

CAMBIO CLIMÁTICO

JAIME LEYTON AGUIRRE

METEORÓLOGO

MAGÍSTER EN MEDIO AMBIENTE









DEFINICIÓN

Cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad del clima observada durante períodos de tiempo comparables

REF:

Artículo 3°, letra b) Ley 21.455 Ley Marco de Cambio Climático del Ministerio del Medio Ambiente.

Publicada el 13 de Junio de 2022

NUESTRO PLANETA



NUESTRA ATMÓSFERA



TEMAS

- ▶ Primeros estudios
- ▶ La atmósfera
- ▶ Gases de efecto invernadero
- ▶ Evidencias
- ▶ Estado actual
- ▶ Escenarios
- ▶ Efectos

PRIMEROS ESTUDIOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO

1.- JOSEPH FOURIER

- ▶ En 1820, Joseph Fourier descubre que la atmósfera es capaz de absorber el calor que emite la Tierra.

2.- EUNICE FOOTE

- ▶ En 1856 Eunice Foote fue la primera persona que teorizó sobre el cambio climático, proponiendo que la concentración de CO₂ en la atmósfera podía provocar un aumento significativo de la temperatura de la Tierra.

3.- JOHN TYNDALL

- ▶ El físico irlandés John Tyndall fue el primero en descubrir, en 1861, que moléculas de gases como el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4) y el vapor de agua (H_2O) -a los que hoy llamamos Gases de Efecto Invernadero o GEI- bloquean la radiación infrarroja.
- ▶ “Se le considera” el primer científico que predijo los impactos que provocarían en el clima pequeños cambios en la composición atmosférica.

SVANTE AUGUST ARRHENIUS

- ▶ Svante Arrhenius (sueco), físico en sus inicios y luego químico, desarrolló, en 1896, una teoría para explicar las edades de hielo. Fue el primero en utilizar principios básicos de química y física para calcular estimaciones del grado en que los aumentos del dióxido de carbono atmosférico (CO₂) aumentaron la temperatura de la superficie de la Tierra a través del efecto invernadero.
- ▶ Estos cálculos le llevaron a concluir que las emisiones de CO₂ de origen humano, procedentes de la quema de combustibles fósiles y otros procesos de combustión, son lo suficientemente grandes como para causar el calentamiento global.

SVANTE AUGUST ARRHENIUS

Arrhenius quería determinar si los gases de efecto invernadero podrían contribuir a explicar la variación de temperatura entre los períodos glaciares e interglaciares.

Calculó cuánta radiación infrarroja (calor) es capturada por el vapor de CO₂ y agua (H₂O) en la atmósfera terrestre, utilizando la "ley de Stefan-Boltzmann, formulando lo que llamó una "regla", que, en su forma original, decía: ***“si la cantidad de ácido carbónico aumenta en progresión geométrica, el aumento de la temperatura (del planeta) aumentará casi en progresión aritmética”***.

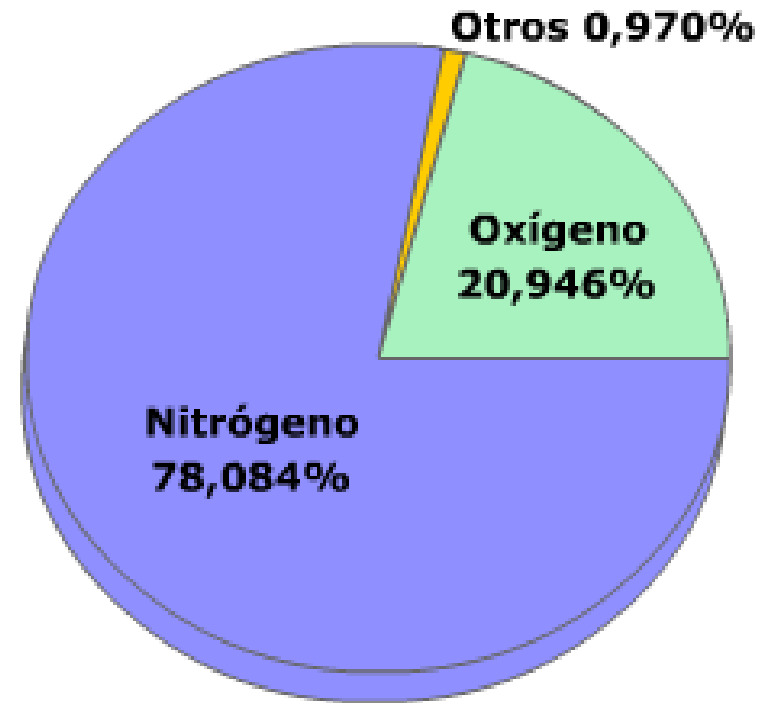
Aquí, Arrhenius se refiere al CO₂ como ácido carbónico (forma acuosa del H₂CO₃ en el uso moderno).

LA ATMÓSFERA

COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA VERTICAL

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA ATMÓSFERA

- ▶ **Nitrógeno (N₂):** Es la columna vertebral de los aminoácidos. Son los bloques de soporte de proteínas de todos los seres vivientes. Sin el N₂ aún las plantas no podrían mantener sus estructuras.
- ▶ **Oxígeno (O₂):** Interviene en la respiración y nos ayuda a metabolizar los alimentos para extraer la energía (E) para vivir.



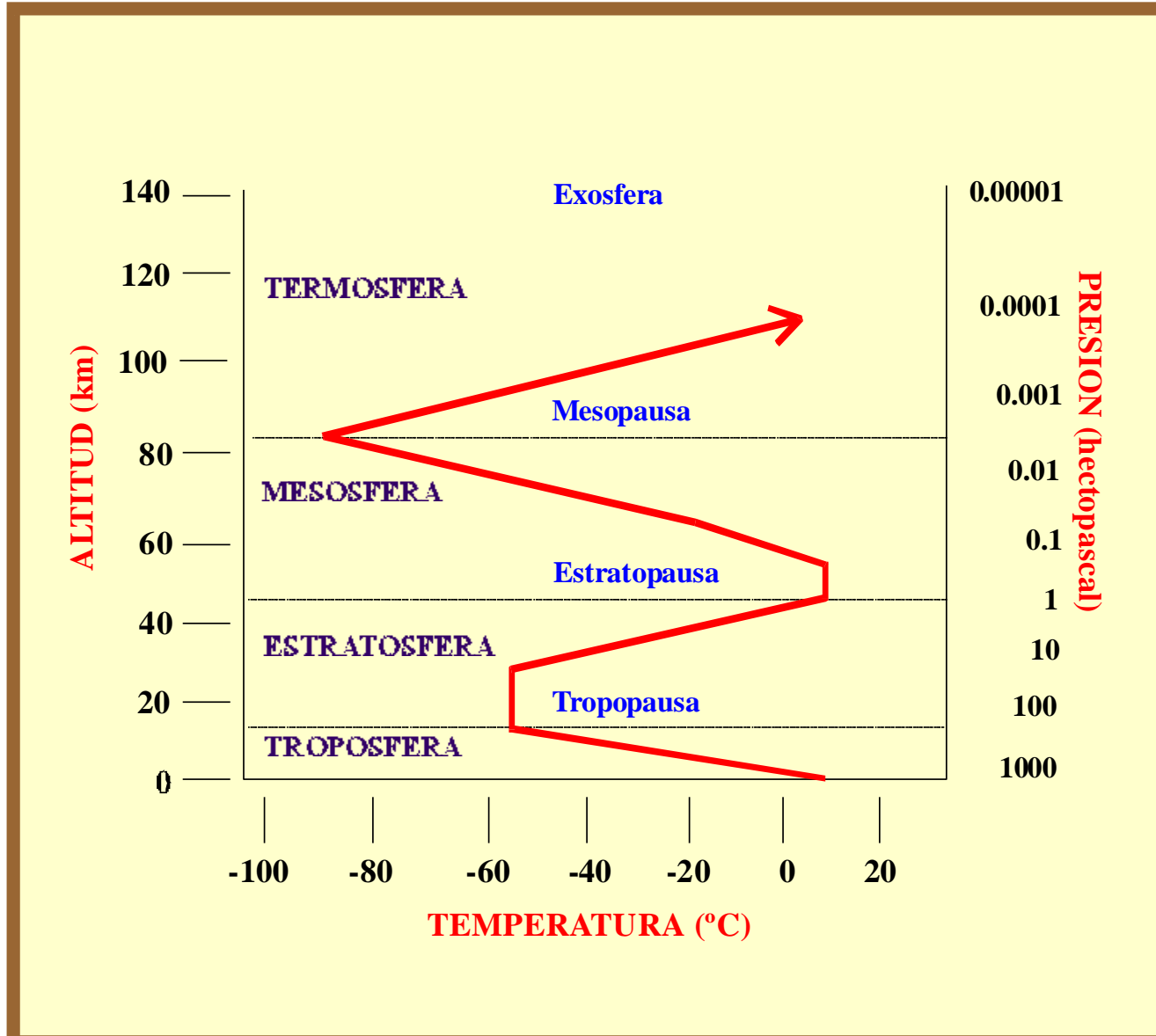
EL VAPOR DE AGUA

- ▶ **EL VAPOR DE AGUA SOLO ALCANZA COMO MÁXIMO EL 0,0001 %**
- ▶ El vapor de agua, ya que se halla en la atmósfera en cantidad muy variable, no llega casi nunca en promedio sobre la superficie del planeta al 0,0001 % (diezmilésima parte del 1%).

ESTRUCTURA VERTICAL DE LA ATMÓSFERA

UTILIZANDO EL CRITERIO DE LA TEMPERATURA

ESTRUCTURA VERTICAL DE LA ATMÓSFERA



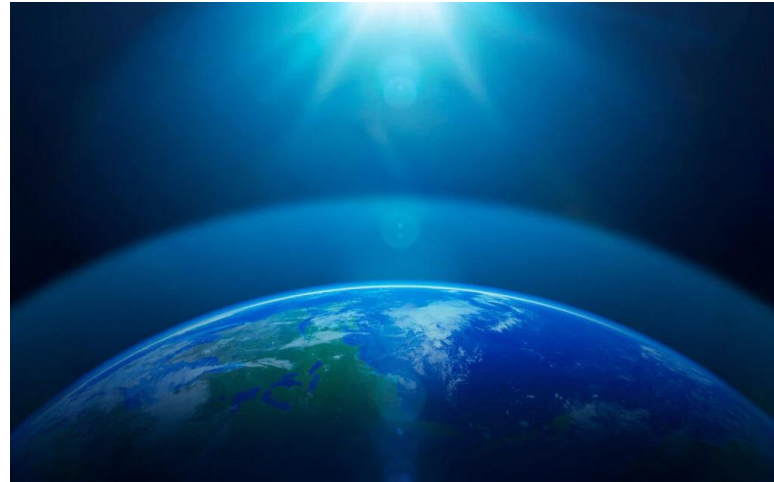
TROPÓSFERA

- ▶ Se extiende desde superficie (sfc) hasta la tropopausa, la que varía su altitud dependiendo de la latitud y la época del año.
- ▶ Capa donde se producen los procesos atmosféricos que dan origen a los fenómenos meteorológicos más frecuentes.



ESTRATÓSFERA

- ▶ Se sitúa entre 10 (8-18 km) y 50 km.
- ▶ La concentración de Ozono es máxima entre 20 y 25 Km. La absorción de la energía de los rayos ultravioleta explica el aumento de la temperatura con la altura en esta capa.
- ▶ Son observadas nubes nacaradas en altas latitudes entre 20 y 30 Km.



MESÓSFERA

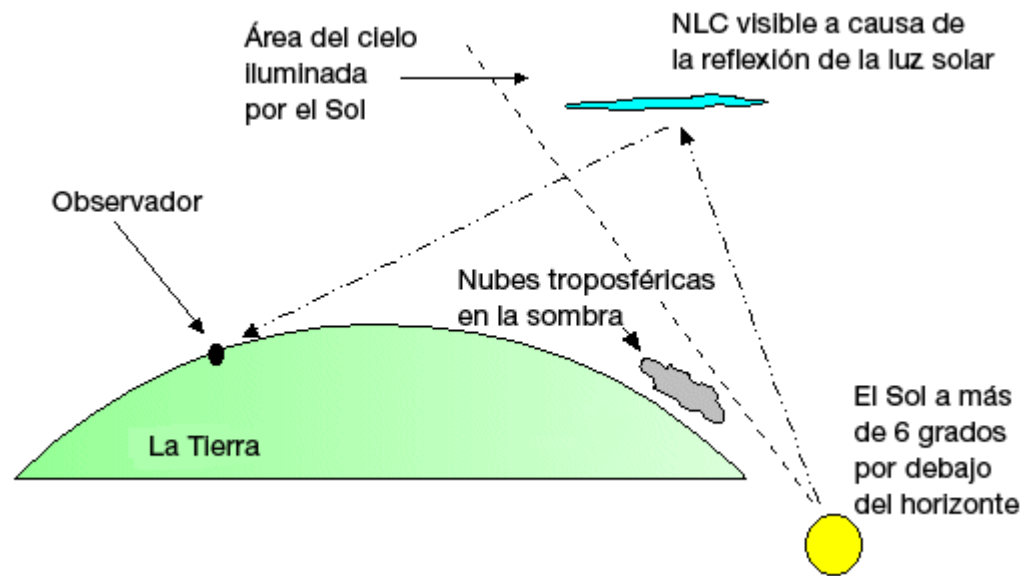
- ▶ La temperatura decrece con la altura.
- ▶ Ubicada entre 50 y 80 Km.
- ▶ El tope es la Mesopausa.
- ▶ Contiene el 1 % de masa atmosférica.
- ▶ Su presión varía entre 1 y 0.01 hPa.
- ▶ A los 80 Km aparecen nubes noctilucentes las que se supone están formadas por polvo cósmico.



NUBE NOCTILUCENTE

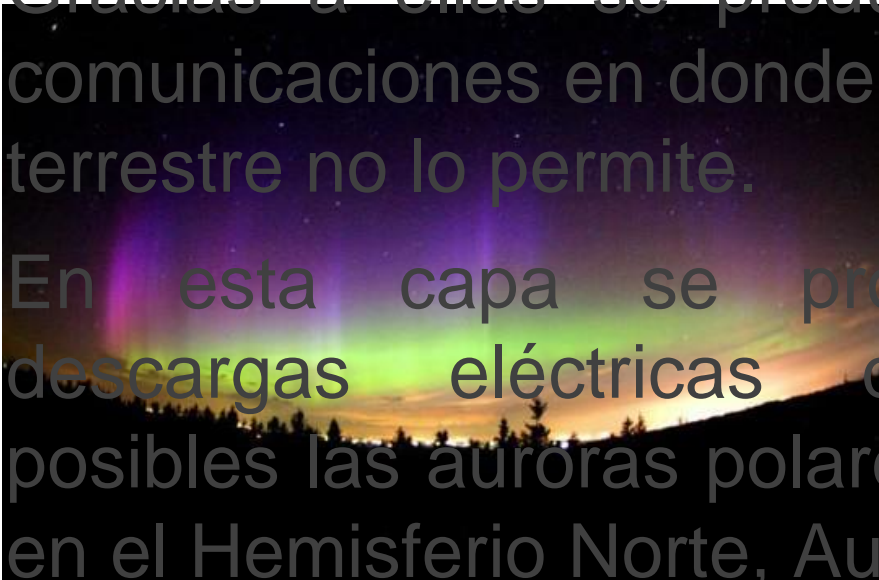


NUBE NOCTILUCENTE



TERMÓSFERA O IONÓSFERA

- ▶ Temperatura aumenta con la altura.
- ▶ Las capas de partículas ionizadas reflejan las ondas radioeléctricas. Gracias a ellas se producen dichas comunicaciones en donde la curvatura terrestre no lo permite.
- ▶ En esta capa se producen las descargas eléctricas que hacen posibles las auroras polares (boreales en el Hemisferio Norte, Australes en el hemisferio Sur).



AURORA BOREAL

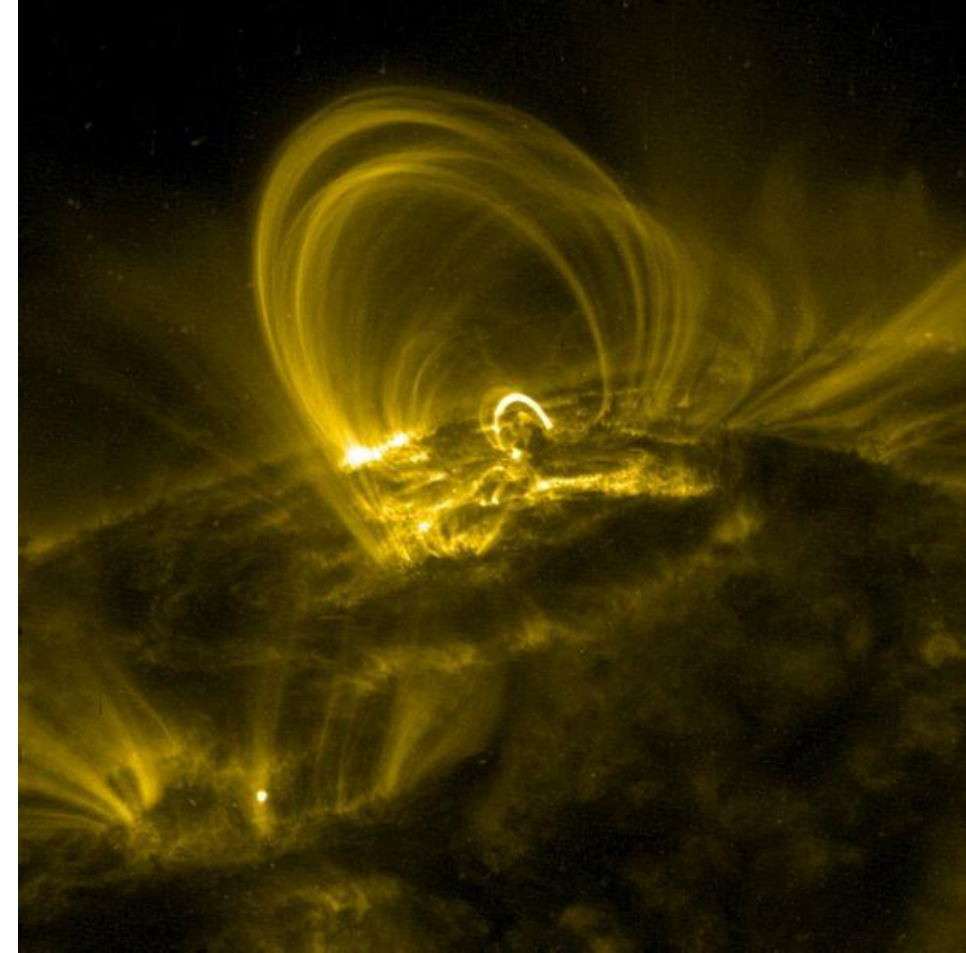
- ▶ La aurora boreal resulta de la interacción entre el viento solar y el magnetismo de nuestro planeta al chocar protones y electrones contra la atmósfera.



Foto tomada en Fairbanks, Alaska el día 8 de marzo de 2003 con una cámara Nikon F2, 35mm, asa 800, tiempo 42 seg., f: 4.5.

AURORAS POLARES

El Sol emite constantemente plasma en todas direcciones, como consecuencia de la elevadísima temperatura de su *corona*. Dicha temperatura alcanza millones de grados, tanto que es capaz de romper los átomos, y emitir al espacio “átomos rotos”, es decir, iones positivos y electrones. En otras palabras, *plasma*. Es lo que conocemos como *viento solar*.



