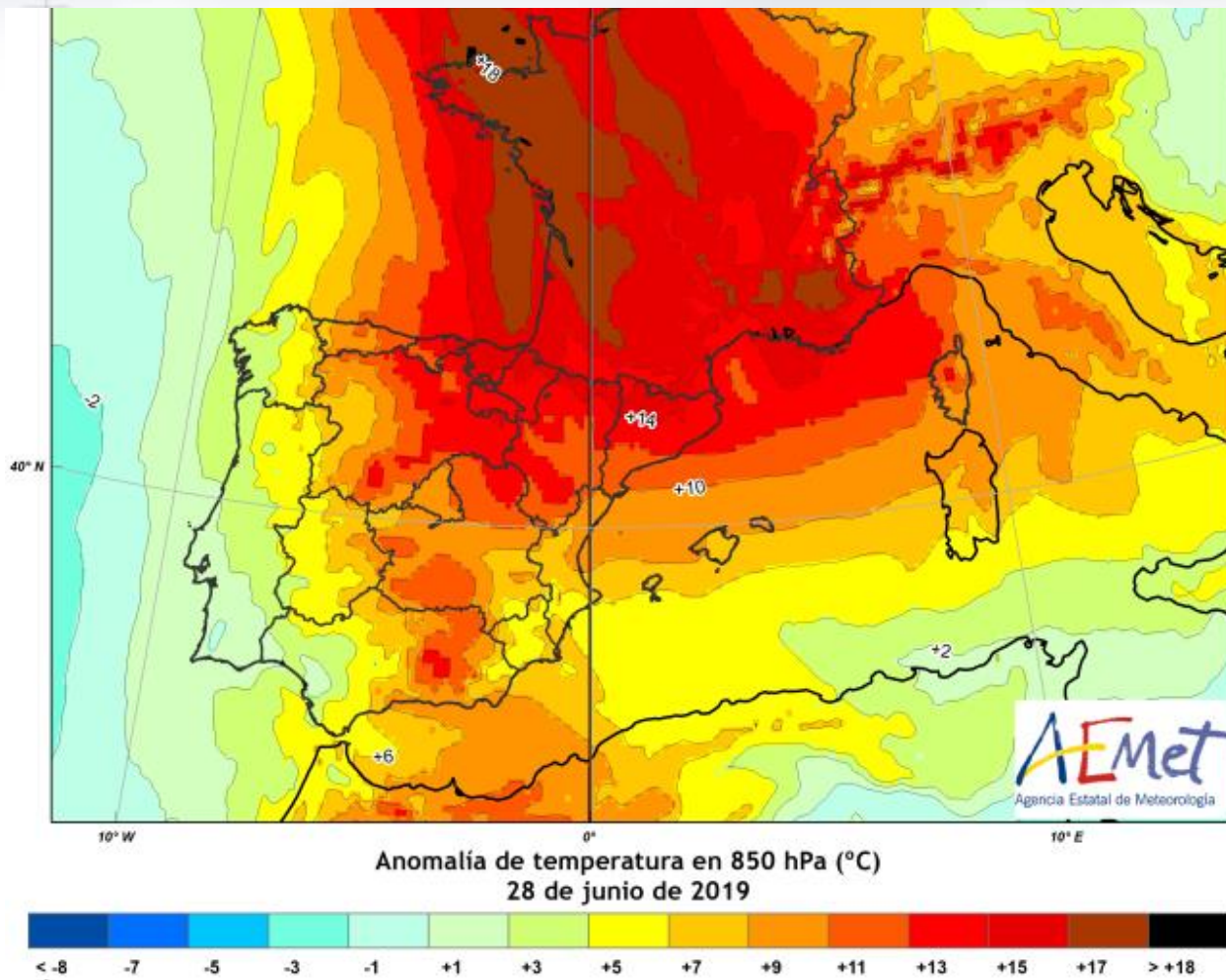


Anomalía de temperatura superficial del mar (Quinquenio 2014-2018 respecto al promedio normal 1981-2010)



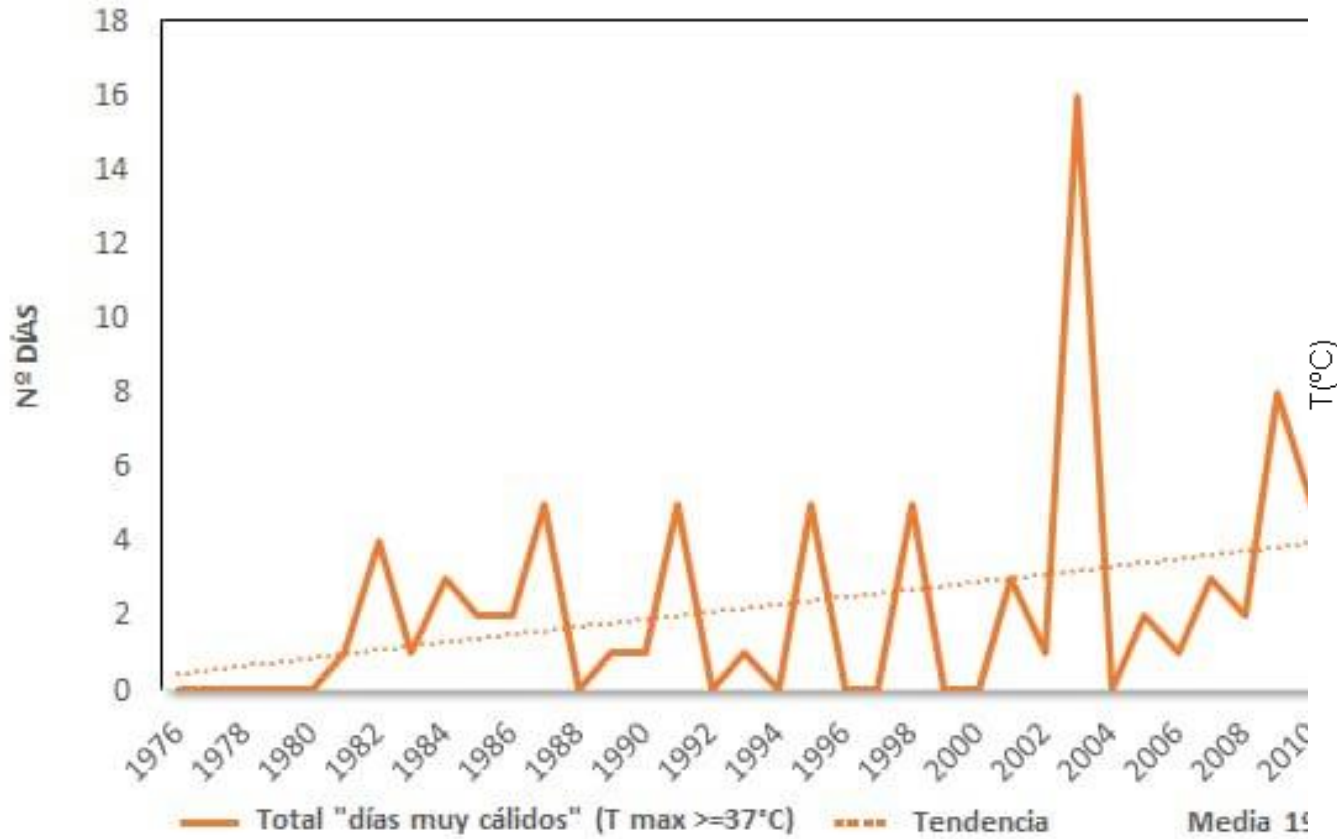
Fuente: AEMET, Informe Estado Clima 2020