AURORAS POLARES

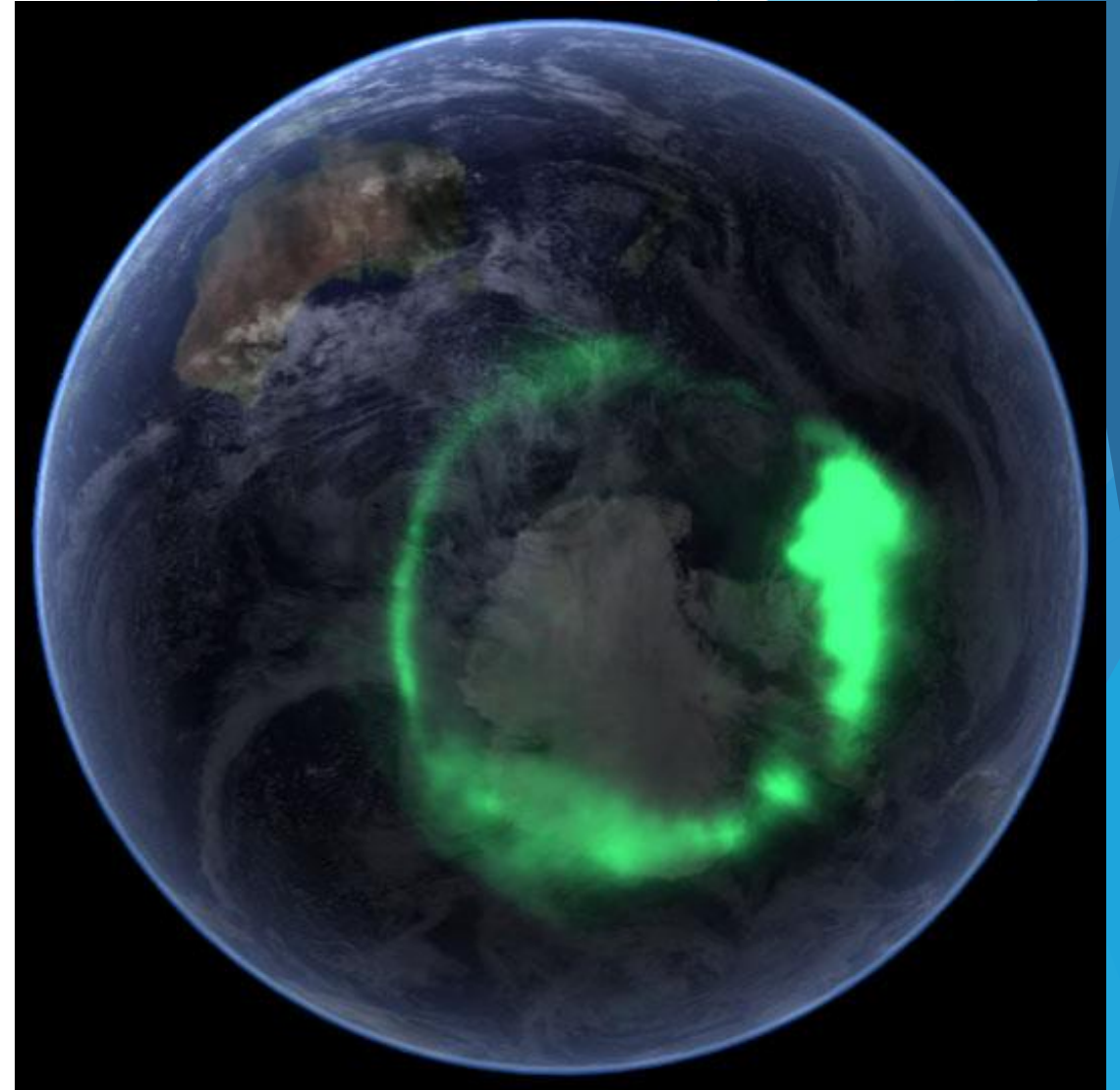
- ▶ El viento solar llega a la Tierra moviéndose a velocidades de unos 400 km/s (más de un millón de km/h), y es atrapado por el campo magnético terrestre.
- ▶ Como consecuencia, las partículas del viento solar realizan espirales mientras caen hacia la superficie de la Tierra, y son dirigidas por el campo magnético hacia los polos.
- ▶ Cuando caen en la atmósfera, chocan con las moléculas del aire y no llegan al suelo (no pasan por debajo de los 80 km de altitud).

AURORAS POLARES

- ▶ Los átomos de las moléculas del aire, al recibir el impacto de estas partículas, aumentan mucho su energía. Tanto que sus electrones saltan a orbitales más energéticos - algo que no es normal ni estable.
- ▶ Al cabo del tiempo, estos electrones vuelven a caer a las órbitas que les corresponden “legítimamente”, y el átomo pierde la energía “extra” que había recibido. Y emite esta energía extra en forma de luz.
- ▶ El color de la luz (su frecuencia) depende del tipo de átomo - los átomos de oxígeno emiten luz verdosa o rojiza, los de nitrógeno la emiten azulada o purpúrea.

AURORA AUSTRAL VISTA DESDE EL ESPACIO

Las auroras son espectaculares desde el suelo, pero hay que tener en cuenta una cosa: que parte de la luz es absorbida por la atmósfera, y que desde el suelo sólo vemos un trozo de la aurora. Desde el espacio, las auroras boreales y australes son aún más llamativas:

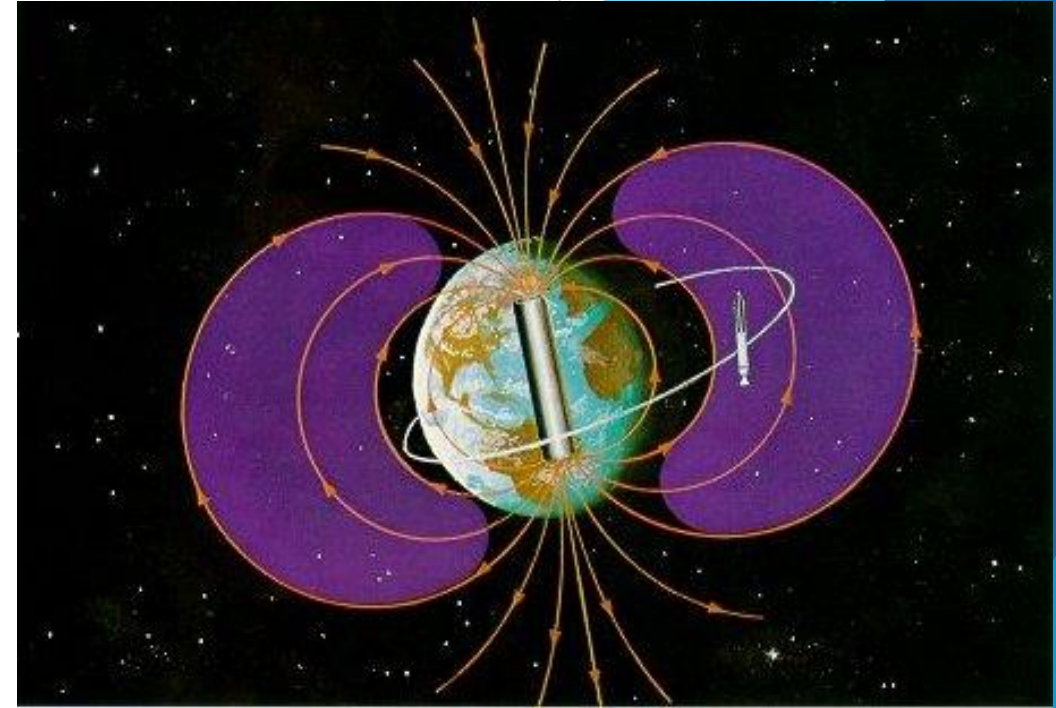


EXÓSFERA

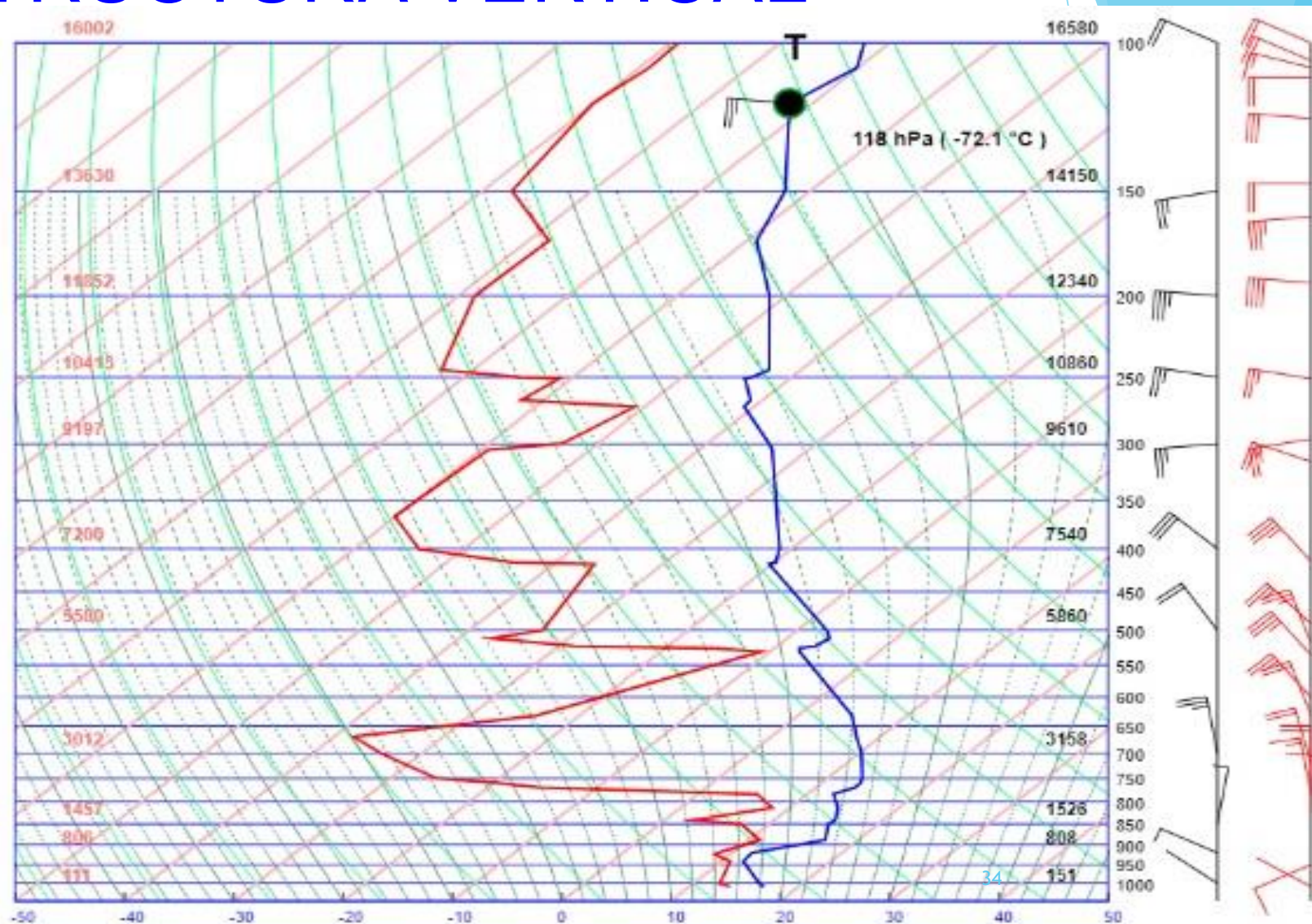
- ▶ Por encima de 800 Km.
- ▶ Zona de transición entre la atmósfera y el espacio interplanetario.
- ▶ Cinturón de radiación de Van Allen, importante en los viajes espaciales.

Cinturones de Van Allen

Son ciertas zonas de la magnetosfera terrestre donde se concentran las partículas cargadas. Estos cinturones son áreas en forma de anillo de superficie toroidal en las que gran cantidad de protones y electrones se están moviendo en espiral entre los polos magnéticos del planeta, y se estructura en dos cinturones: uno interior y otro exterior. El cinturón interior está a unos 1.000 km por encima de la superficie de la Tierra hasta los 5.000 km. El cinturón exterior se extiende desde aproximadamente 15.000 km hasta los 20.000 km.



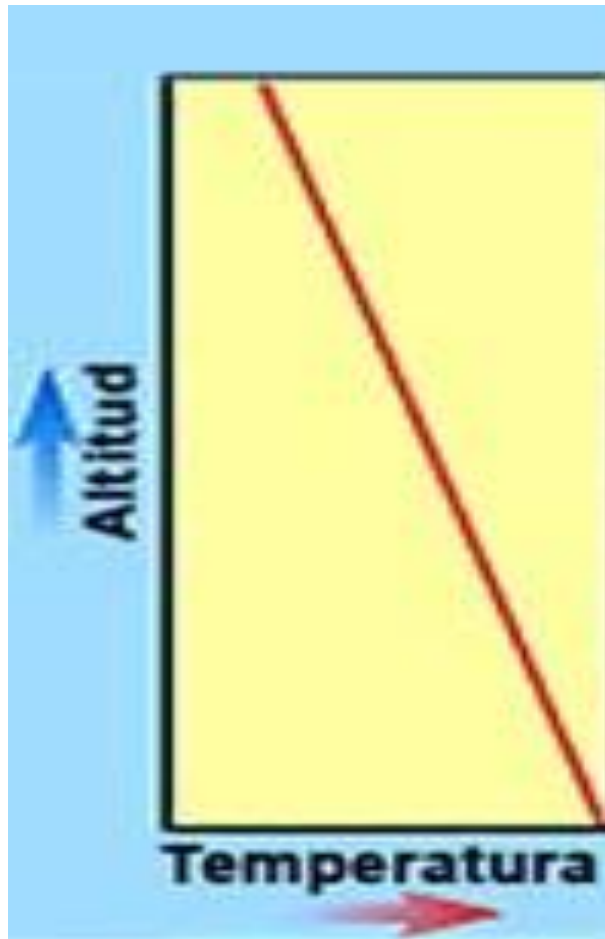
MEDICIONES DEL COMPORTAMIENTO DE SU ESTRUCTURA VERTICAL



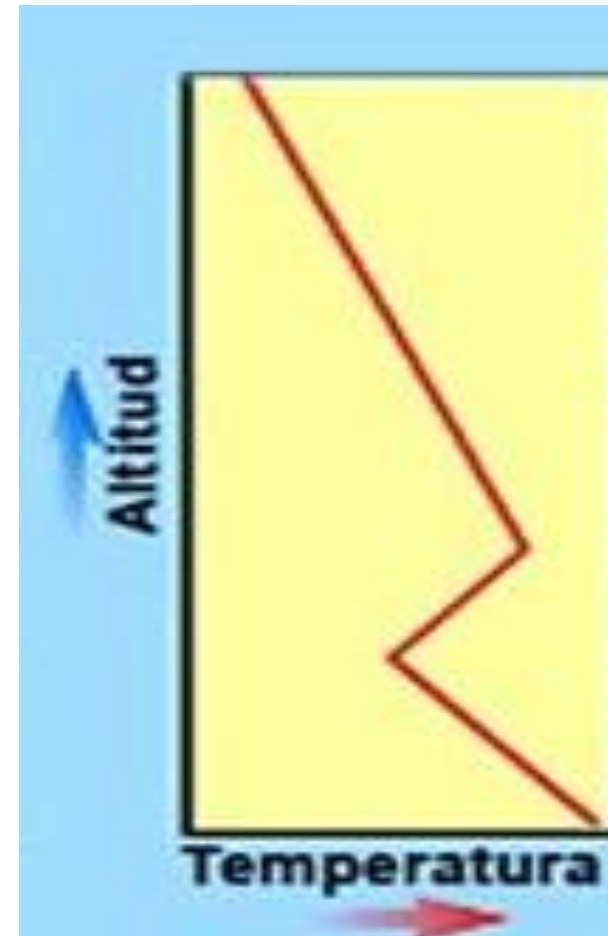
INVERSIÓN TÉRMICA

INVERSIÓN TÉRMICA

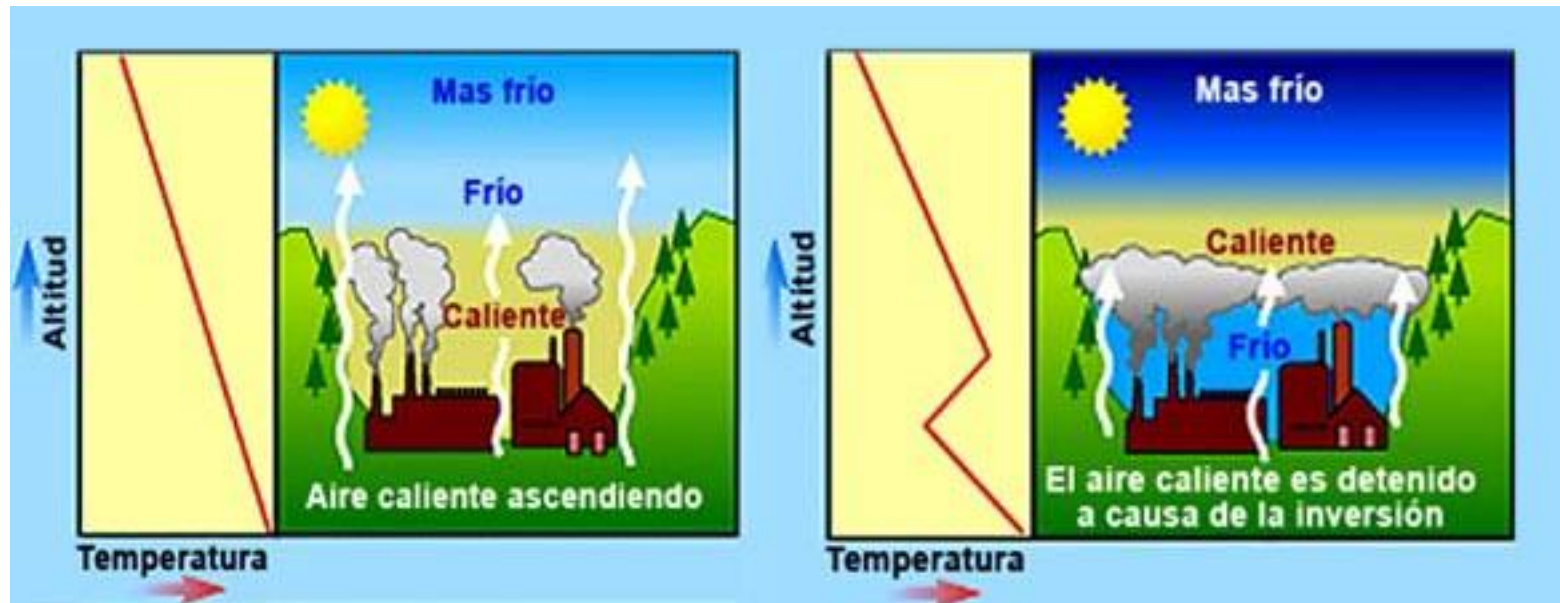
Normal



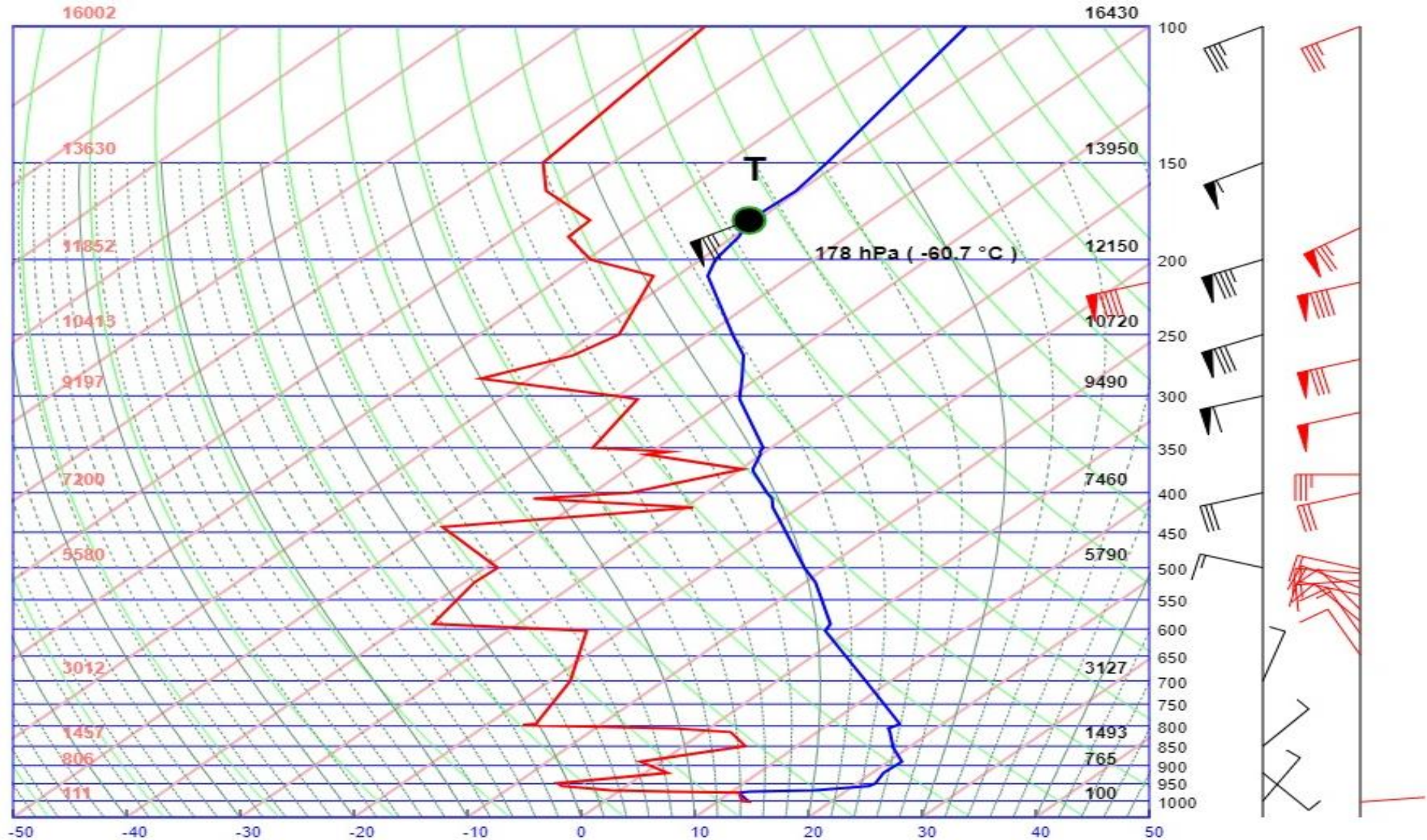
Inversión térmica



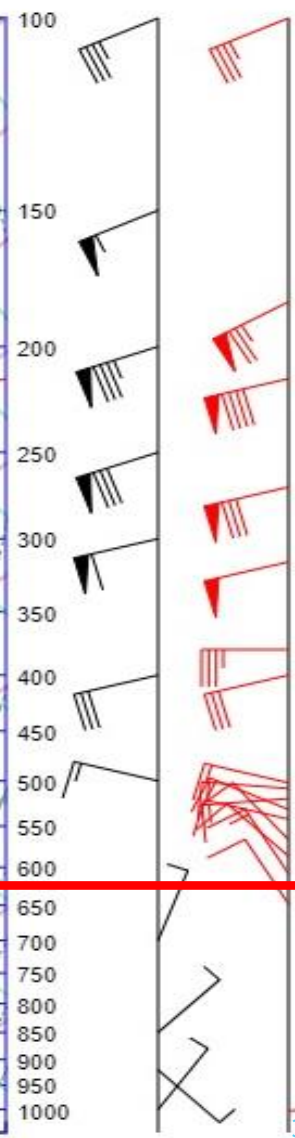
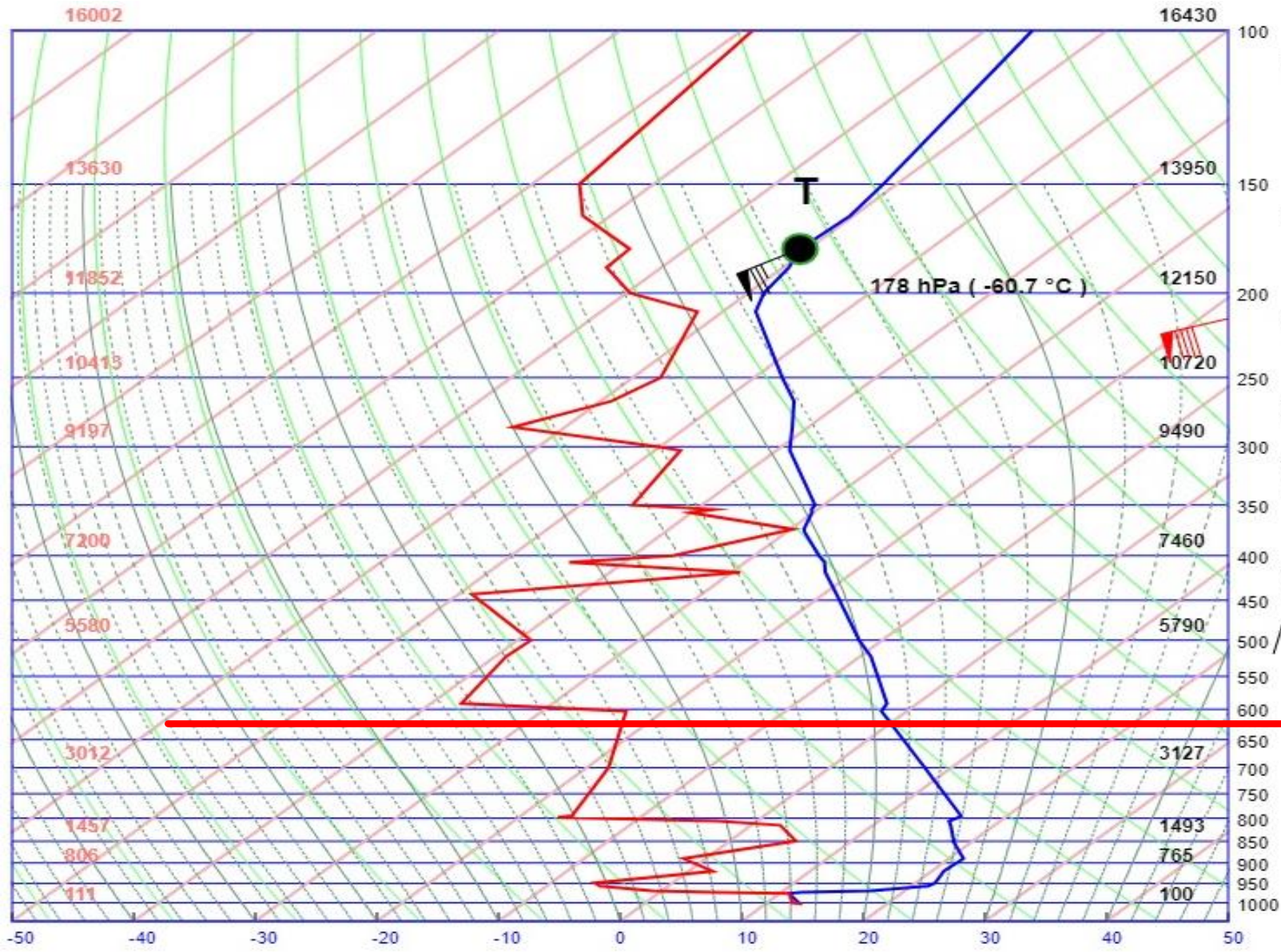
INVERSIÓN TÉRMICA



MEDICIÓN DE LA INVERSIÓN TÉRMICA



ISOTERMA 0° C



GASES DE EFECTO INVERNADERO

GASES DE EFECTO INVERNADERO

Un gas de efecto invernadero (GEI), es un gas que absorbe y emite radiación dentro del rango infrarrojo. Este proceso es la causa fundamental del efecto invernadero que produce el calentamiento global el que a su vez es el precursor del Cambio Climático.

Aunque el principal gas de efecto invernadero responsable por el calentamiento es el dióxido de carbono (CO_2), también contribuyen el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O), el ozono (O_3), y otros gases de efecto invernadero de larga vida.

EL DIÓXIDO DE CARBONO: CO₂

El dióxido de carbono (CO₂) es un gas de efecto invernadero.

Este gas absorbe y emite radiación infrarroja, es decir, calor, en sus dos frecuencias de vibración activas en infrarrojos.

Este proceso hace que el CO₂ caliente la superficie del planeta y la atmósfera inferior, por otra parte, enfríe la atmósfera superior.

EL DIÓXIDO DE CARBONO: CO₂

La gran mayoría de climatólogos y científicos, coinciden en que el aumento en la concentración atmosférica de CO₂, y por lo tanto en el efecto invernadero inducido por CO₂, es la principal razón del aumento de la temperatura media global desde hace más de un siglo.

El CO₂ es el GEI más preocupante, ya que ejerce una mayor influencia de calentamiento total que todos los otros gases combinados, porque tiene una larga vida atmosférica.

Según el IPCC, más de la mitad del CO₂ emitido tarda un siglo en eliminarse de la atmósfera y cerca del 20% del CO₂ emitido se mantendrá en ella durante milenios.

EL ÓXIDO NITROSO: N₂O

También conocido como el gas de la risa, es un gas incoloro con un olor dulce y ligeramente tóxico, con efecto anestésico.

Contribuye en un siete por ciento al calentamiento global provocado por el hombre.

La concentración de óxido nitroso en la atmósfera es hoy un 20% superior a los niveles preindustriales.

Casi dos tercios de las emisiones mundiales de óxido nitroso proceden de la agricultura.

El N₂O tiene un potencial de gas de efecto invernadero hasta 300 veces mayor que el CO₂

EL OZONO: O₃

El ozono es un gas de efecto invernadero (GEI) que absorbe y emite radiación infrarroja.

En la Estratósfera absorbe radiación UV-B, lo que evita que dichos rayos lleguen a la superficie del planeta

Sin embargo, cuando éste se produce en la Tropósfera, producto de la interacción y la radiación solar contribuye al calentamiento de la tropósfera, mientras que,

En la baja atmósfera y la superficie, el ozono se constituye en un contaminante nocivo para la salud.

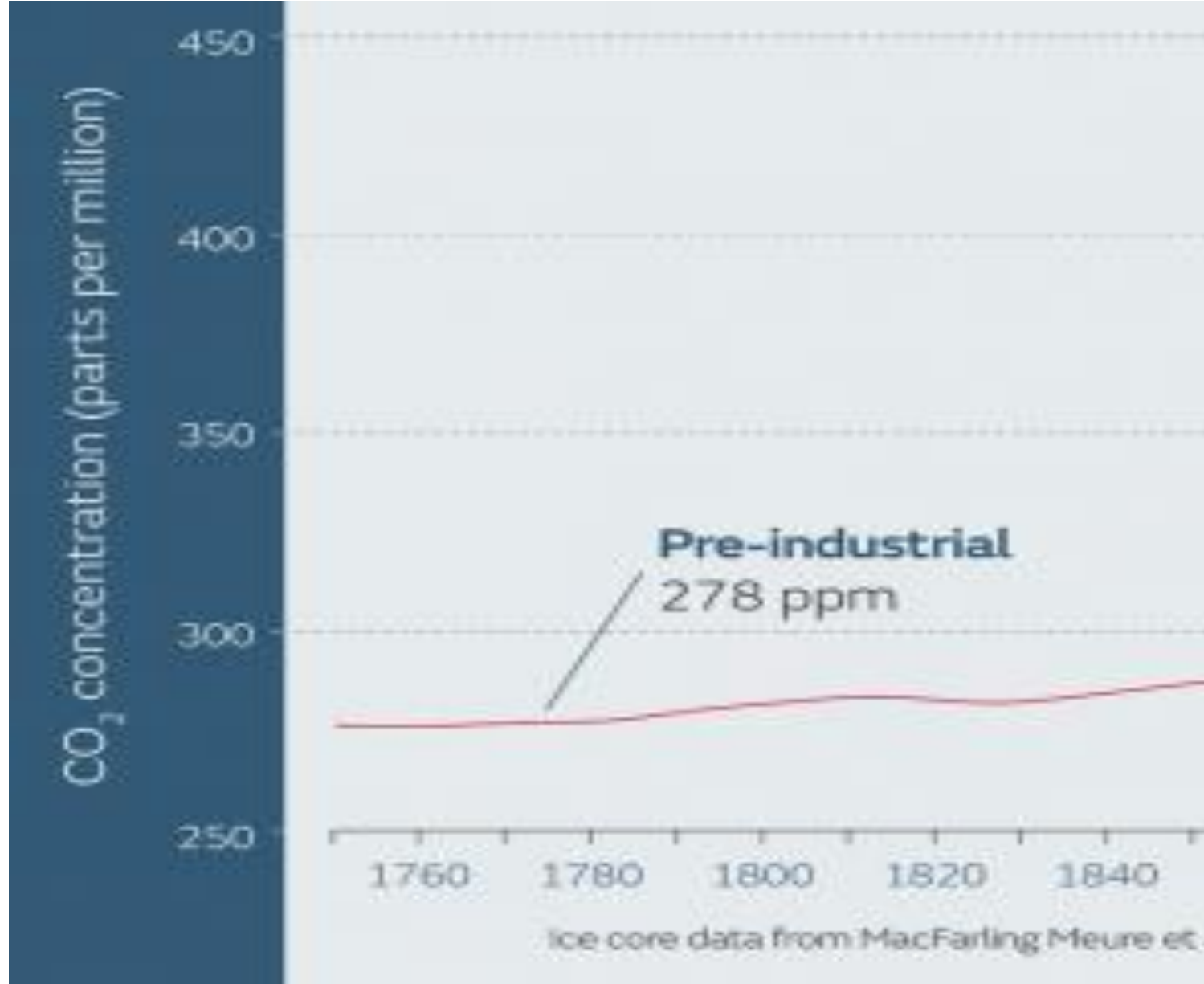
GASES FLUORADOS: O₃

Los gases fluorados son gases artificiales que se utilizan en una variedad de aplicaciones industriales. A menudo como sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono. Sin embargo, estos gases son potentes gases de efecto invernadero, con un potencial de calentamiento mucho mayor que el dióxido de carbono (CO₂).

Entre estos se cuentan:

- Hidrofluorocarburos: HFC
- Perfluorocarburos
- Hexafluoruro de azufre: SF₆, y
- Trifluoruro de nitrógeno: NF₃

EI CO₂ PREINDUSTRIAL



¿DE QUÉ MANERA SE HA MODIFICADO LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA ATMÓSFERA?

PRINCIPALES GASES PRESENTES EN LA ATMÓSFERA EN PARTES POR MILLÓN (ppm)		
CONSTITUYENTE	CONCENTRACIÓN (% en volumen)	CONCENTRACIÓN (en ppm)
Nitrógeno (N ₂)	78,08	780,940
Oxígeno (O ₂)	20,94	209,460
Argón (Ar)	0,934	9,340
Dióxido de Carbono (CO ₂)	0,0402	402
Neón (Ne)	0,00182	18,2
Helio (He)	0,00052	5,24
Metano (CH ₄)	0,00018	1,83
Oxido Nitroso (N ₂ O)	0,00003	0,328

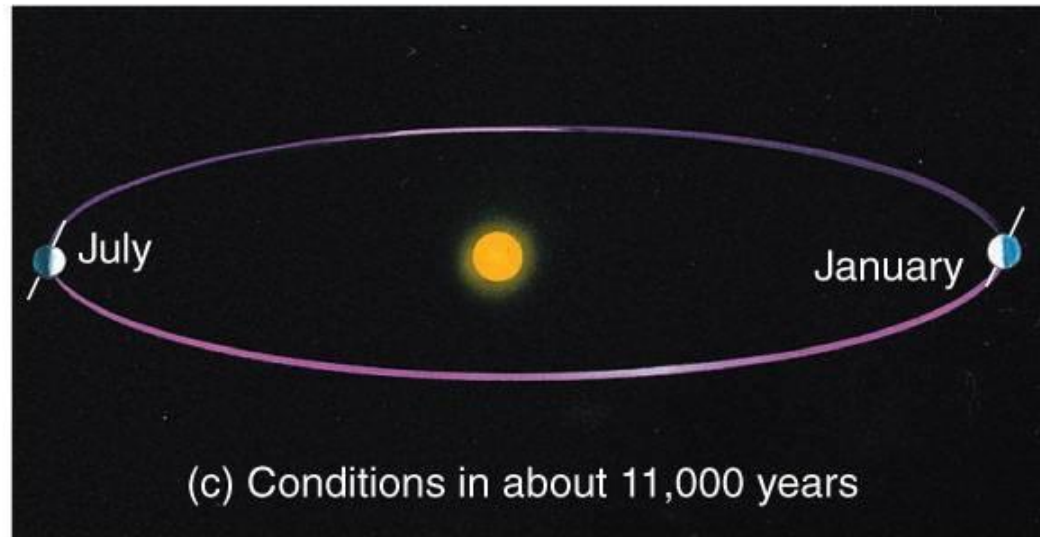
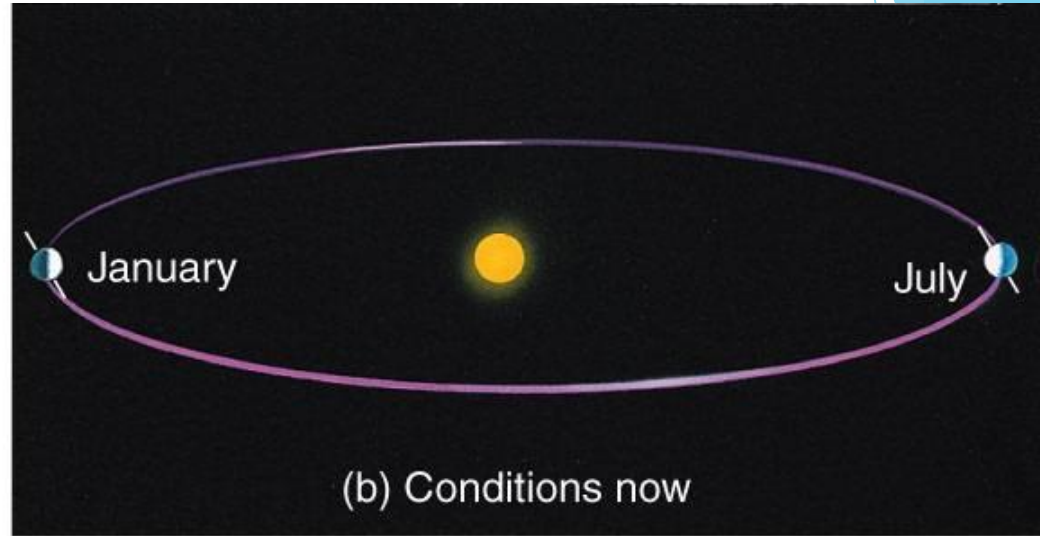
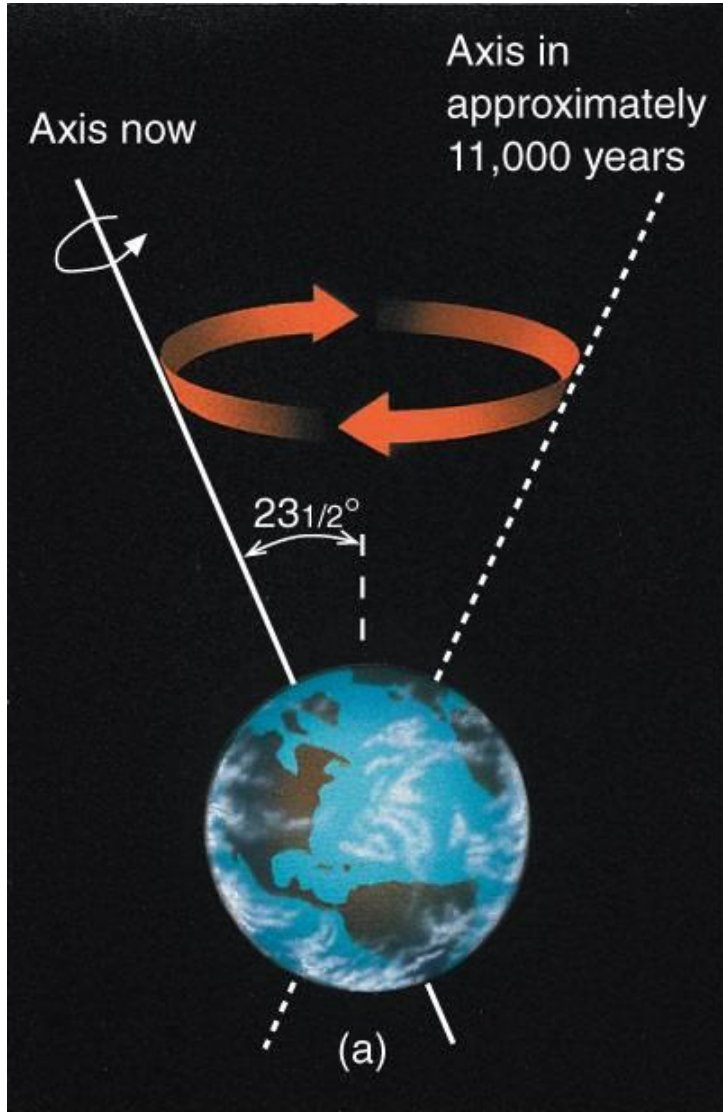
Fuente: Blasing, 2016. El valor de dióxido de carbono. Corresponde al promedio observado en el año 2015. En marzo del 2019 su concentración se ha estimado en 412 partes por millón. PM, según national. Oceanic and Atmospheric Administration NOAA.