A nivel estatal: también aumento fenómenos extremos

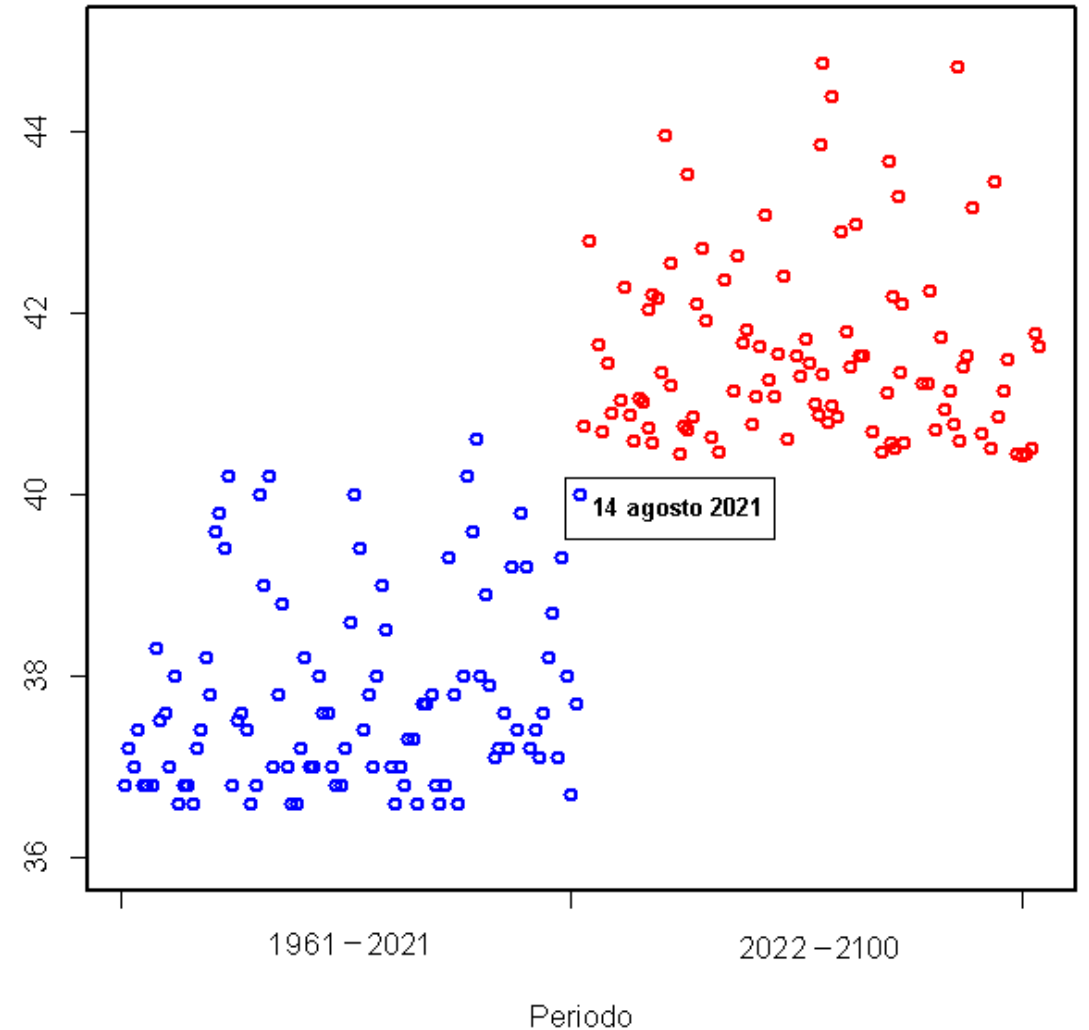


Evolución histórica de temperaturas máximas en el aeropuerto de Noain para el trimestre junio-agosto

Pamplona-Aeropuerto (1975-2019)

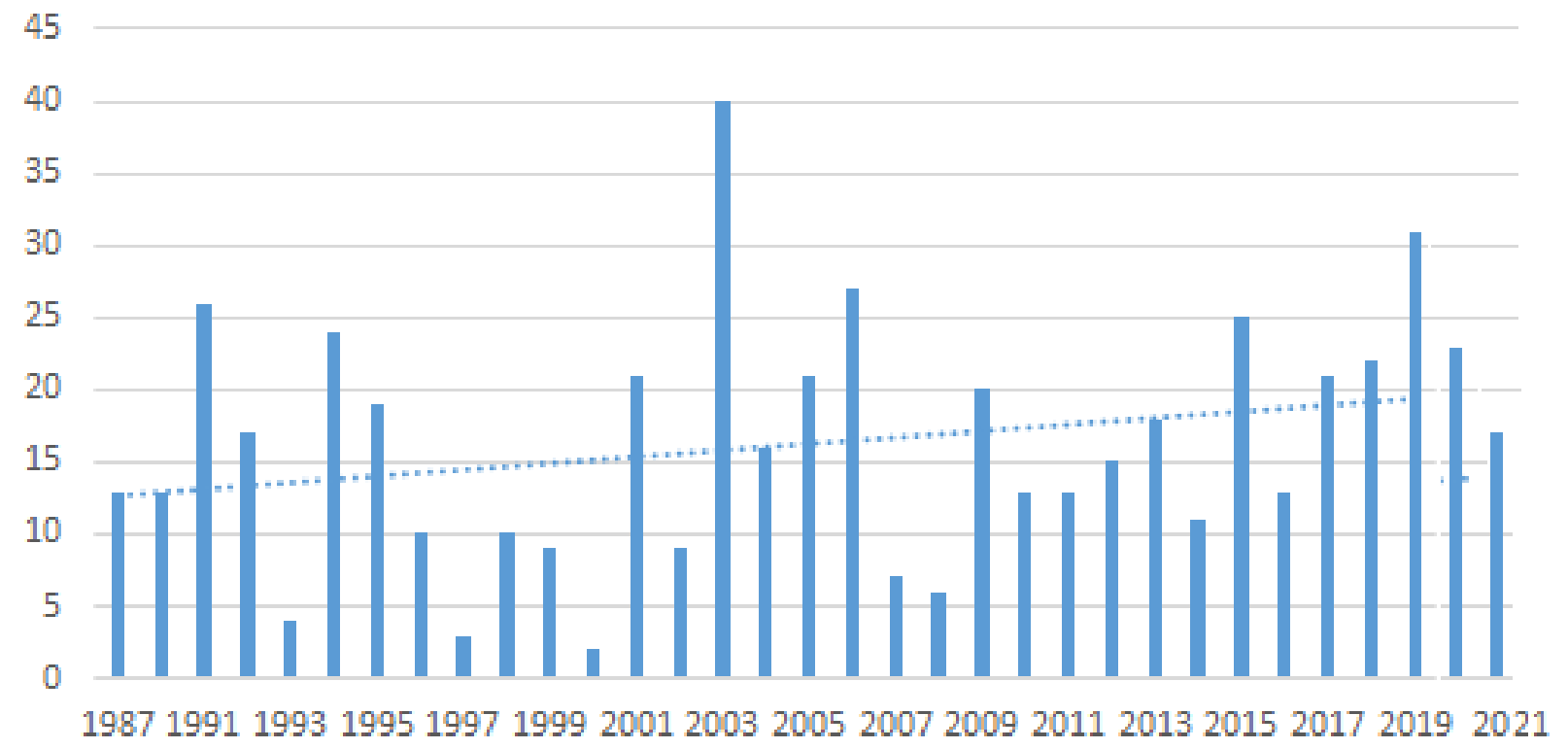


100 días más cálidos en Pamplona-ciudad
Observado (azul) vs Proyectado (2022-2100)