INVEEVIDENCIAS SOBRE CAMBIO ▶ CLIMÁTICO

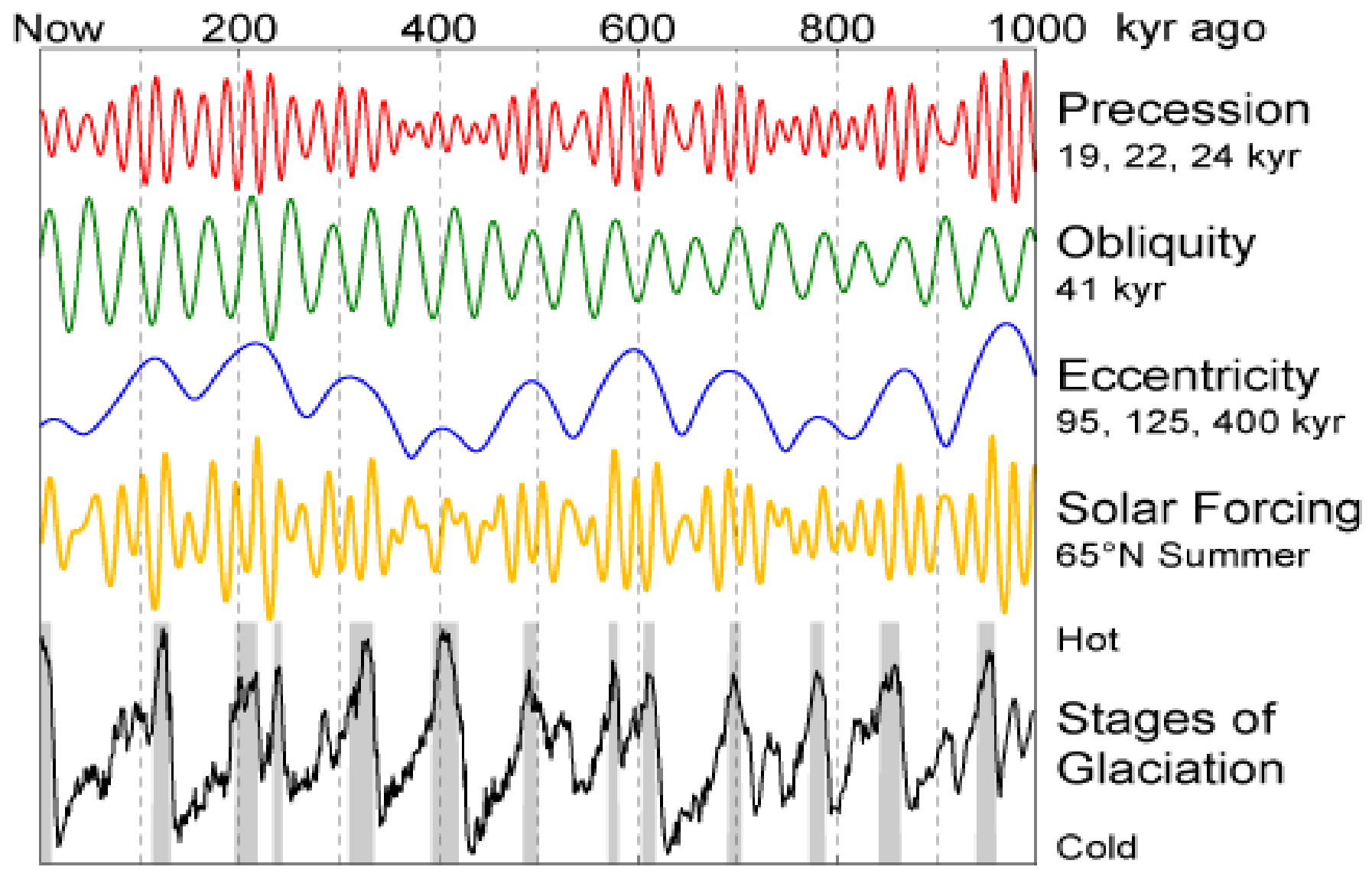
The background features abstract, overlapping geometric shapes in various shades of blue, ranging from light sky blue to deep navy blue. The shapes are primarily triangles and polygons, creating a dynamic, layered effect. The text is centered in a bold, blue, sans-serif font.

CAMBIOS HISTÓRICOS ANTERIORES EN EL COMPORTAMIENTO CLIMÁTICO

Precesión de los equinoccios:



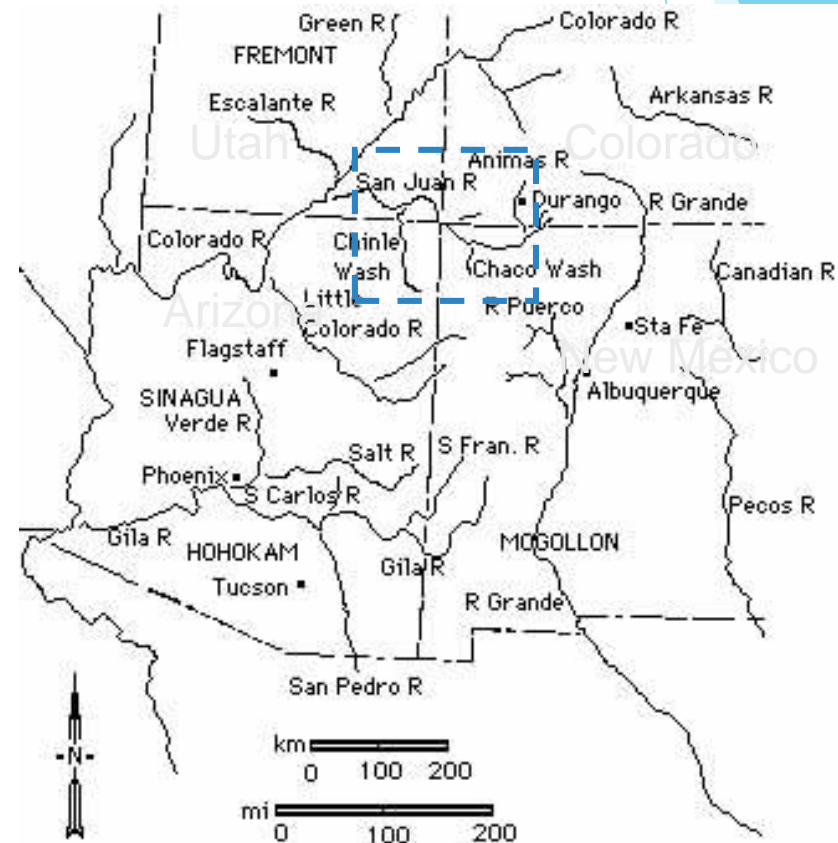
CICLOS DE MILANKOVITCH





Anasazi-houses

Anasazis: (600-1140 DC)
Daño Ambiente: deforestación → erosión
Cambio Clima: sequías periódicas en 1040, 1090 y 1117 DC



The Anasazi & Their Neighbors

The Anasazi occupied the Four Corners area. Three main groups are often distinguished: Kayenta centered in AZ, Chaco centered in NM, and Mesa Verde centered in CO.

CULTURA ANAZASI

Si bien muchos aspectos de la historia de los Anasazis no son conocidos debido a la inexistencia de fuentes escritas, existe evidencia material de que ejercieron una presión excesiva sobre el ambiente. Esto podría haber provocado un "colapso" ecológico provocado por la sobreexplotación de los bosques cercanos, lo cual a largo plazo podría haber tenido efectos adversos en el clima de la región y el nivel de erosión del terreno.



Cultura Maya: (250 a 909 DC)

Deforestación

Sequías en:

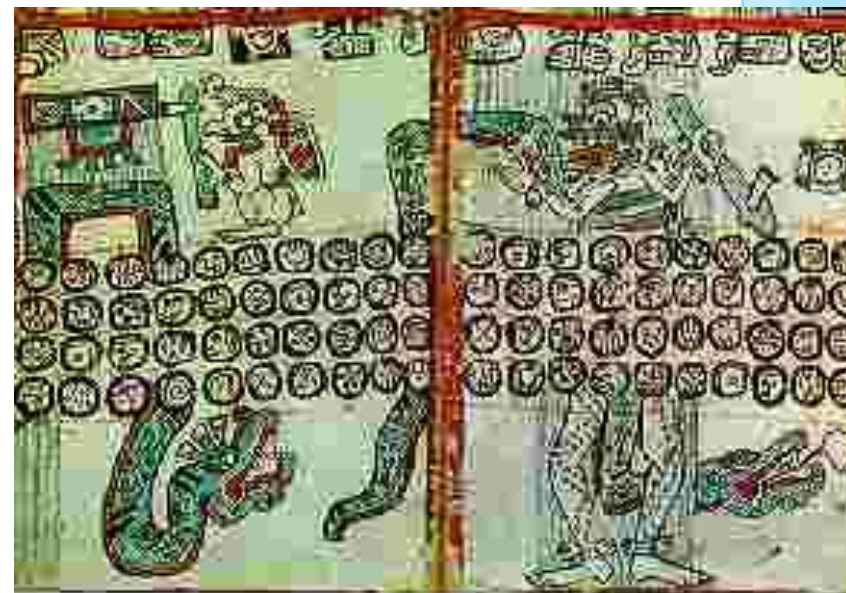
475-250 AC

125-250 DC

600 DC

760/800 DC

....



CULTURA MAYA

Algunas hipótesis de su “desaparición” en el siglo IX fueron que:

- ❖ La sobrexplotación habría agotado el medio ambiente que les rodeaba hasta el punto de que ya no podía sostener una población muy numerosa.
- ❖ Un cambio ambiental catastrófico -como un periodo de sequía extremadamente largo e intenso- pudo haber acabado con la civilización maya clásica. La sequía habría golpeado con especial dureza a ciudades como Tikal, donde el agua de lluvia era necesaria tanto para beber como para regar los cultivos.
- ❖ Las constantes guerras entre las ciudades-estado que competían entre sí hicieron que las complicadas alianzas militares, familiares (por matrimonio) y comerciales entre ellas se rompieran, junto con el sistema tradicional de poder dinástico.
- ❖ Al disminuir la estatura de los señores sagrados, sus complejas tradiciones de rituales y ceremonias se disolvieron en el caos.



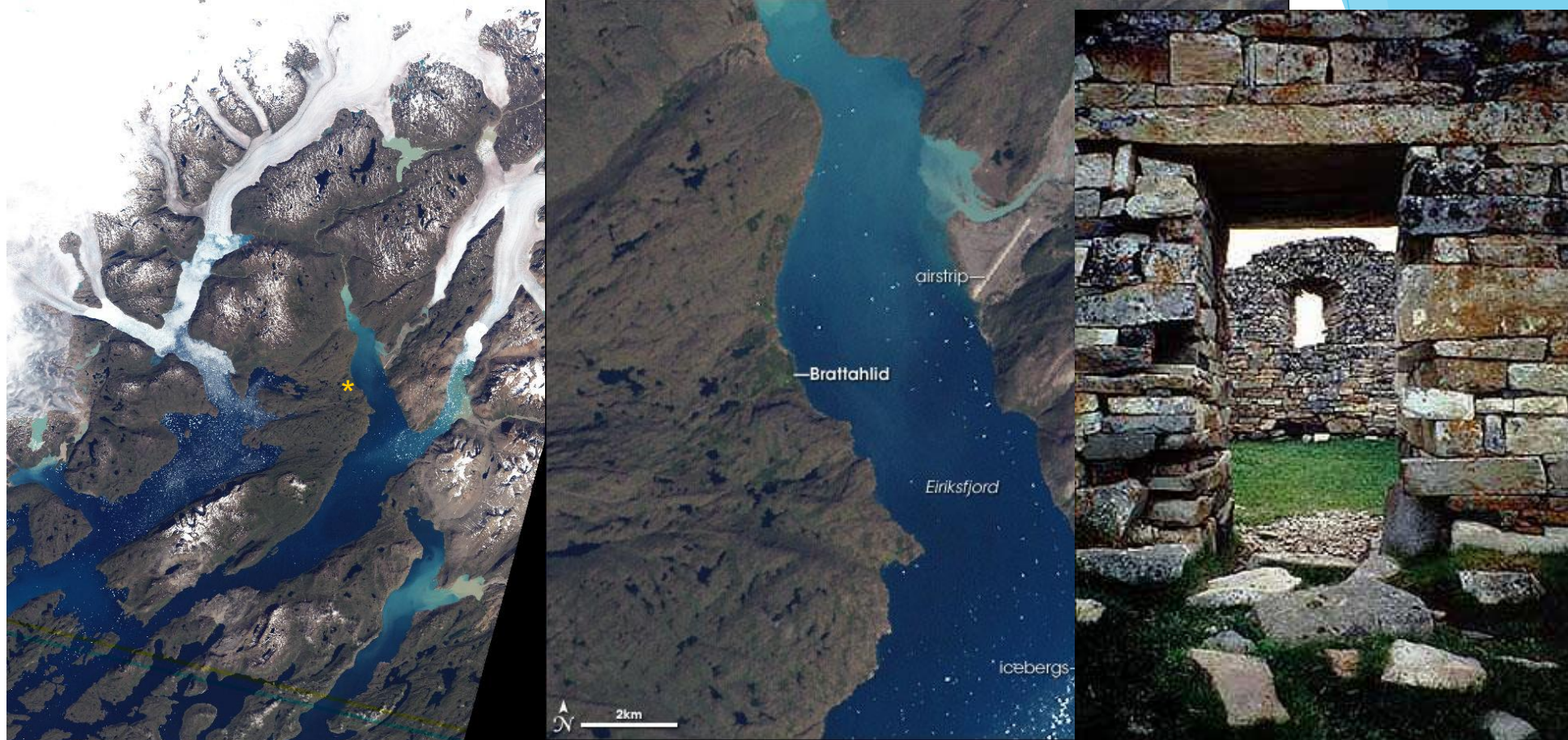
Ruinas de Tiwanaku
(100 a 1100 DC)

70 km al SE de La Paz
4000 m de altura

Sequías
Sobrepoblación



Puerta del Sol



Escandinavos en Groenlandia: 924-1440 DC

Daño Ambiente: deforestación en clima precario → erosión

Cambio Clima: Little Ice Age 1300-1400

Vecinos Hostiles: Esquimales

Vecino Amigables: Hielo cortó comunicación con Noruega

Reacción Cultural: conservadores y con elite aislada

Población: de 4000 a 0

	Anazasi	Mayas	Tihuanac	Groenlan	Actual
Daño ambiental	✓	✓	X	✓	? ✓ □
Sobrepoblación	✓	✓	✓	✓	? ✓
Cambio clima	✓	✓	✓	✓	? ✓
Indiferencia	✓	✓	?	✓	...?
	600-1140	250-909	100-1100	924-1440	2000-????

Hoy día:

Mundo globalizado y con tecnología (resuelve todo?)

Globalización (un colapso local = problema global, inmigración, terrorismo, epidemias), pero tenemos información que nos permite optar ...

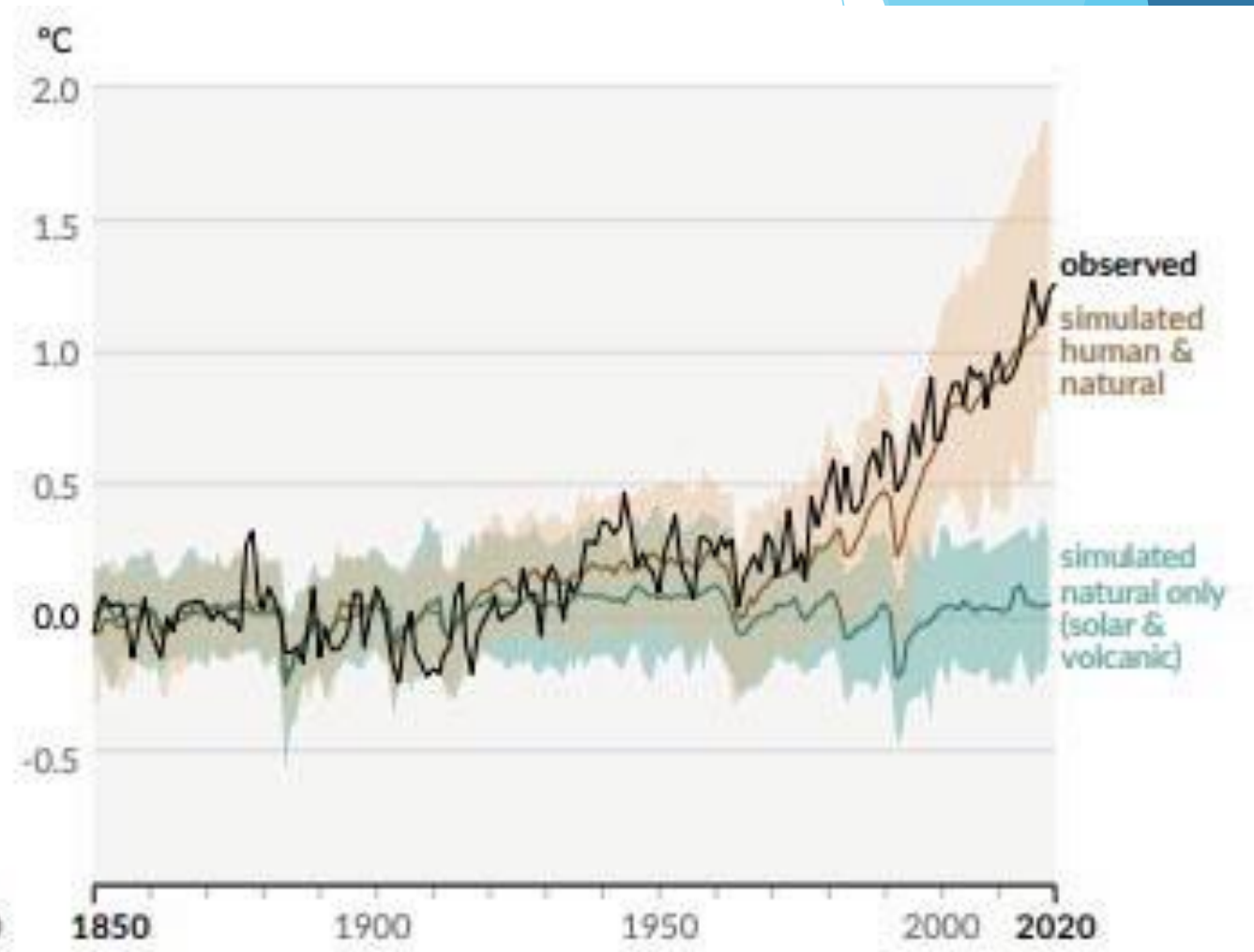
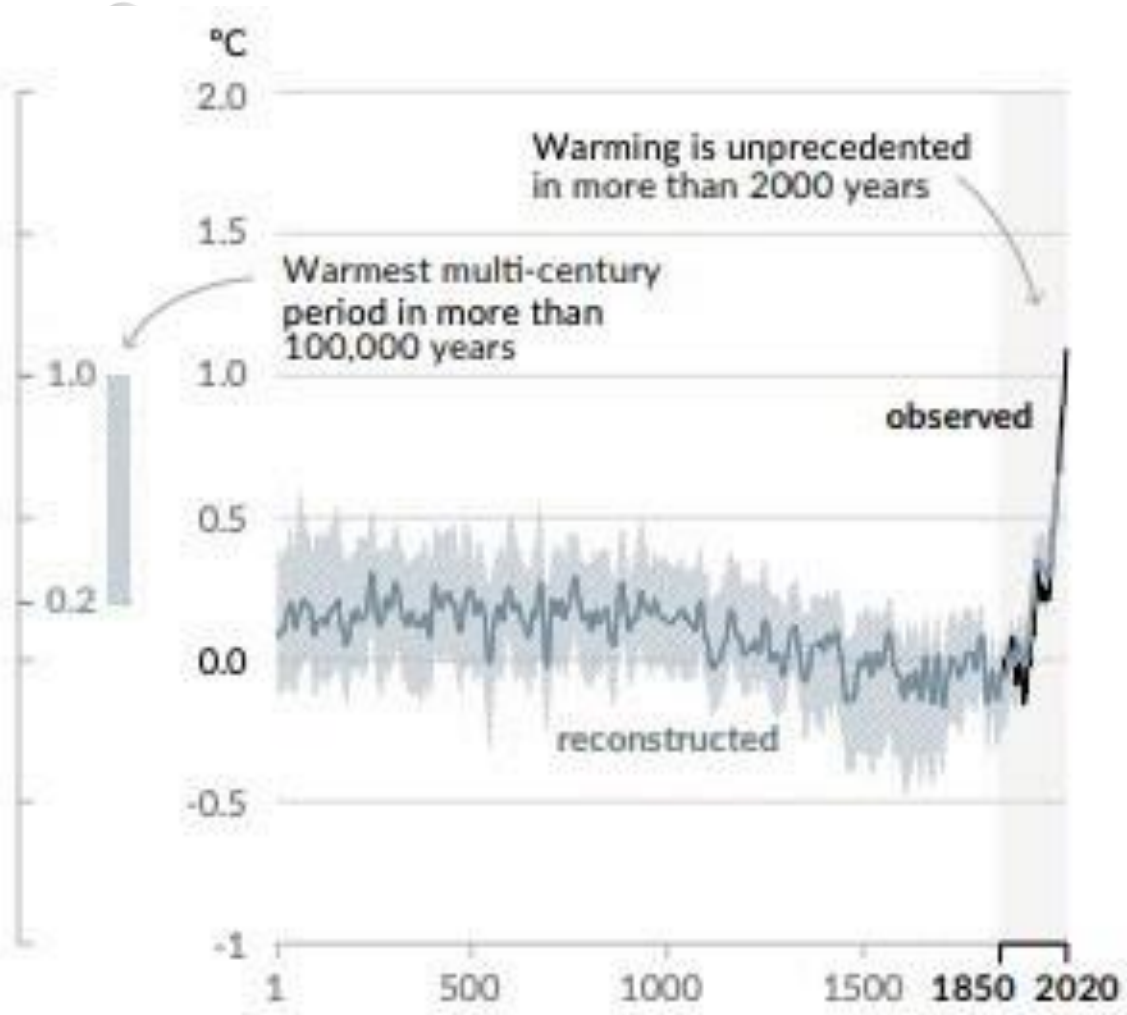


EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE EMISIONES DE CO₂

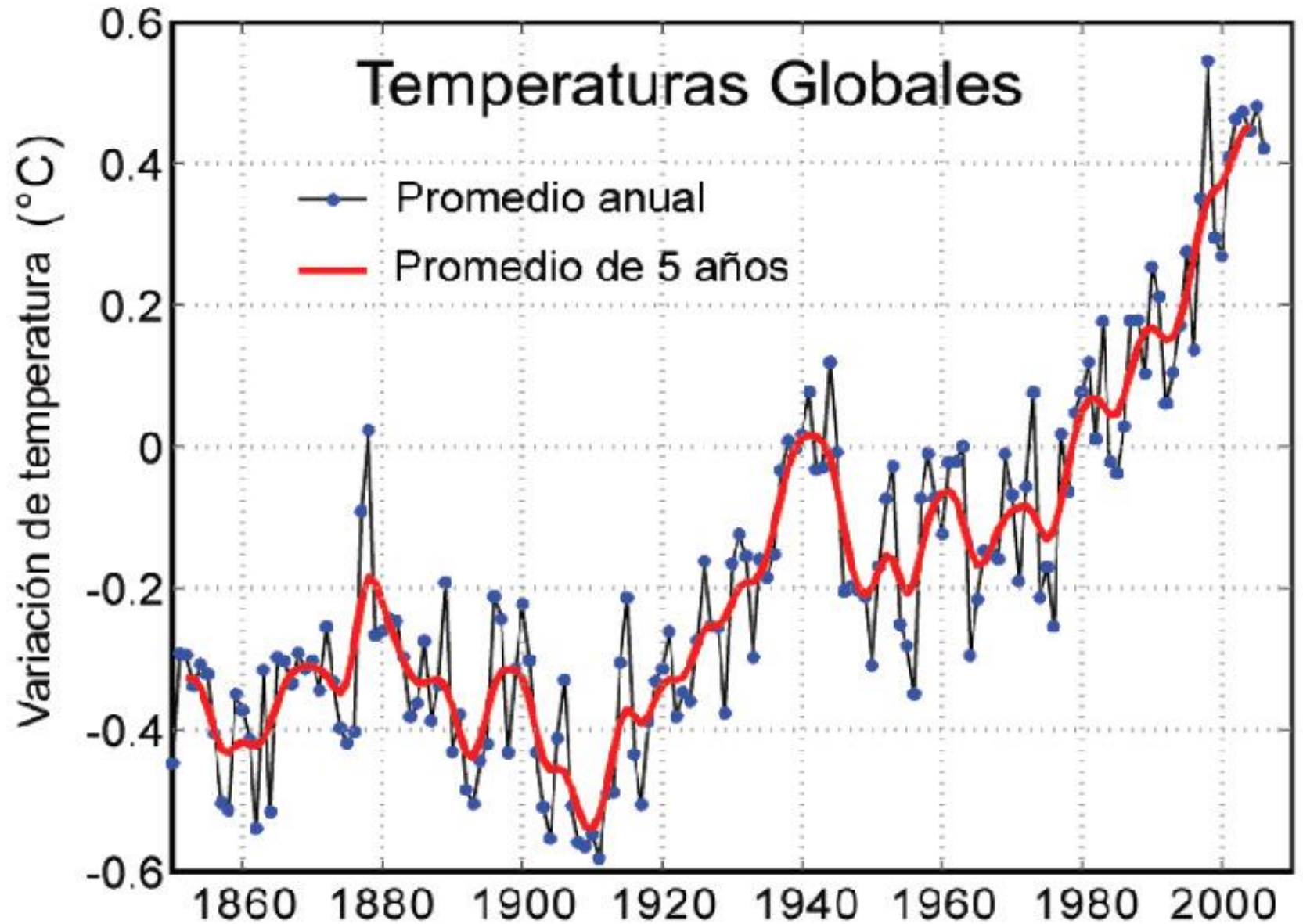


EVIDENCIAS ACTUALES DE CAMBIO CLIMÁTICO

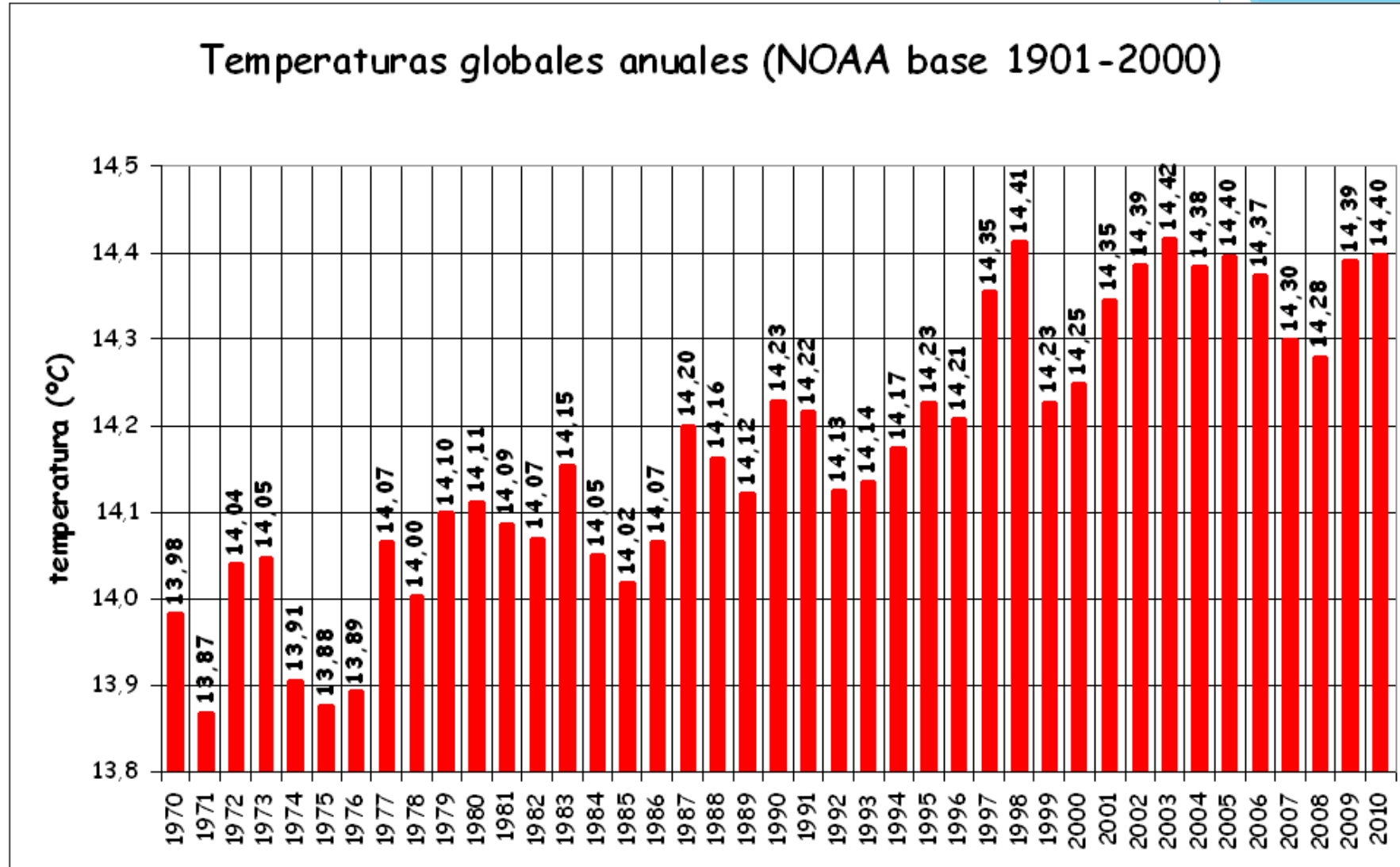
ANOMALÍAS DE TEMPERATURA GLOBAL EN LOS ÚLTIMOS DE 2000 AÑOS



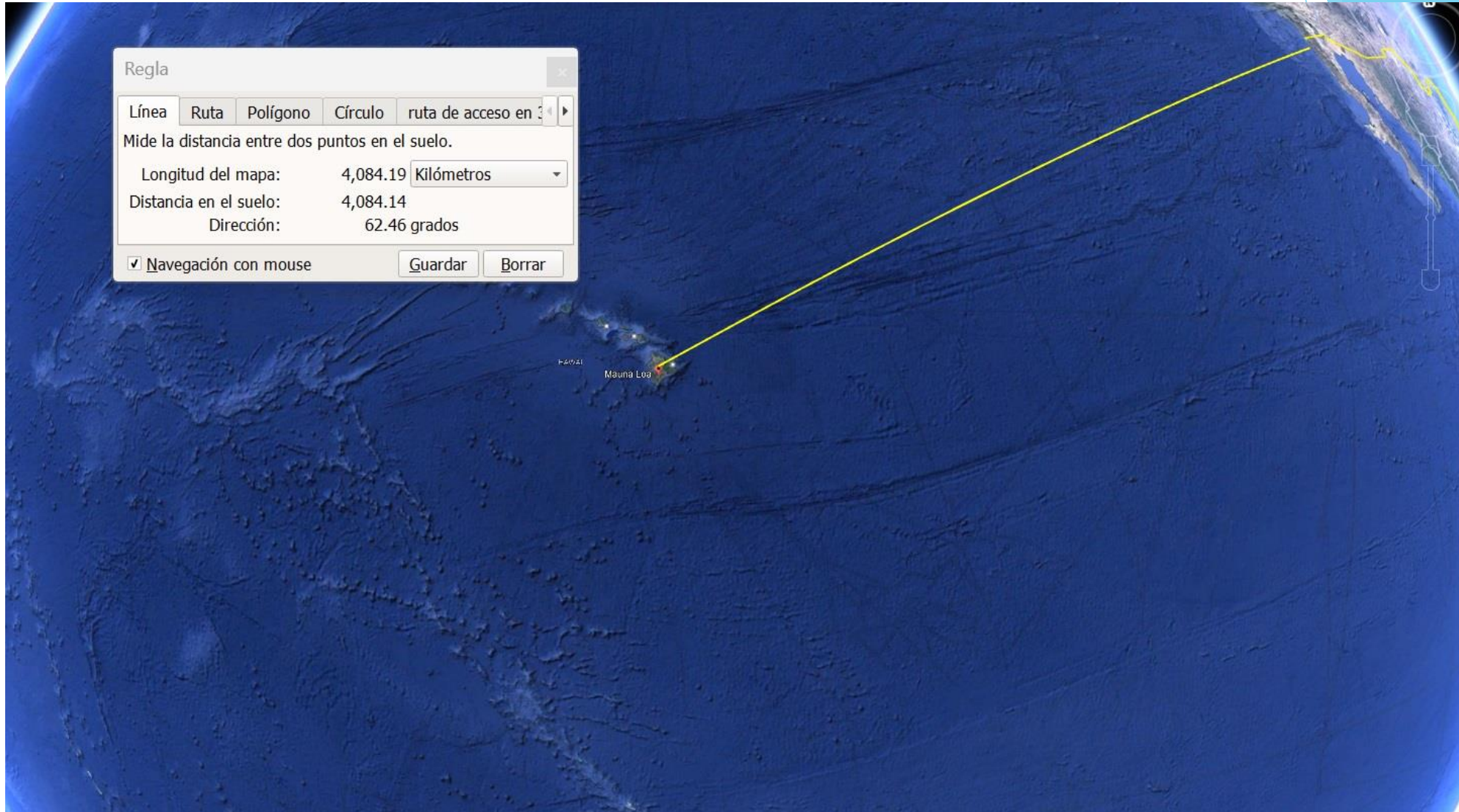
ANOMALÍAS DE TEMPERATURA GLOBAL EN LOS ÚLTIMOS DE 150 AÑOS



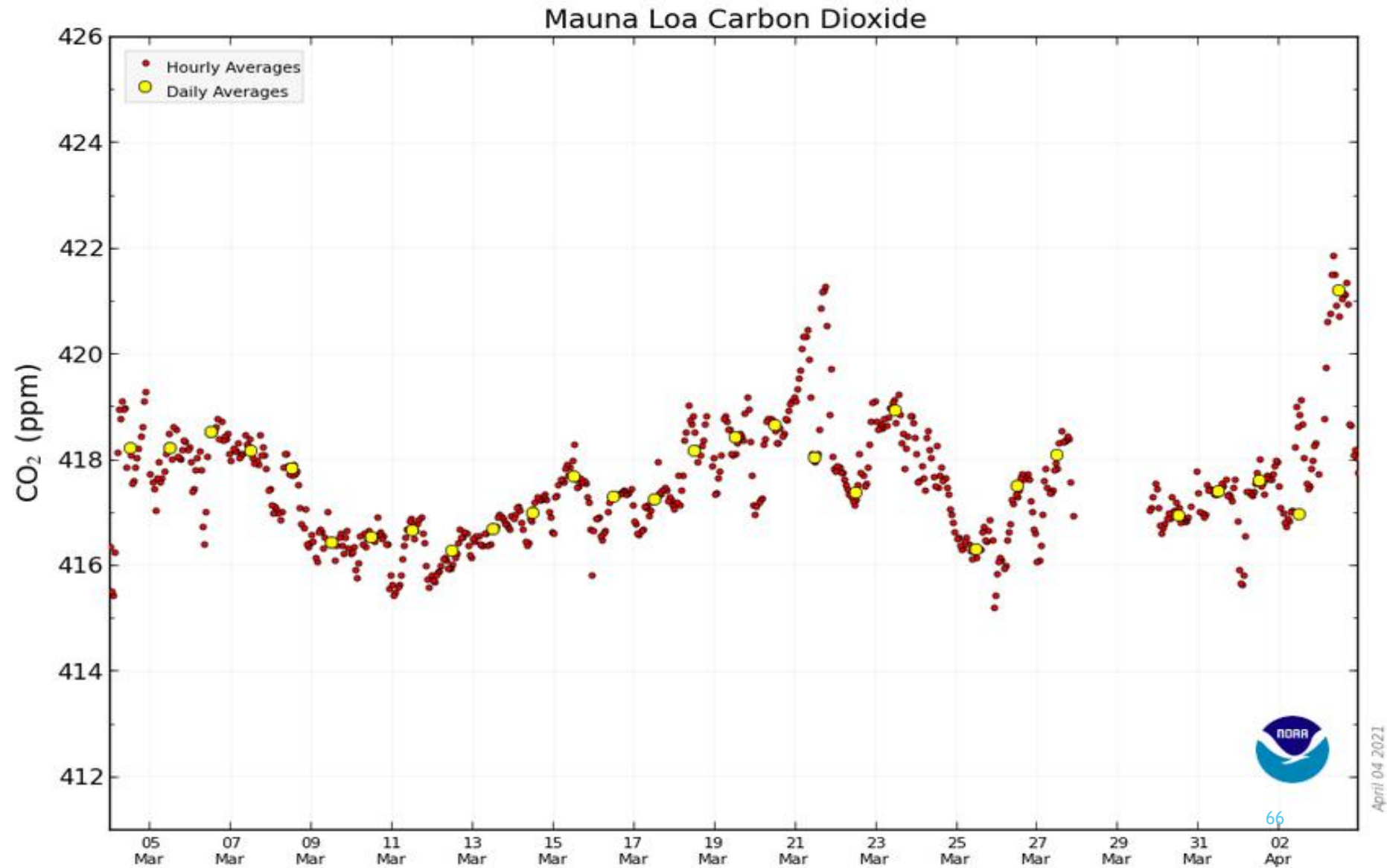
TEMPERATURA GLOBAL EN LOS ÚLTIMOS DE 30 AÑOS



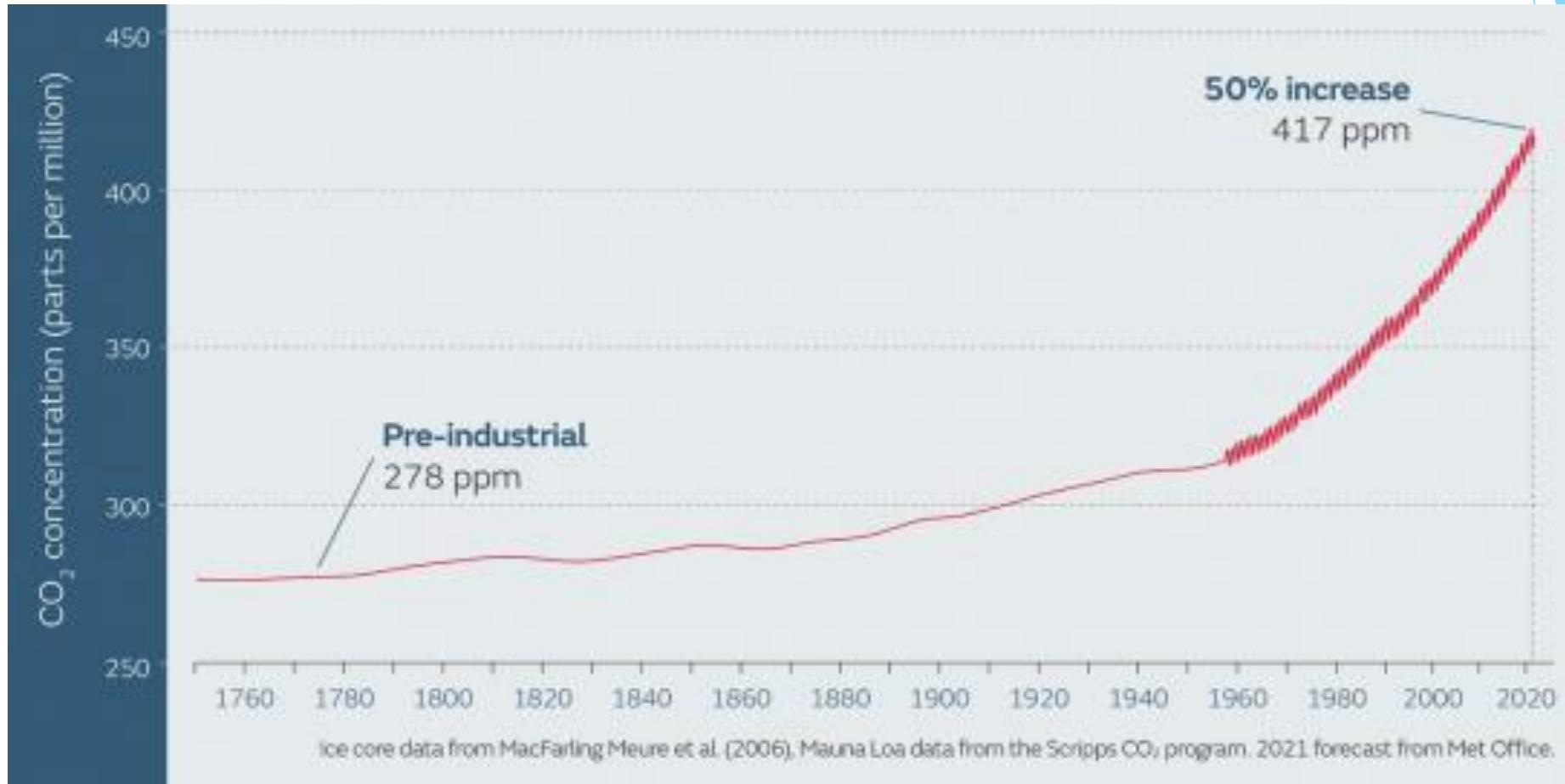
OBSERVATORIO MAUNA LOA , HAWAII



¿COMO SE MIDE EL CO₂?