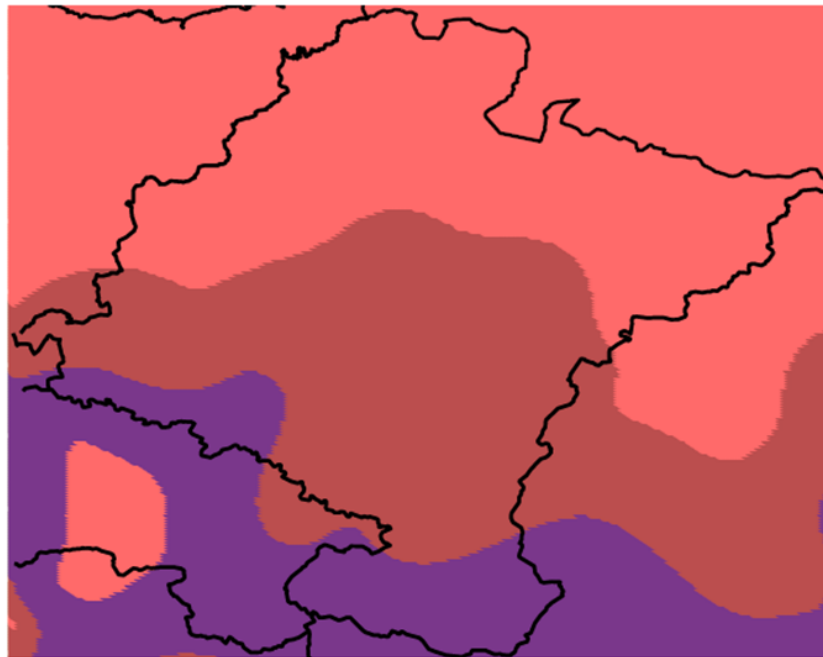
A nivel local: en Tudela

Número de noches Tropicales Tudela

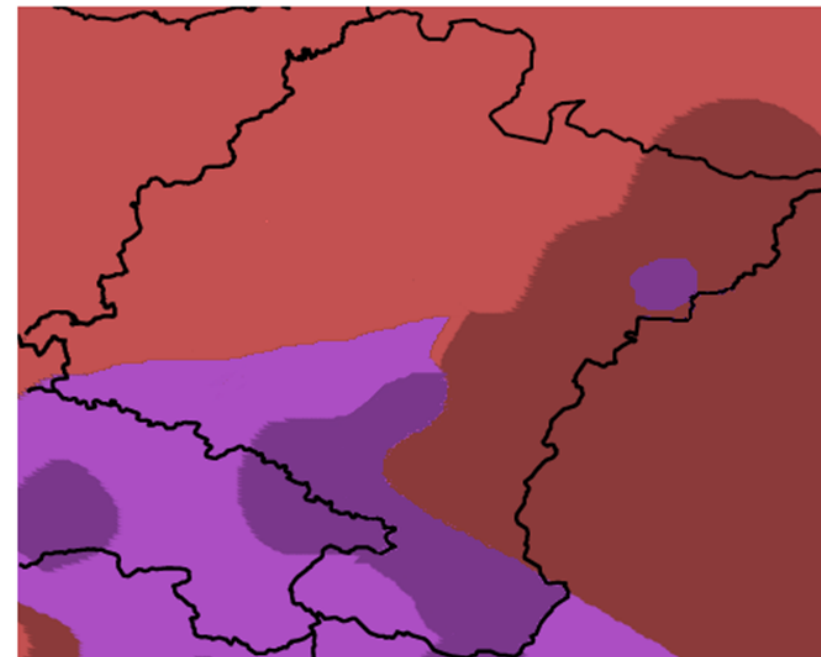


A nivel autonómico: detectamos también cambios en la distribución de lluvias

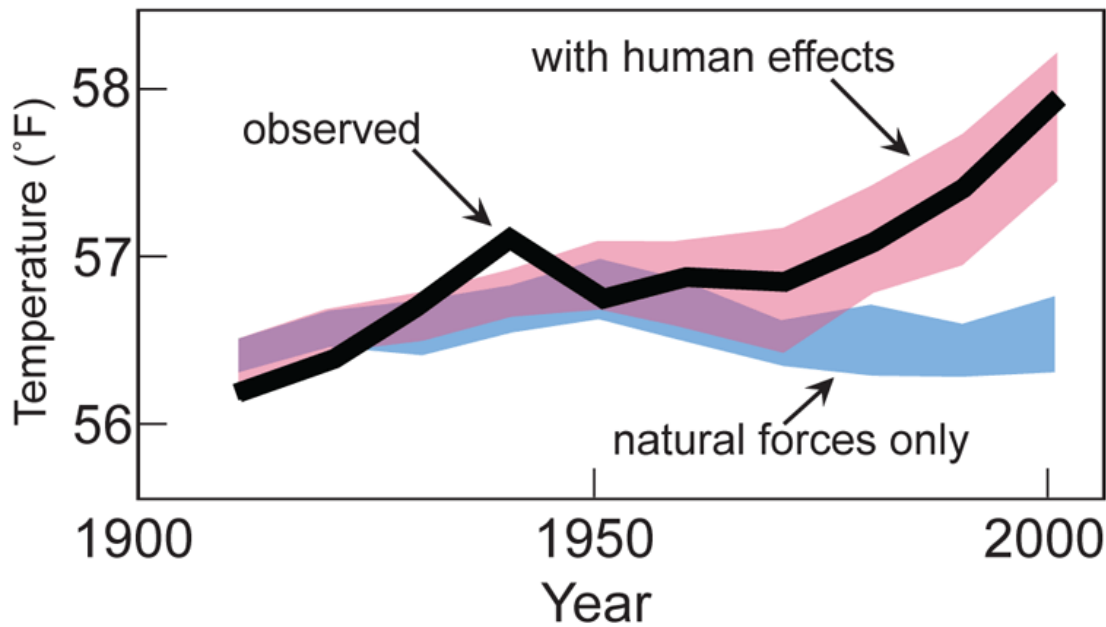
Mes más húmedo en el periodo 1954-1973



Mes más húmedo en el periodo 1977-2016

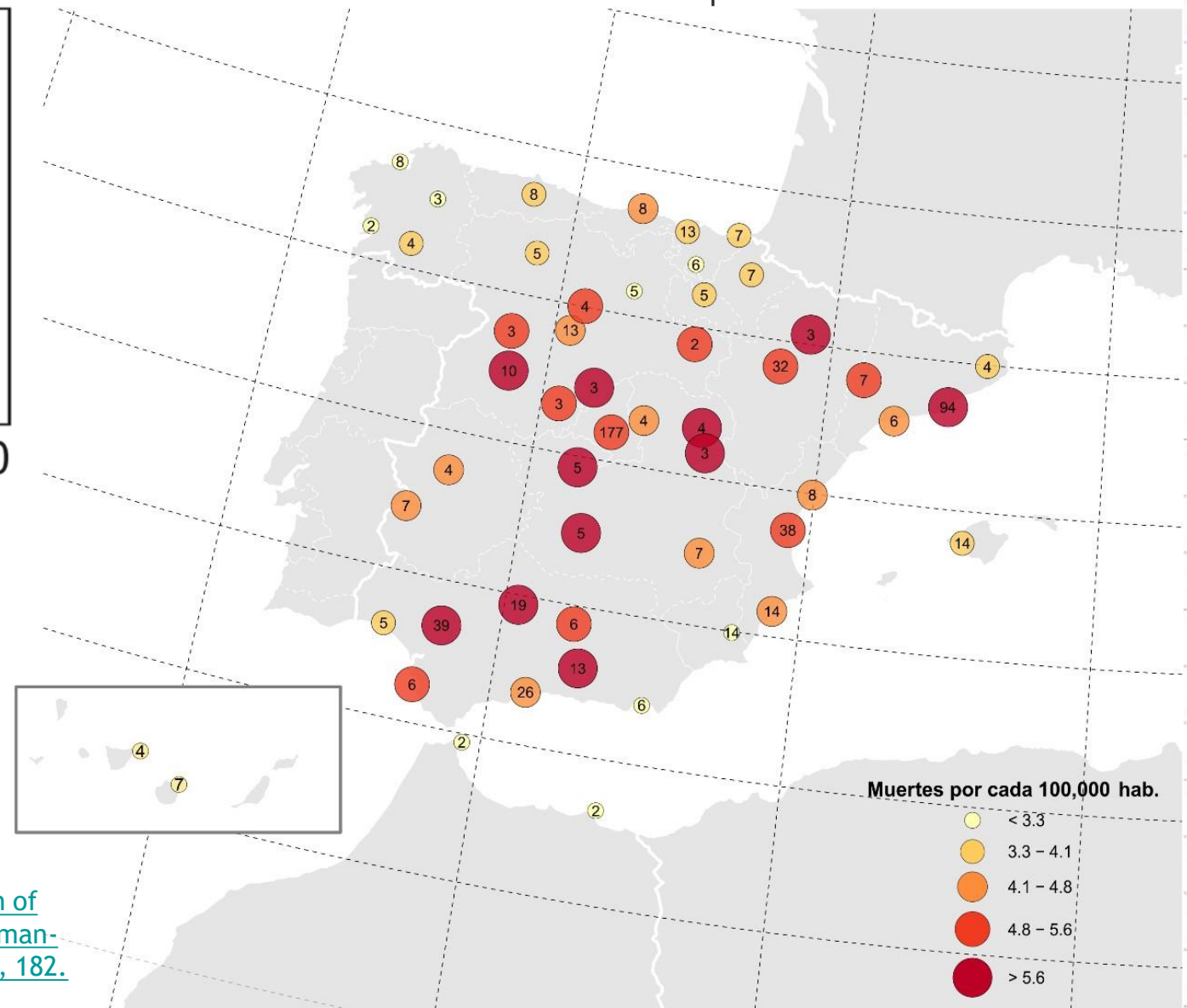


Estudios de atribución y detección del cambio climático



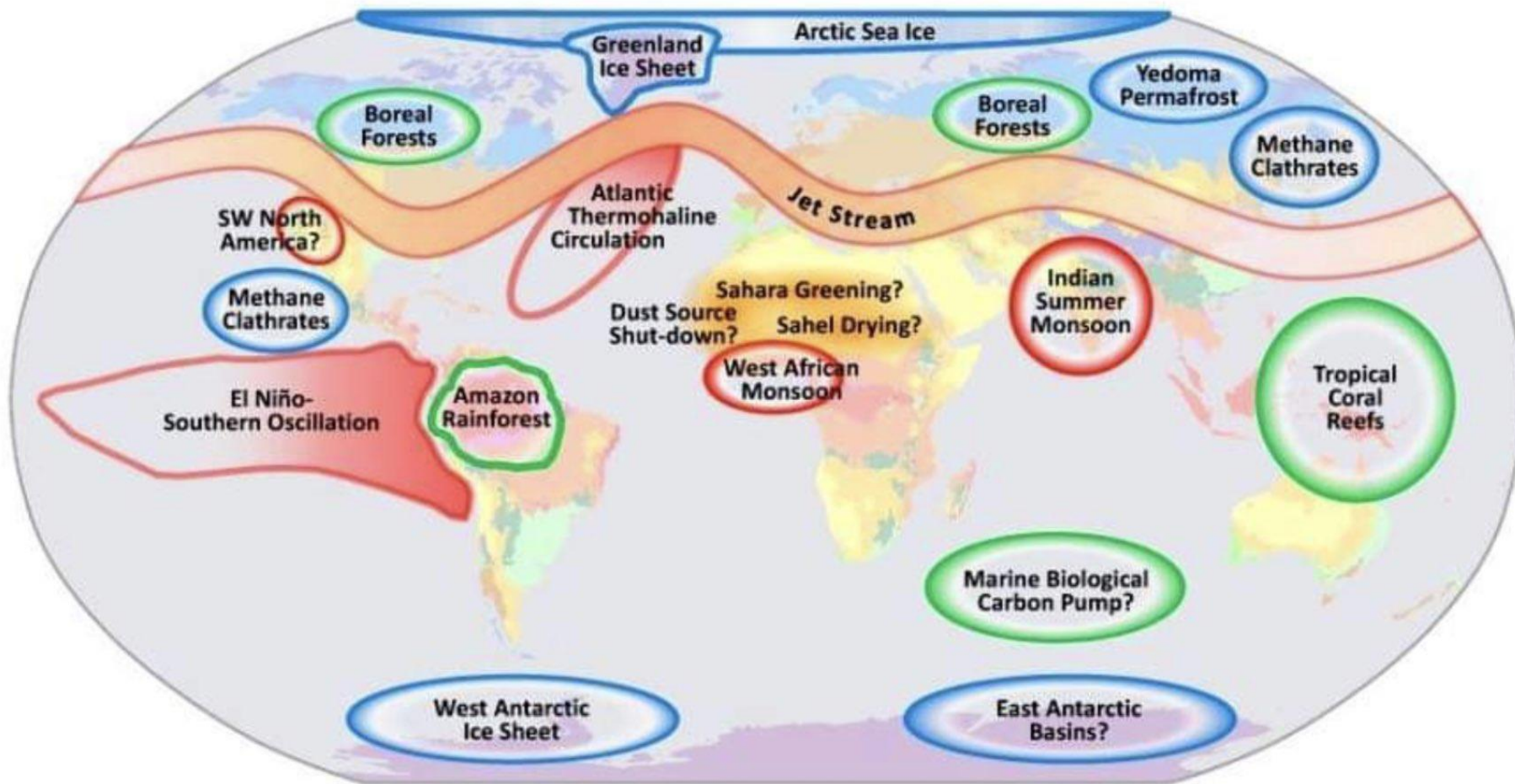
- Observations
- Models using only natural forces
- Models using both natural and human forces

Número de fallecimientos anuales relacionado con el calor atribuido al cambio climático inducido por el ser humano



Fuente: [Vicedo-Cabrera et al. \(2021\). The Burden of heat-related mortality attributable to recent human-induced climate change. Nature Climate Change, 182.](#)

Tipping points



- Blue** Cryosphere Entities
- Red** Circulation Patterns
- Green** Biosphere Components



¿Qué es y qué no es Cambio climático?

- Es....
 - Evidencia Científica
 - De alcance mundial y a largo plazo
 - Una amenaza global causada (sobre todo) por un modelo de actividad económico-industrial- energético
 - Incertidumbre: solo podemos hablar de probabilidades de ocurrencia, de atribución
- No es....
 - Debate social
 - Un fenómeno meteorológico local ni puntual
 - Un problema medioambiental
 - Un único escenario
- Pero...
 - Es relevante para formulación de políticas
 - Supondrá un cambio cultural
 - Supondrá una alteración del modo de vida
 - Evidentemente si hay debate social sobre lo anterior y las medidas que se tomen o los efectos que pueda haber
 - No se manifiesta igual en todas partes y tenemos que pensar en términos de probabilidad de ocurrencia. Si que puede hablarse de atribución de un fenómeno al cambio climático
 - Si lo son sus consecuencias
 - Cobeneficio
 - Se debe aplicar el principio de cautela

¿De qué estamos (razonablemente) seguros?

El planeta se calienta (atmósfera, océanos, hielos...). No solo en promedio. También los extremos.

El hielo marino y continental se reduce. Existe una “amplificación ártica”. Nuevo estado climático.

Los fenómenos extremos (olas de calor, sequías, ciclo hidrológico) aumentan su frecuencia, persistencia e intensidad. Cuidado: diferencias regionales.

Cambios en patrones atmosféricos y de precipitación.

La estabilidad y estacionariedad del clima en los últimos 10000 años (más allá de pequeñas fluctuaciones) está rompiéndose.

¿De qué no estamos seguros pero pueden ser potenciales amenazas en los próximos 50 años?

Nuestros modelos climáticos han conseguido simular el clima actual con condiciones del pasado (de hace un siglo) pero a medida que el cambio se acentúa y se reconoce el papel de nuevos elementos y procesos (que no se han manifestado durante el siglo pasado) las incertidumbres aumentan. Sobre todo se traducen en **retroalimentaciones e inestabilidades** (tipping points).

Ejemplos:

Retroalimentaciones. Emisiones naturales de metano por derretimiento del permafrost ártico.

Colapso estructural de grandes masas de hielo (glaciares submarinos, plataformas de hielo de la Antártida y Groenlandia) → Aumento de nivel del mar en las próximas décadas.

Interrupción de corrientes marinas en los próximos ¿50? años.

Claves actuales. ¿Dónde hay que poner el foco?

A nivel de conocimiento y bases físicas del clima:

Sin duda en el Ártico, la región del planeta que más rápidamente se está calentando y que es clave en el conjunto del clima del planeta al actuar como refrigerador y moderador del sistema climático global.

En los océanos para determinar cuanta energía y CO₂ más pueden acumular y qué consecuencias traerá eso.

En analizar patrones y modelizar fenómenos extremos.

En comprender mejor los fenómenos y procesos de interacción y retroalimentación que no conocemos (enfoque multidisciplinar: atmósfera, criosfera, biología, ecosistemas, economía, demografía,...).

Se habla mucho del CO₂ pero seguramente van a ser más cruciales las emisiones de metano (naturales aunque inducidas por el propio calentamiento en zonas de Ártico).

A nivel de adaptación y mitigación:

En buscar acuerdos, consensos en todos los niveles: gobiernos nacionales, organizaciones internacionales, empresas grandes y pequeñas, autonomías, regiones, ciudades, barrios. Todos los esfuerzos cuentan si sabemos donde vamos y cuáles son las amenazas y de qué nos tenemos que proteger.

En cambiar nuestros modelos (energéticos, culturales, de consumo) de forma razonable y progresiva.

En la geoingeniería.

En concienciar, sensibilizar y hacer partícipe a la población del problema y la solución.

“La diferencia entre un calentamiento global de 2 °C y 4 °C, es la civilización humana”

Joachim Schnellhuber

Proyectos clave : La digitalización, HPC (Computación de alto rendimiento) y los impactos a escala local

Destination Earth: a digital replica of our planet

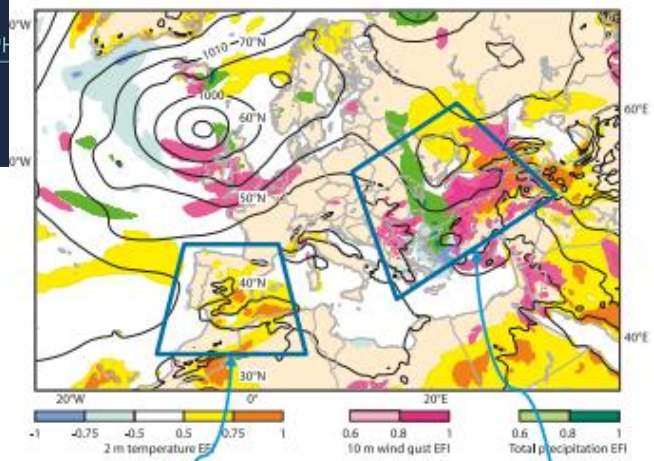
WHAT IS A DIGITAL TWIN?