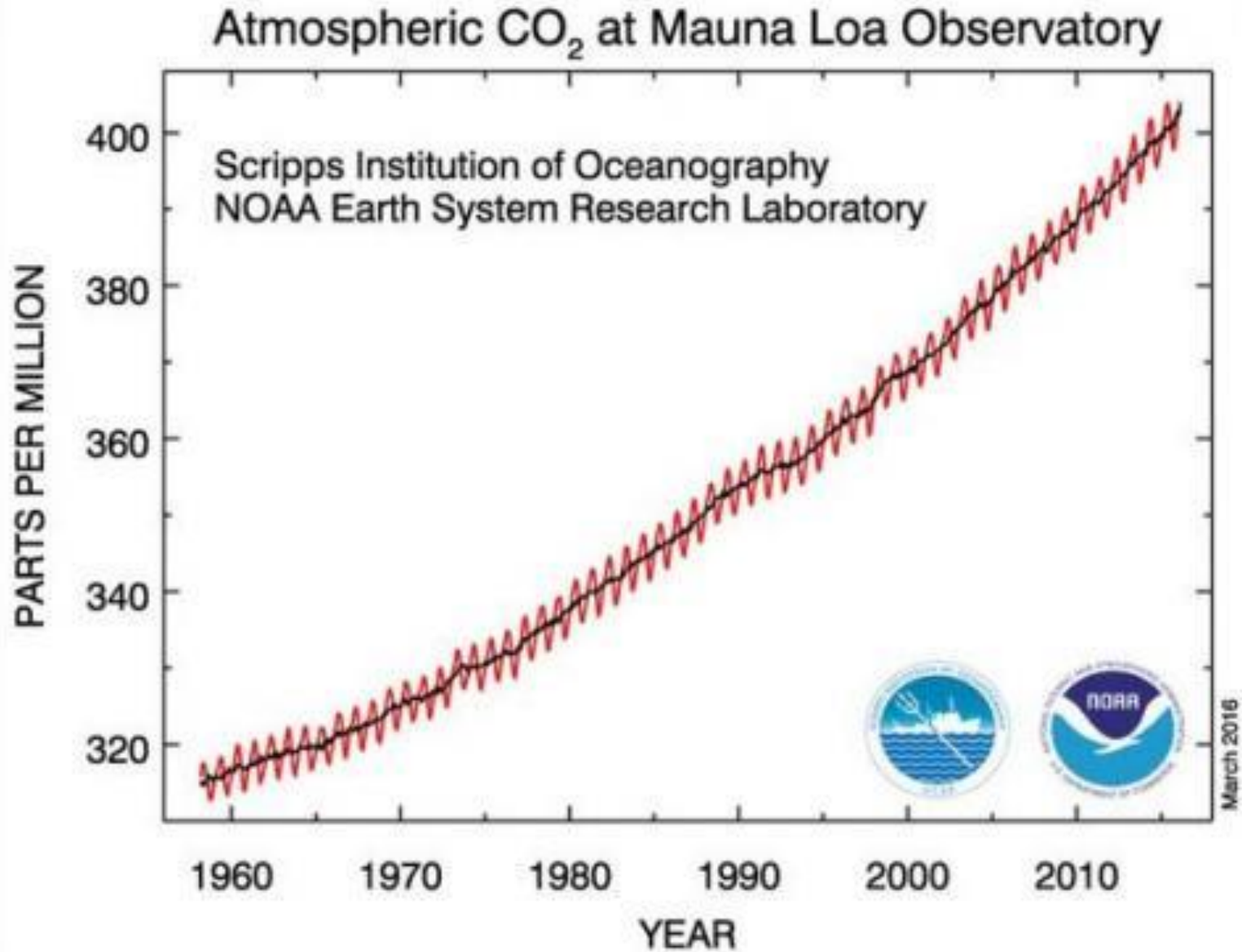
EI CO2 ACTUAL



¿COMO SE MIDE EL CO₂?

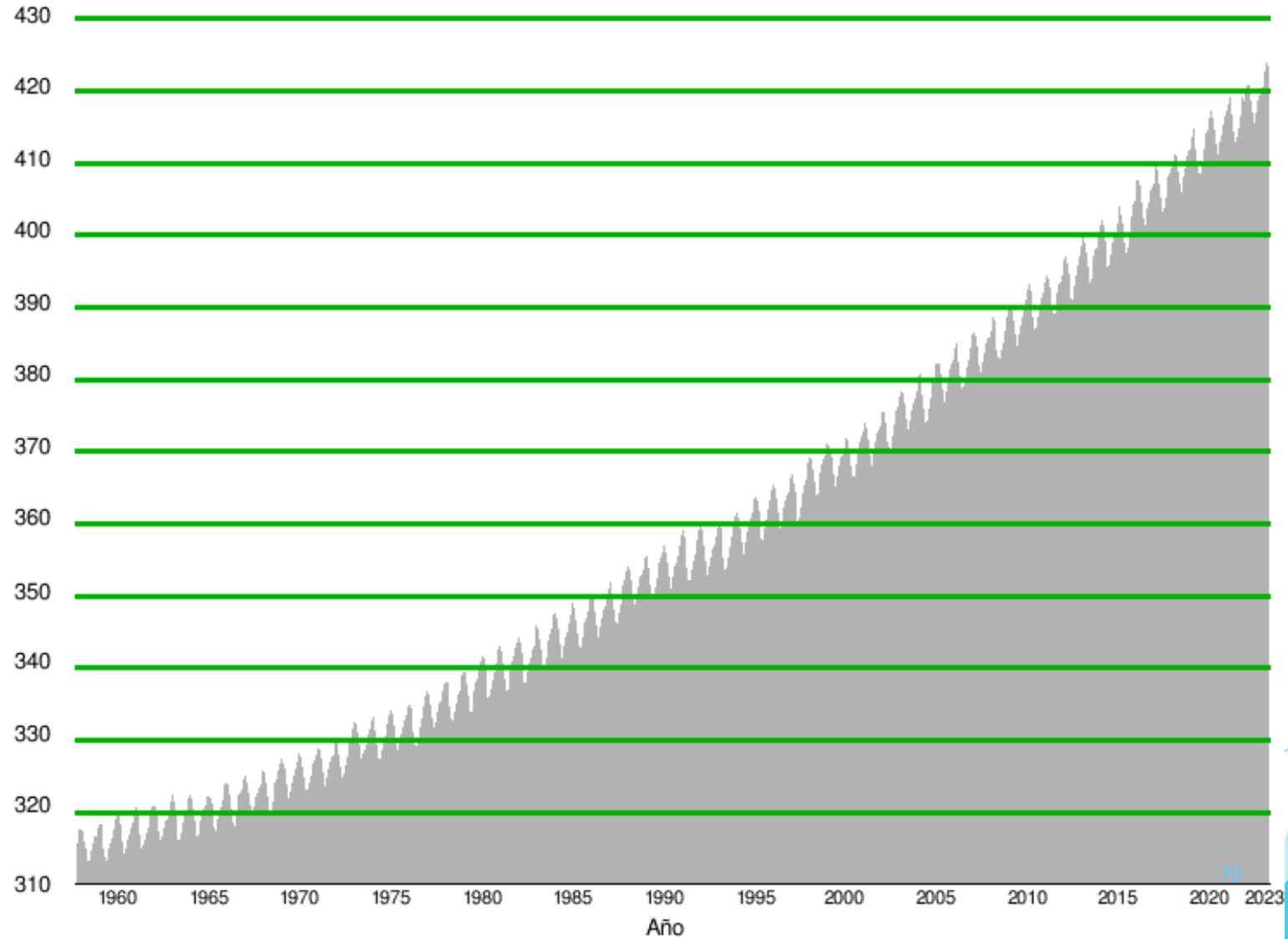
- ▶ Hace un par de años el Observatorio Mauna en Hawái anunció que a lo largo de 2021 la acumulación de CO₂ en la atmósfera superaría por primera vez el 50% de los niveles preindustriales. Por primera vez desde que se registra, **la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera ha superado la barrera de 420 partes por millón.**
- ▶ Este hito, causado por la actividad humana, representa la mitad de la duplicación de los niveles de CO₂ preindustriales. Es decir, al alcanzar y superar una concentración de **416** partes por millón significa que hemos pasado el punto medio entre los niveles de **CO2 preindustrial, alrededor de 278 partes por millón**, y que estamos a mitad de camino de una duplicación de esa cifra, o **556** partes por millón.
- ▶ La estación de investigación, **en la cima de un volcán de más de 4.000 metros**, ha estado monitoreando el clima y la química de la atmósfera continuamente desde la década de 1950. Su ubicación le permite tomar muestras del aire más puro disponible.
- ▶ Fuente: <https://www.elagoradiario.com/desarrollo-sostenible/co2-50-mas-alto-era-preindustrial/> Del 07 de abril de 2021.

CURVA DE KEELING 1958 - 2021



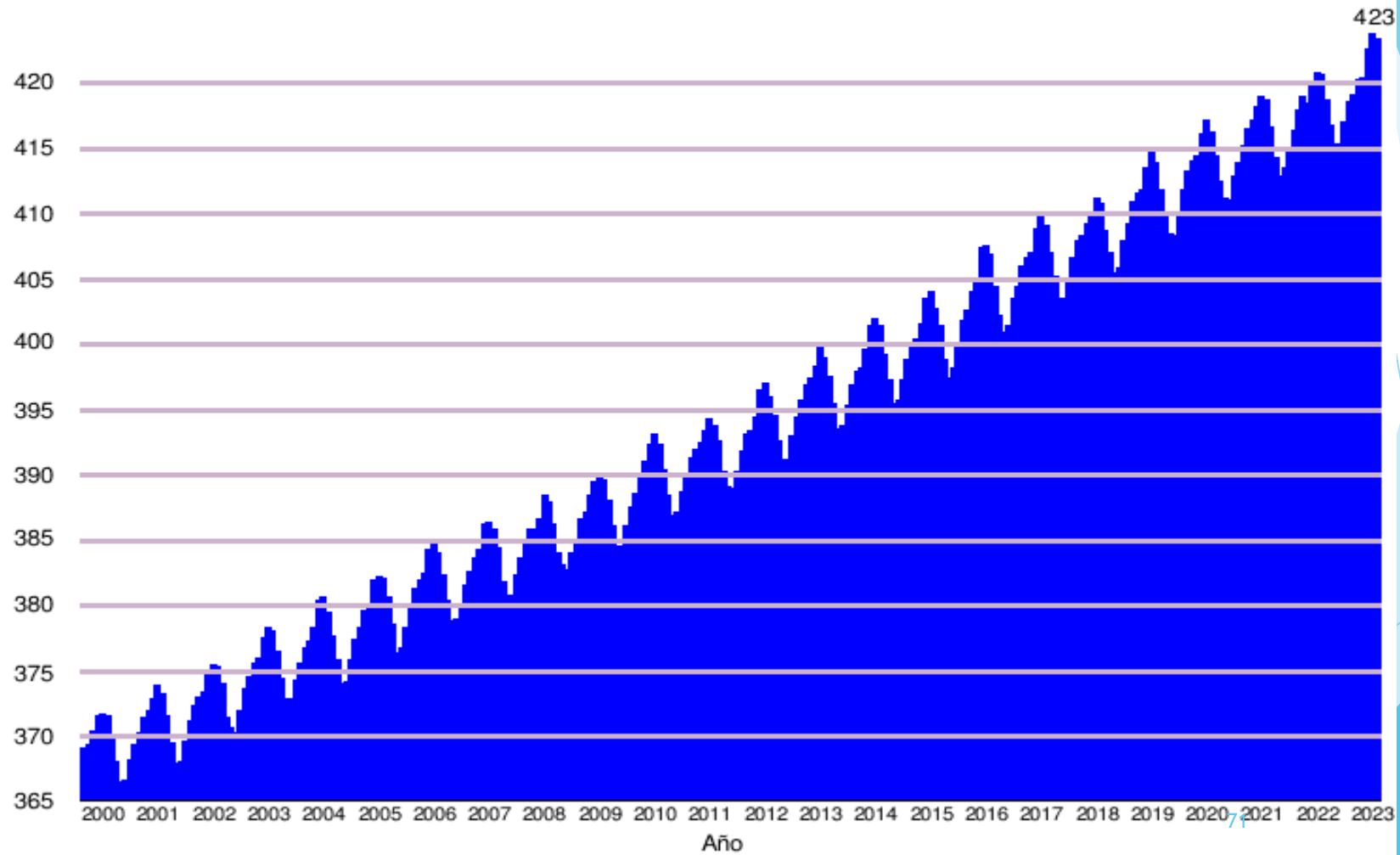
CURVA DE KEELING 1958 - 2023

Concentración CO₂ en ppm

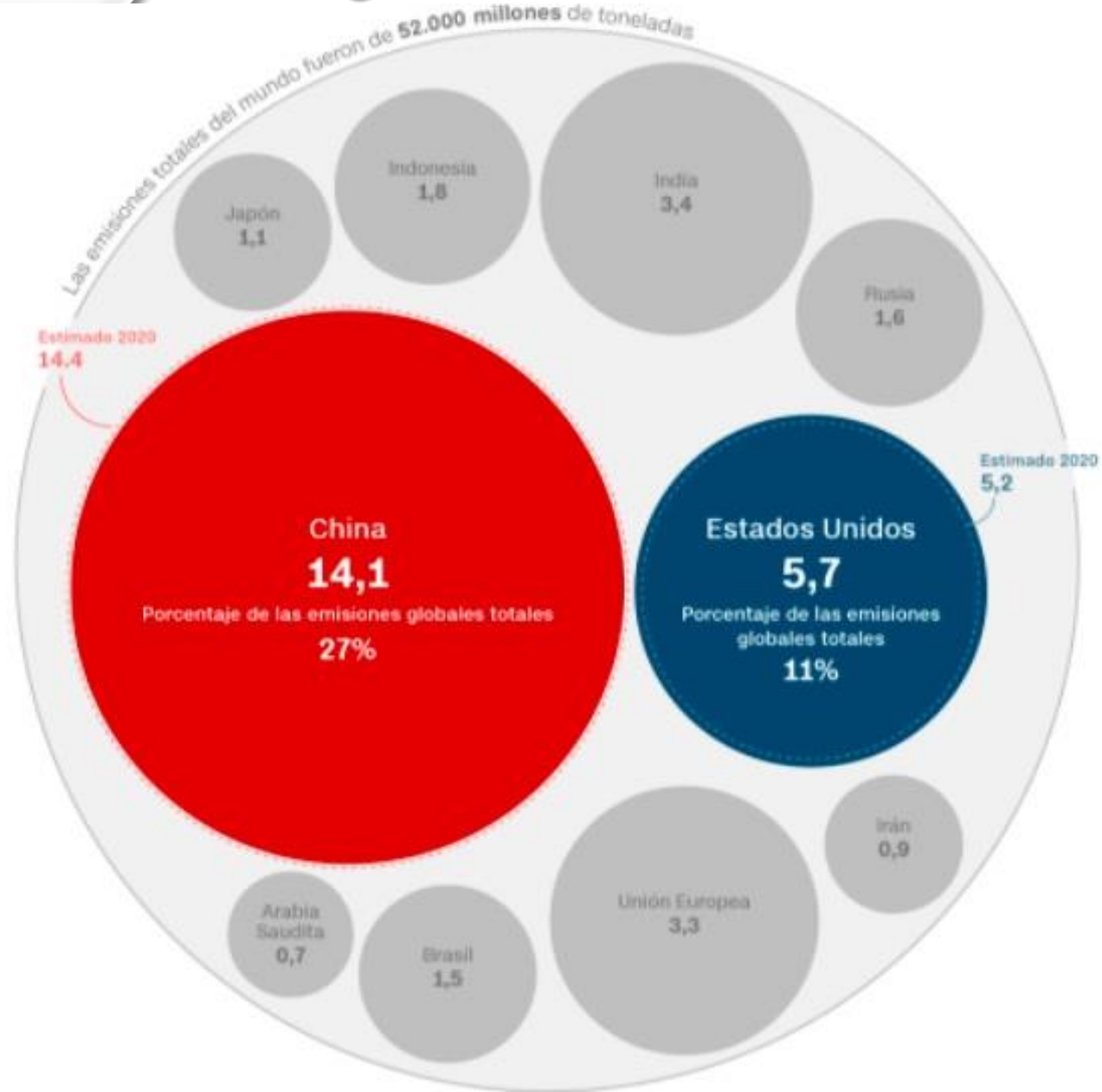


CURVA DE KEELING 2000 - 2023

Concentración CO₂ en ppm



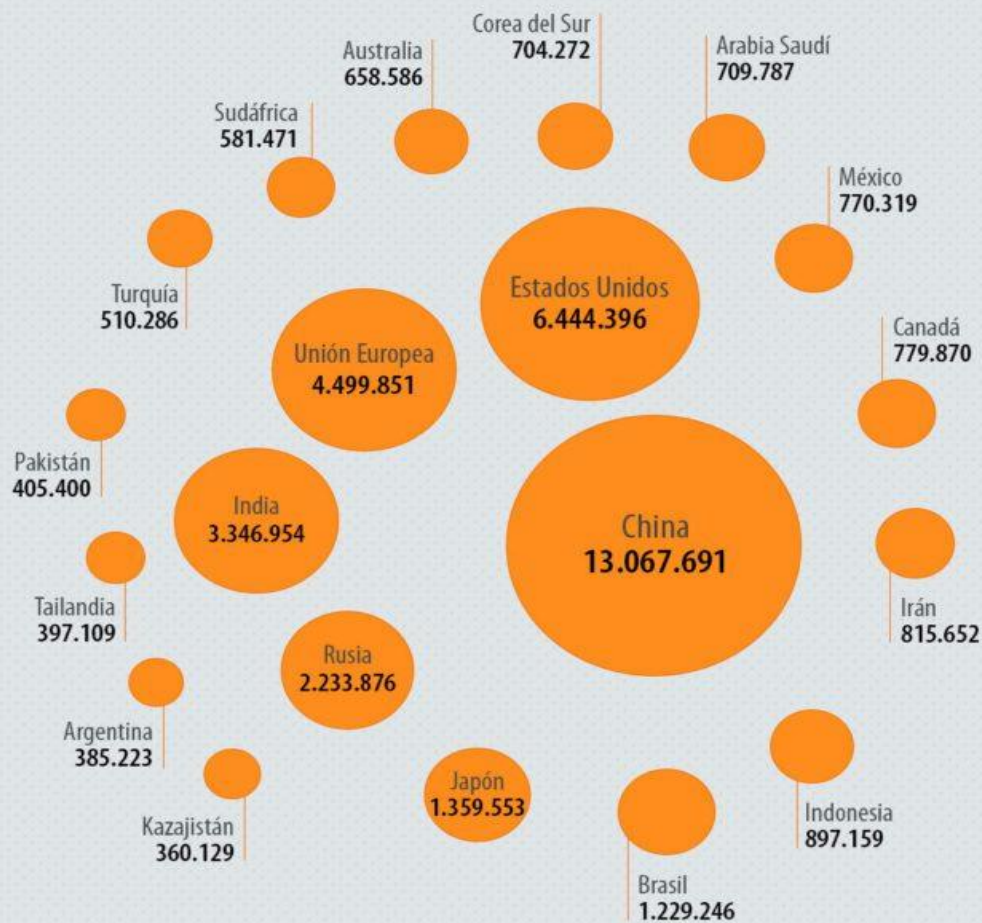
MAYORES EMISIONES DE CO2



MAYORES EMISIONES DE CO2

Principales emisores de gases de efecto invernadero en el mundo en 2015

[kilotoneladas de equivalente de CO₂]