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

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

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

- hyper-resolution limited-area nesting
- extreme-type added components
- more value-chain components
- adaptation & mitigation planning
- simulation – observation fusion

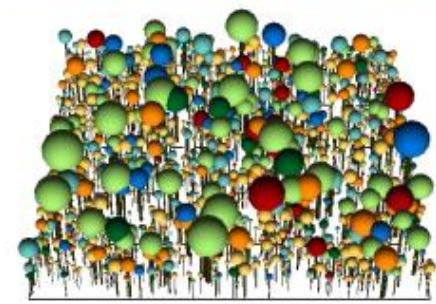
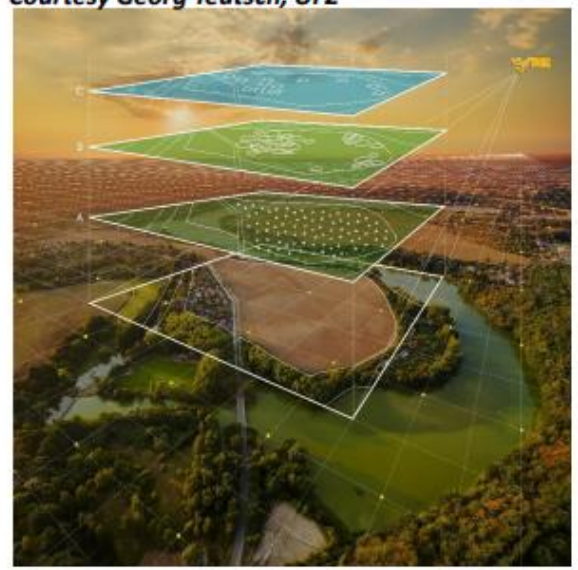


heat/drought case

wind-storm/flooding case



Courtesy Georg Teutsch, UFZ



www.formind.org

What would the June 2019 heatwave look like in a +4° climate?

HELMHOLTZ
CLIMATE INITIATIVE
Courtesy Thomas Jung, AWI

'Hanging' glacier broke off to trigger India flood



22 hours ago Comments

Climate change



Proyectos clave : La digitalización, HPC (Computación de alto rendimiento) y los impactos a escala local (+ mitigación)

La plataforma SAFERPLACES - Una herramienta para la evaluación y reducción de los riesgos de inundación en zonas urbanas (en aumento por el cambio climático) .

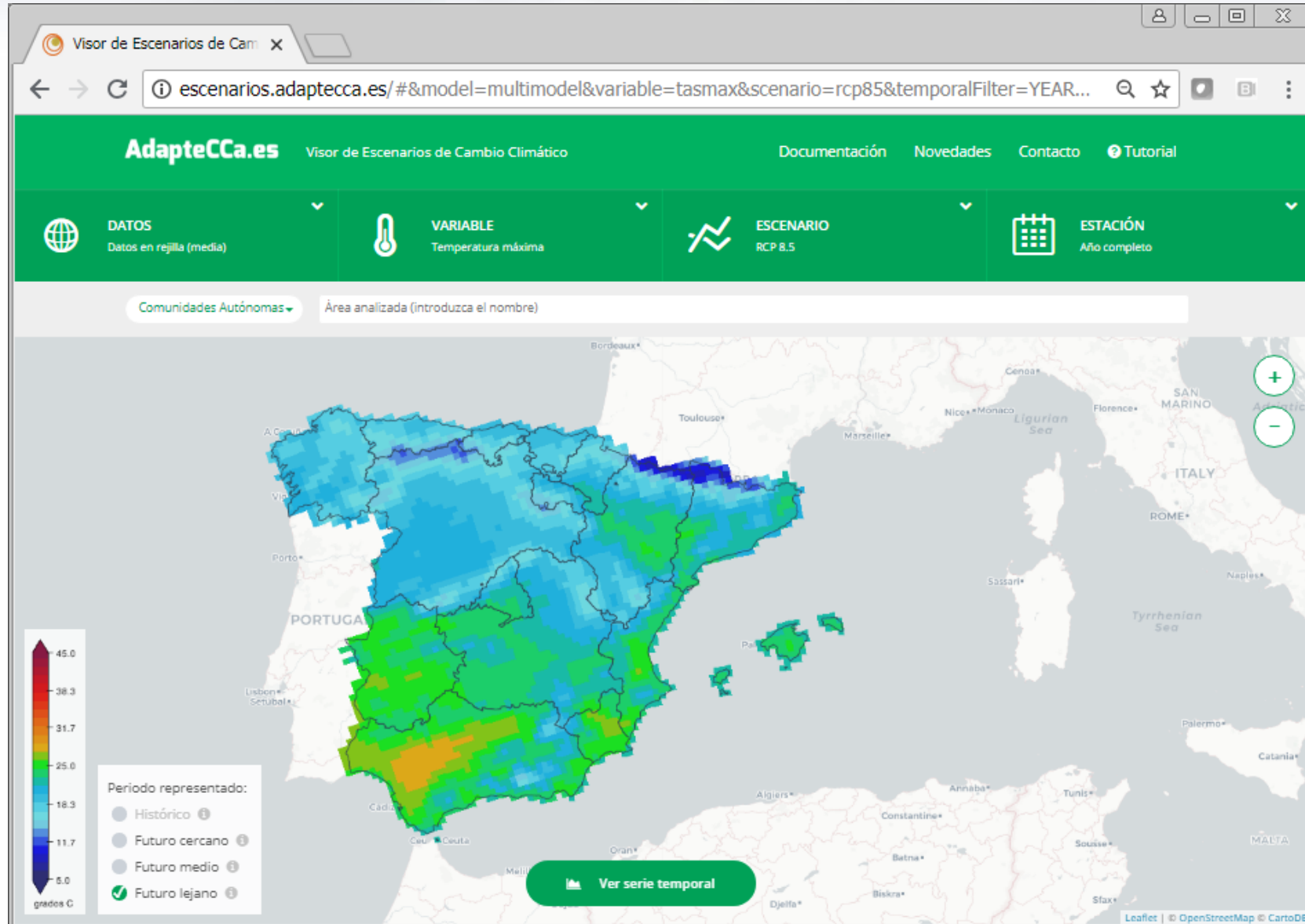
The screenshot displays the SaferPlaces web application interface. The top navigation bar includes the SaferPlaces logo, Climate-KIC branding, and a set of icons for navigation and tool functions. The main interface is divided into a left sidebar with menu items like 'SELECT PILOT', 'SOURCE SCENARIOS', 'HAZARD MODELS', 'DAMAGE MODELS', 'RISK-EAD MODELS', 'DASHBOARD RESULTS', 'CONTROL PANEL', and 'LAYERS'. The central panel is titled 'SOURCE SCENARIOS' and shows the location 'PAMPLONA' with options for 'Historical' and 'RCP4.5_2050' scenarios. Below this, there is a table for 'RAINFALL SCENARIO' with columns for Tag, RT(y), D(h), Intelnf, and Dan. A 'New Scenario' button is visible. Further down, there is a section for 'RAINFALL EVENTS' with a table for TagUpload, D(h), Vol(m³), and Draw. At the bottom, there is a 'RIVER SCENARIO' section. The right side of the interface shows a satellite map of Pamplona with a blue and red overlay representing flood risk areas. A 'Map data ©2015 Google' watermark is present in the bottom right corner of the map.