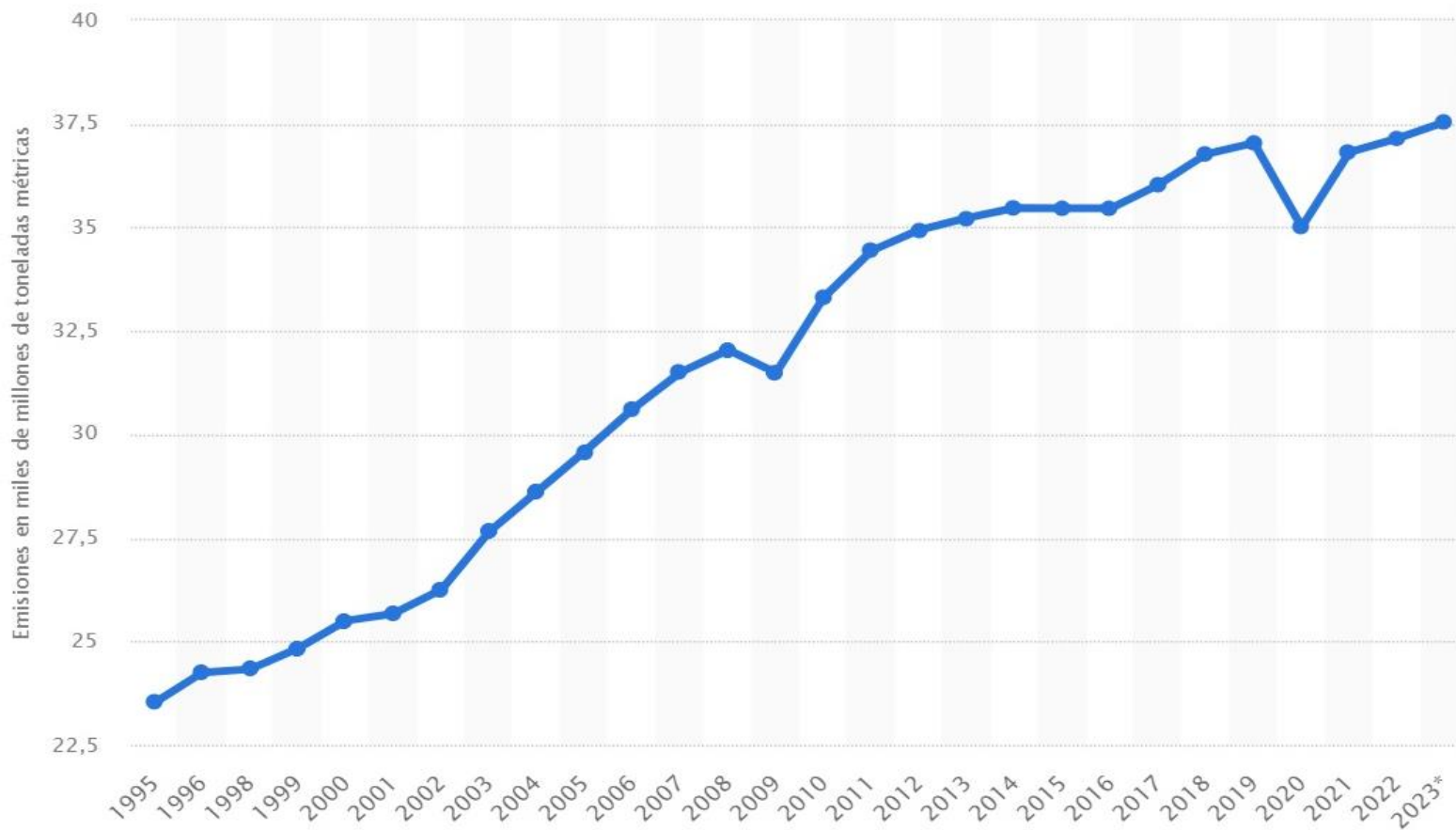


ESTADO ACTUAL Y MEDICIONES RECIENTES

ESTADO ACTUAL

Emisiones mundiales de CO2 de 1995 a 2023

(en miles de millones de toneladas métricas)