Tag	RT(y)	D(h)	Intelnf	Dan
RAIN1	2	1	1	<input type="checkbox"/>

TagUpload	D(h)	Vol(m³)	Draw
Rz	1	0	<input type="checkbox"/>

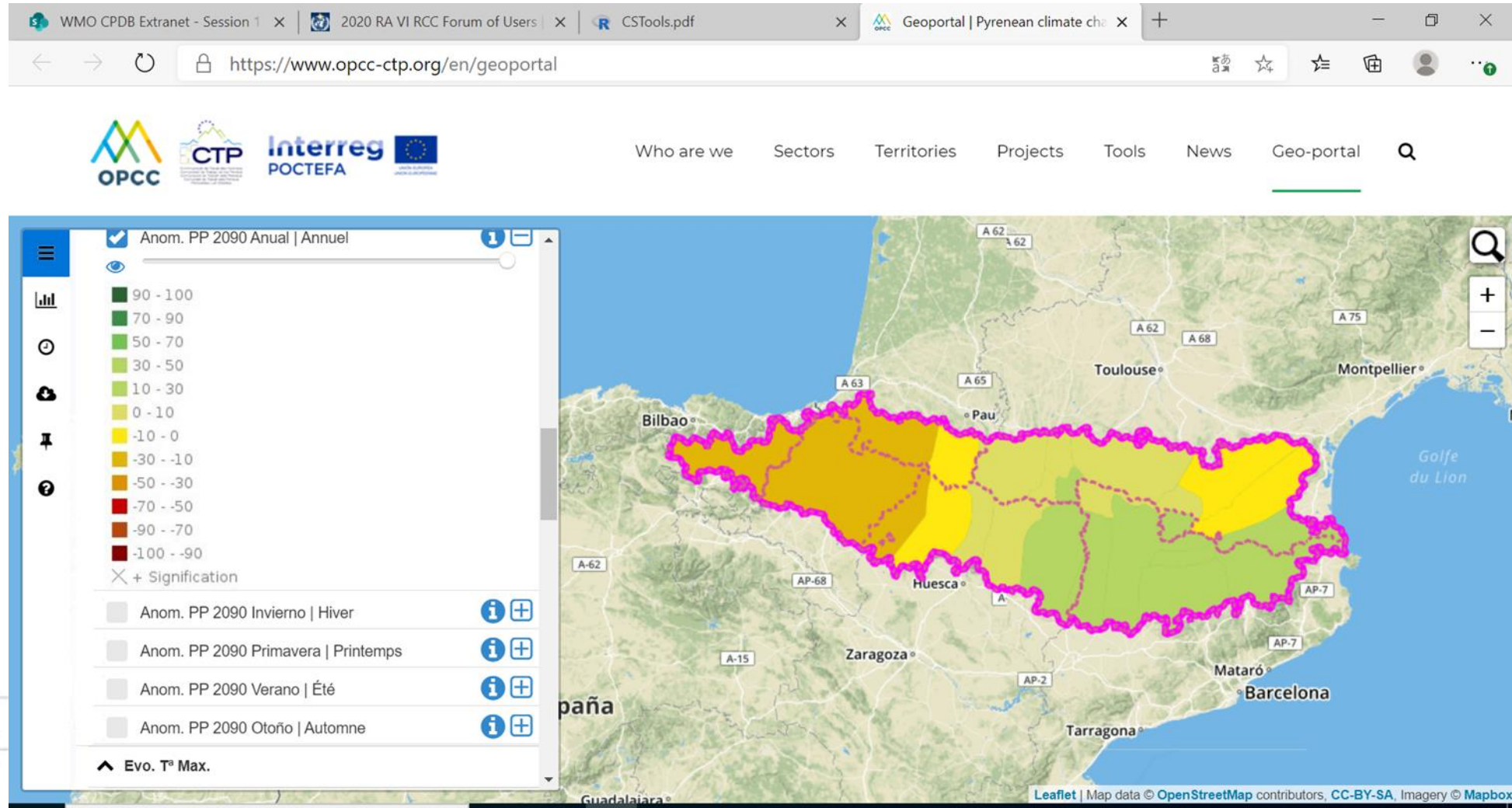
Adaptación. Herramientas

Visor para explorar y descarga filtrada



Pyrenees Observatory (OPCC) is a crossborder initiative of territorial cooperation of the Working Community of the Pyrenees (CTP)

<https://www.opcc-ctp.org/en/geoportal>



https://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/apoyo_gestion_embalces