ESTADO ACTUAL

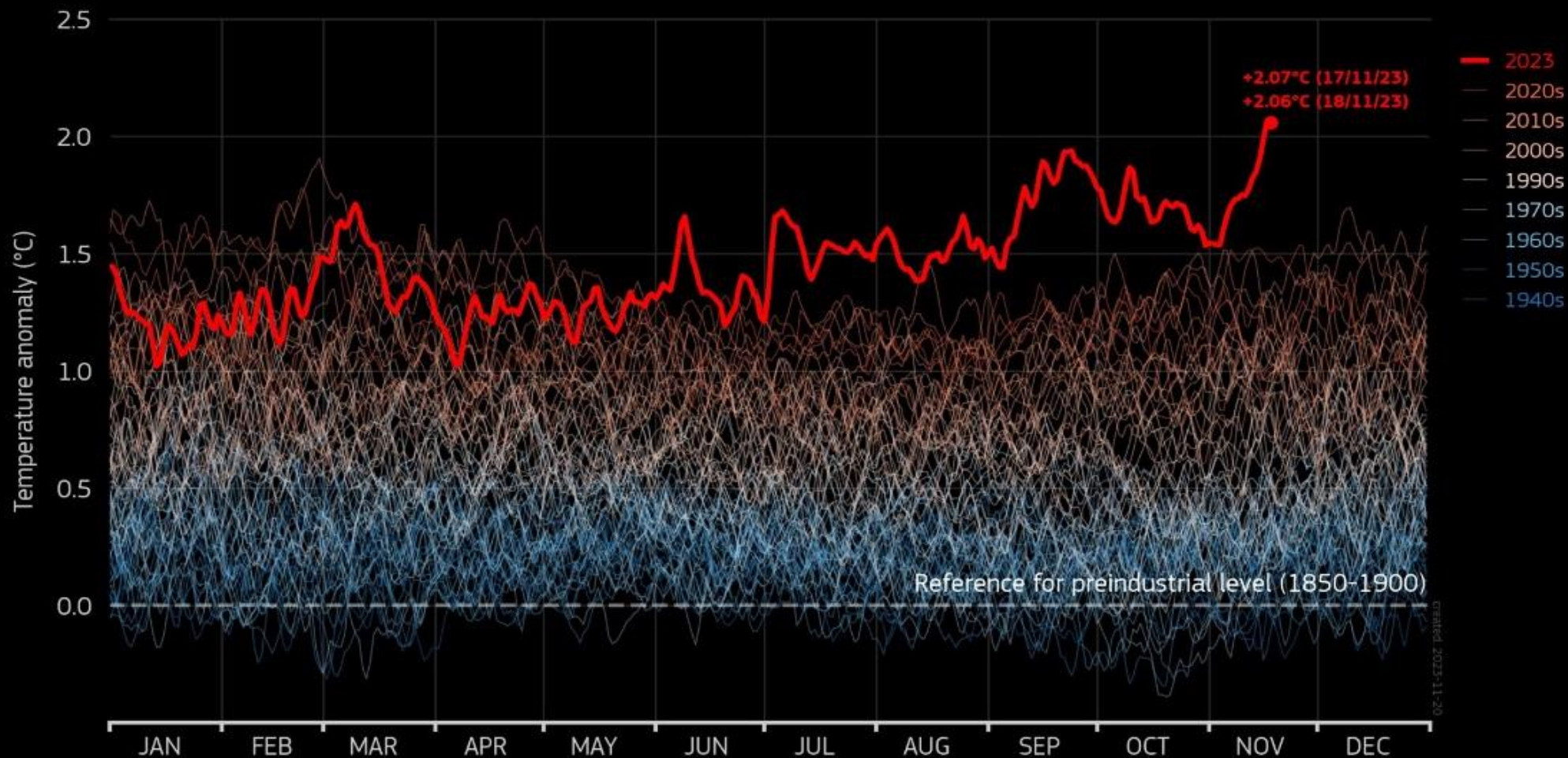
DAILY GLOBAL SURFACE AIR TEMPERATURE ANOMALY

Data: ERA5 1940–2023 • Reference period: 1850–1900 • Credit: C3S/ECMWF



Climate
Change Service

climate.copernicus.eu



PROGRAMME OF
THE EUROPEAN UNION



IMPLEMENTED BY
ECMWF

ESTADO ACTUAL

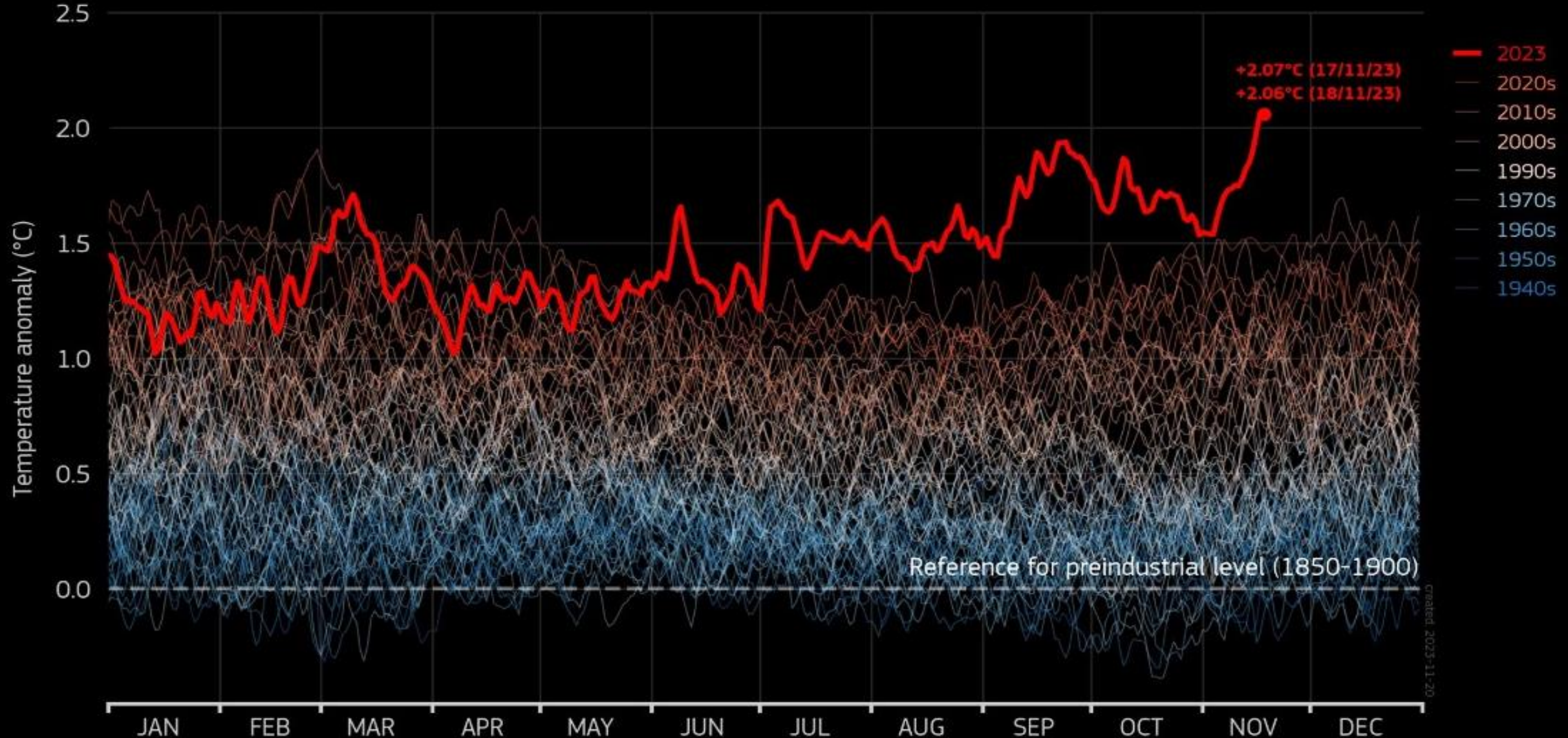
DAILY GLOBAL SURFACE AIR TEMPERATURE ANOMALY

Data: ERA5 1940-2023 • Reference period: 1850-1900 • Credit: C3S/ECMWF



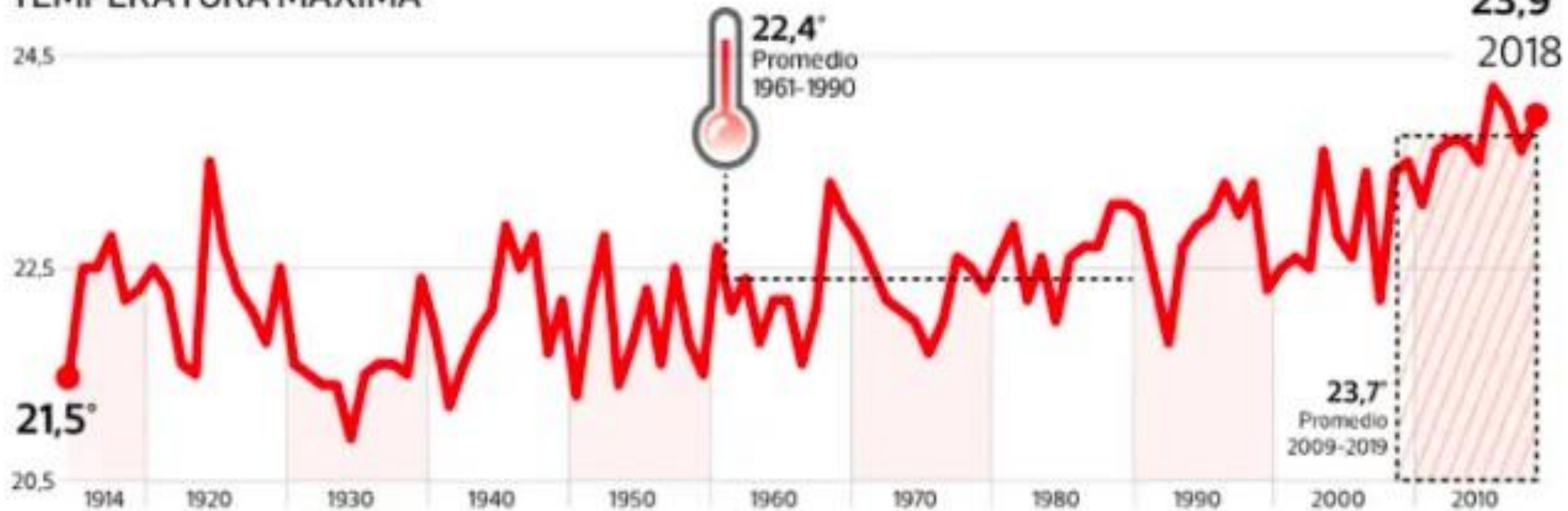
Climate
Change Service

climate.copernicus.eu



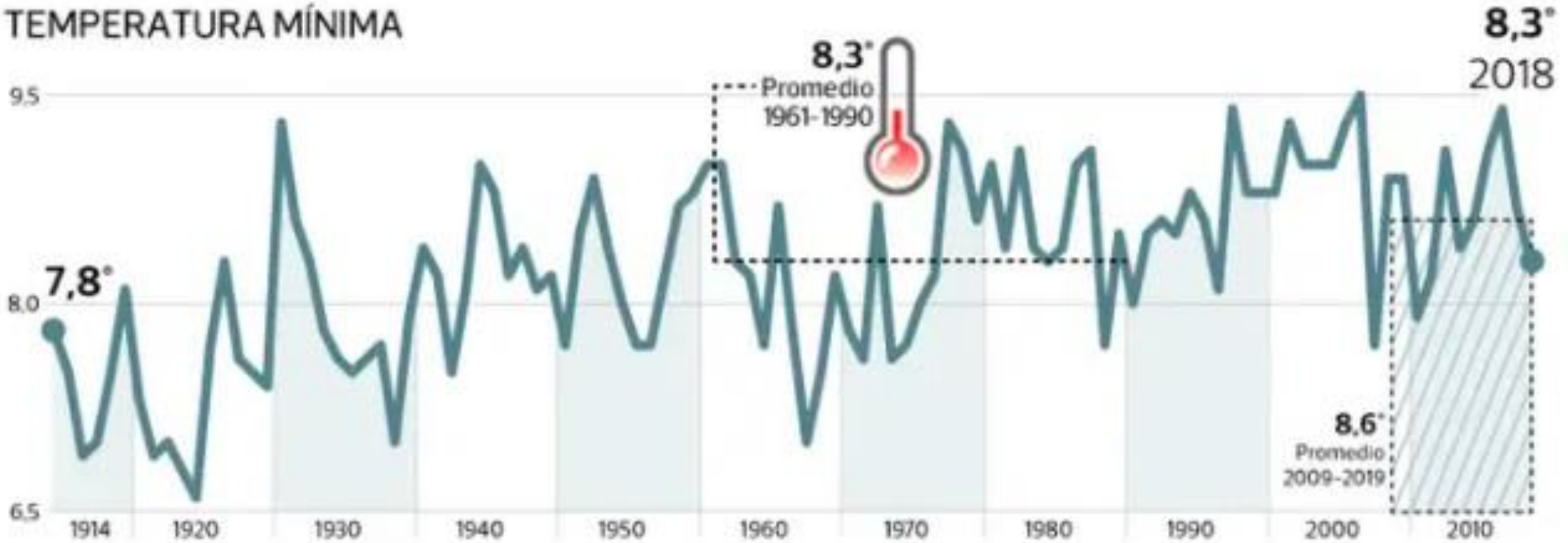
Temperaturas máximas en Santiago

TEMPERATURA MÁXIMA

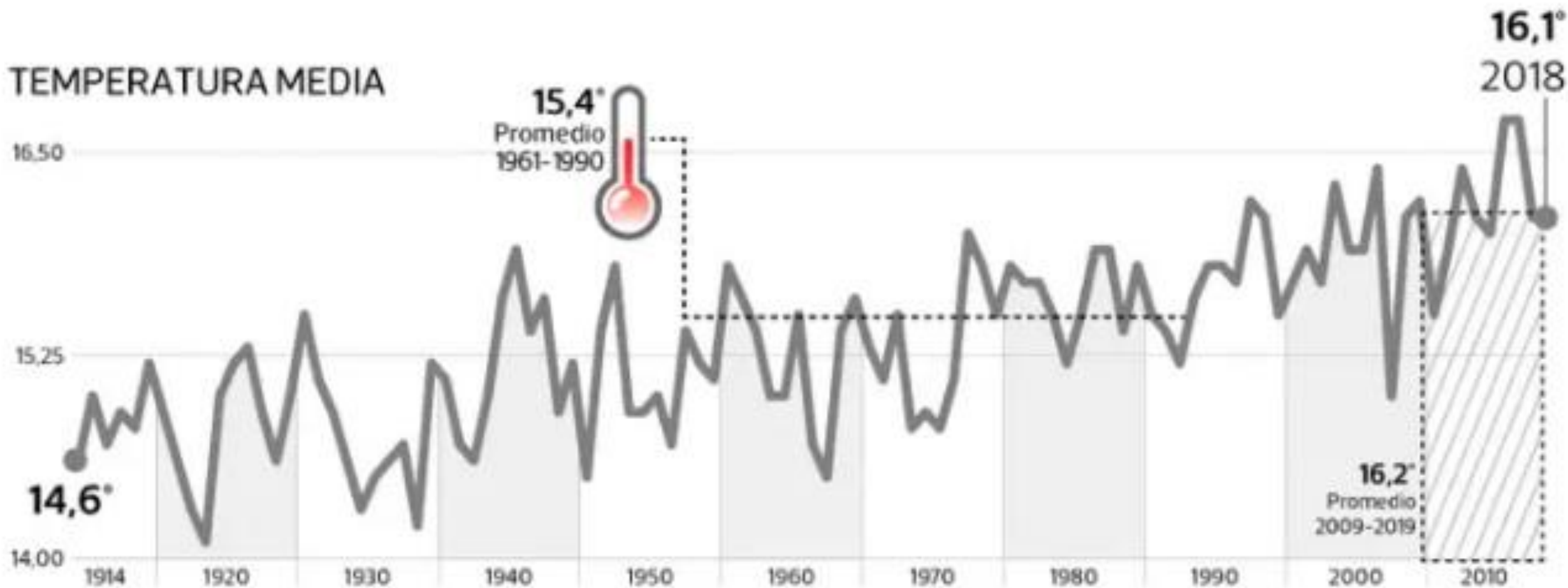


Temperaturas mínimas en Santiago

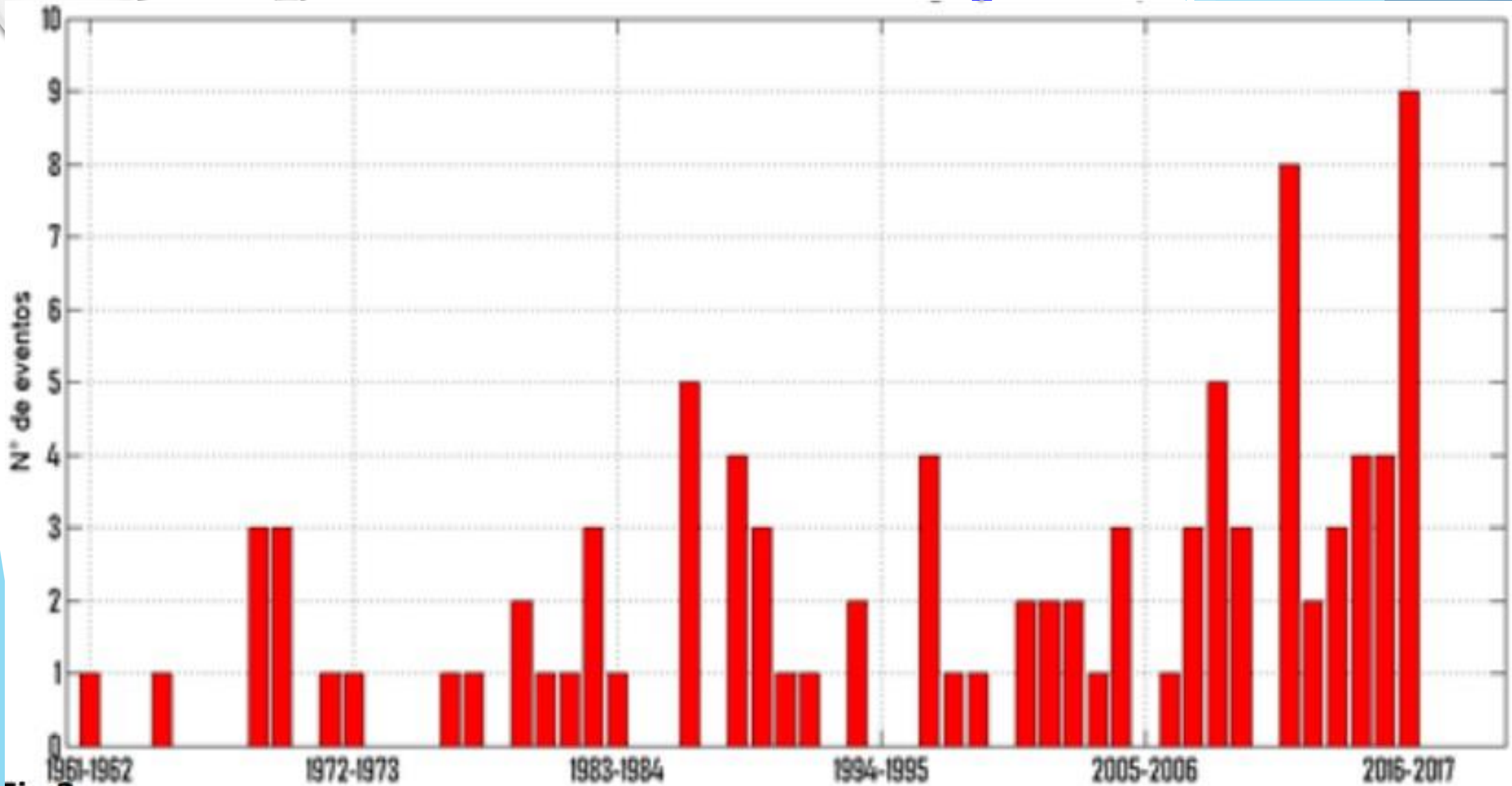
TEMPERATURA MÍNIMA



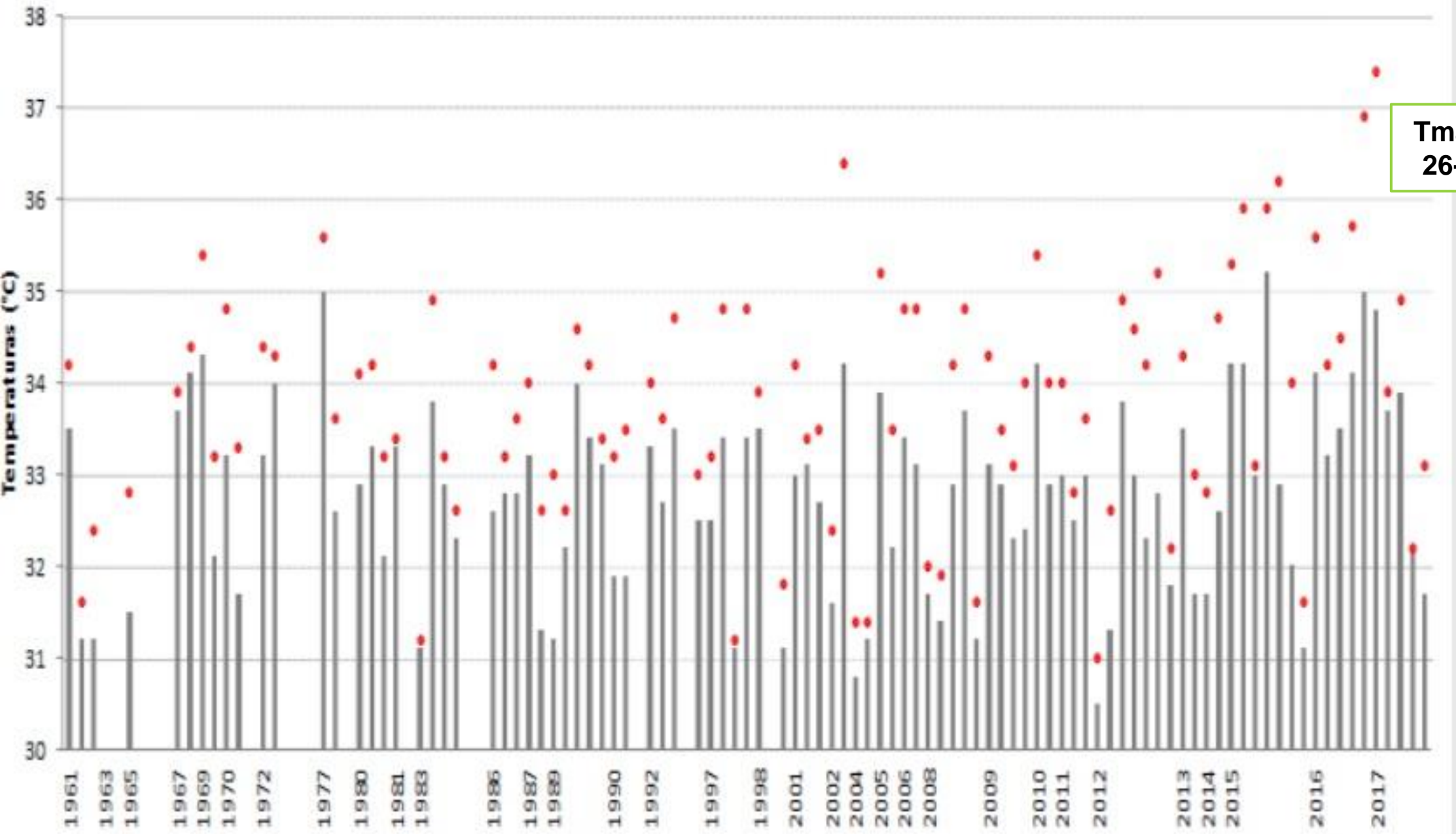
Temperaturas medias en Santiago



Número de OLAS DE CALOR en Santiago

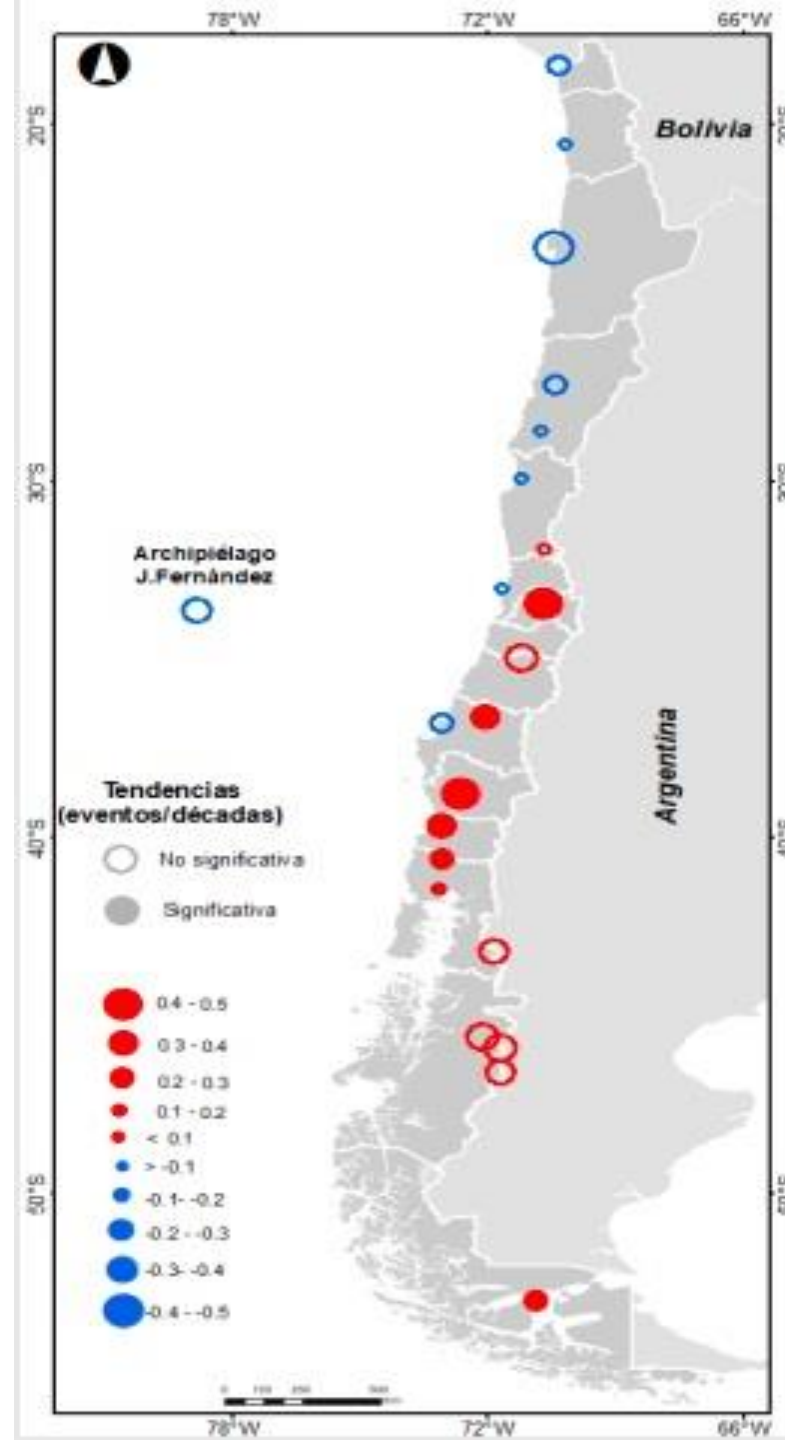


T. promedio y máxima en OLAS DE CALOR en Santiago

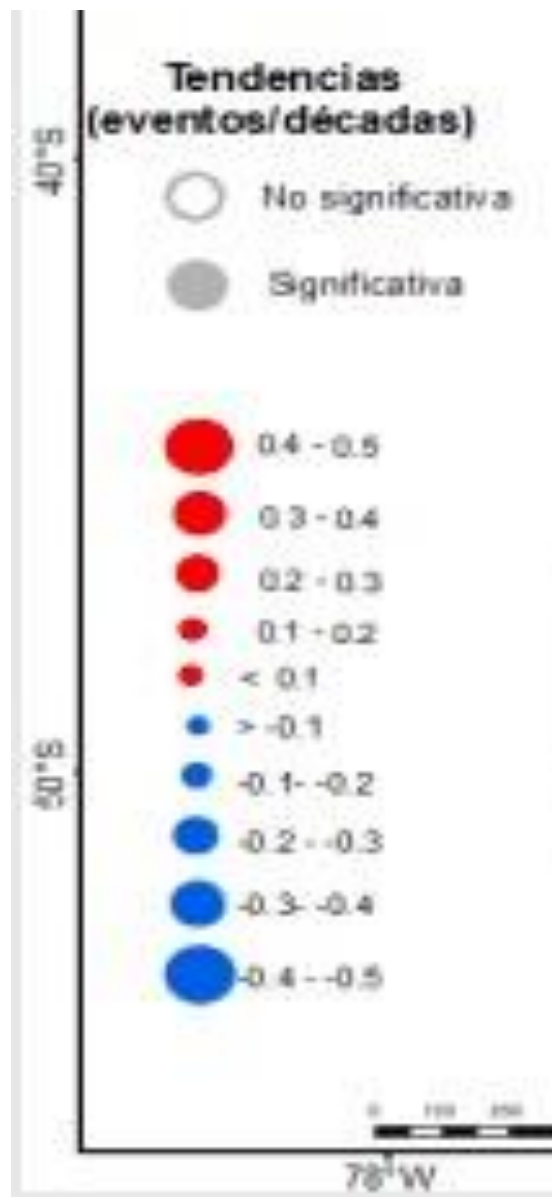


Tmáx abs: 38,3° C
26-01-2019 17:33

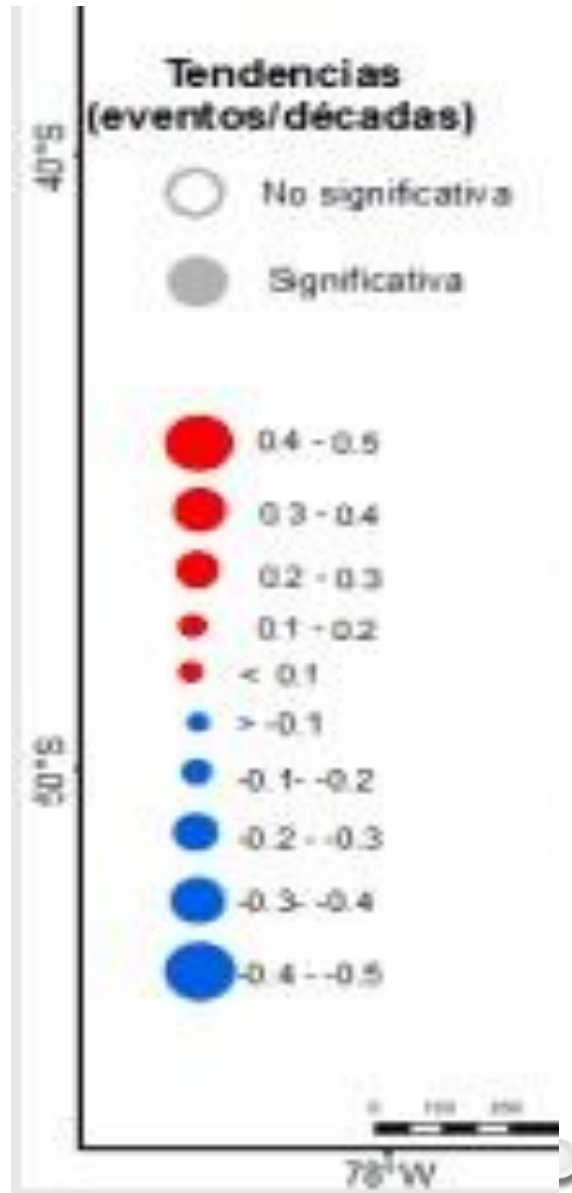
Tendencia OLAS DE CALOR POR DÉCADA en Chile



Tendencia OLAS DE CALOR POR DÉCADA en Chile



Tendencia OLAS DE CALOR POR DÉCADA en Chile

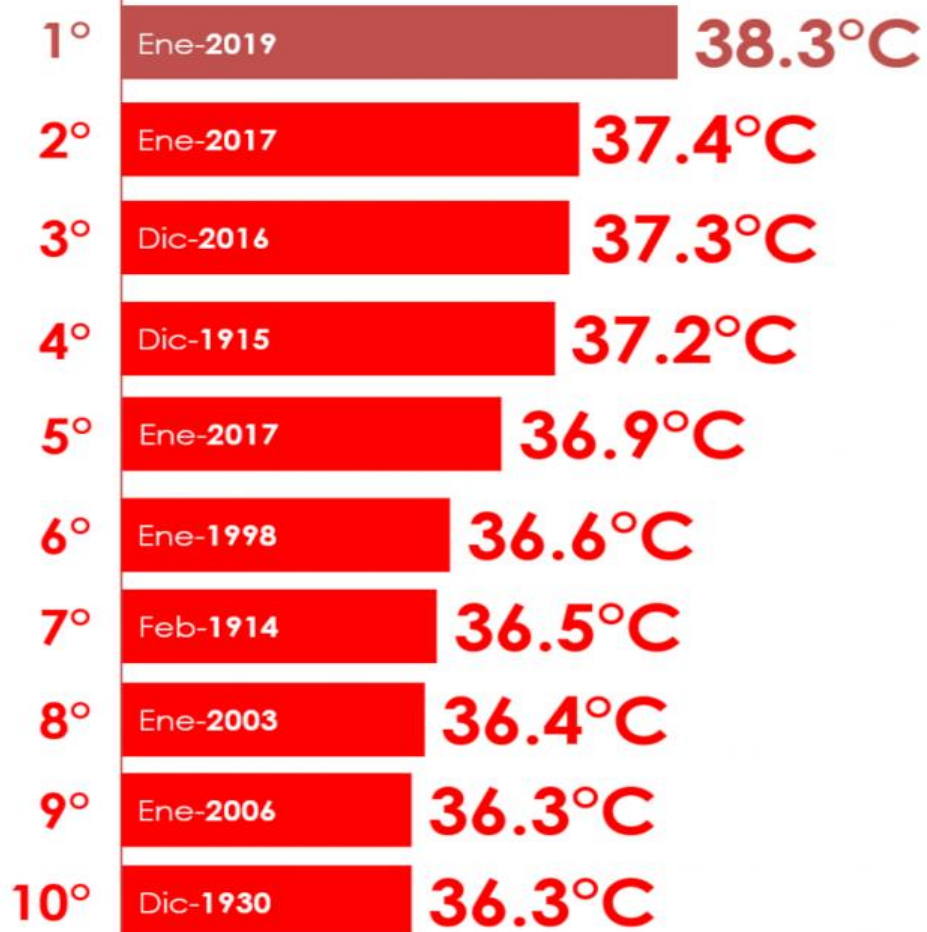


T. Máx. ABSOLUTAS Santiago Y PUDAHUEL

Actualizado
Enero de 2019

Temperaturas máximas absolutas en Santiago en los últimos 108 años (1912-2019)

Estación Quinta Normal

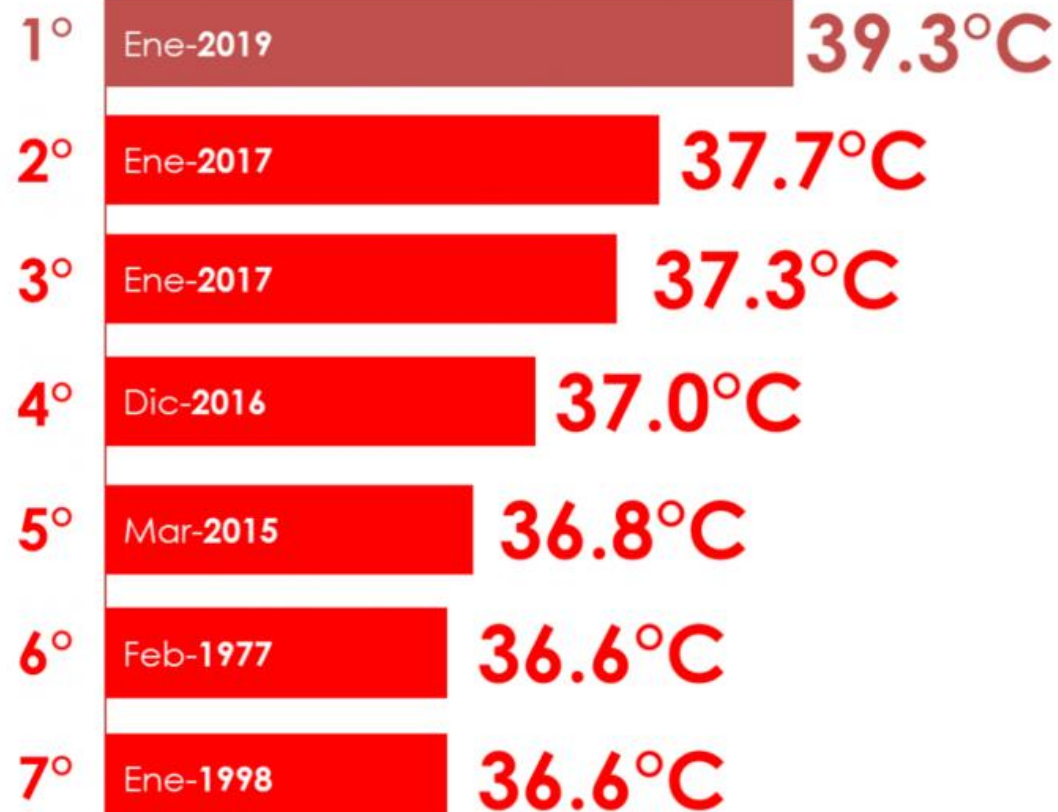


Sección Climatología
Oficina de Servicios Climatológicos
Dirección Meteorológica de Chile



Temperaturas máximas absolutas en Pudahuel en los últimos 52 años (1968-2019)

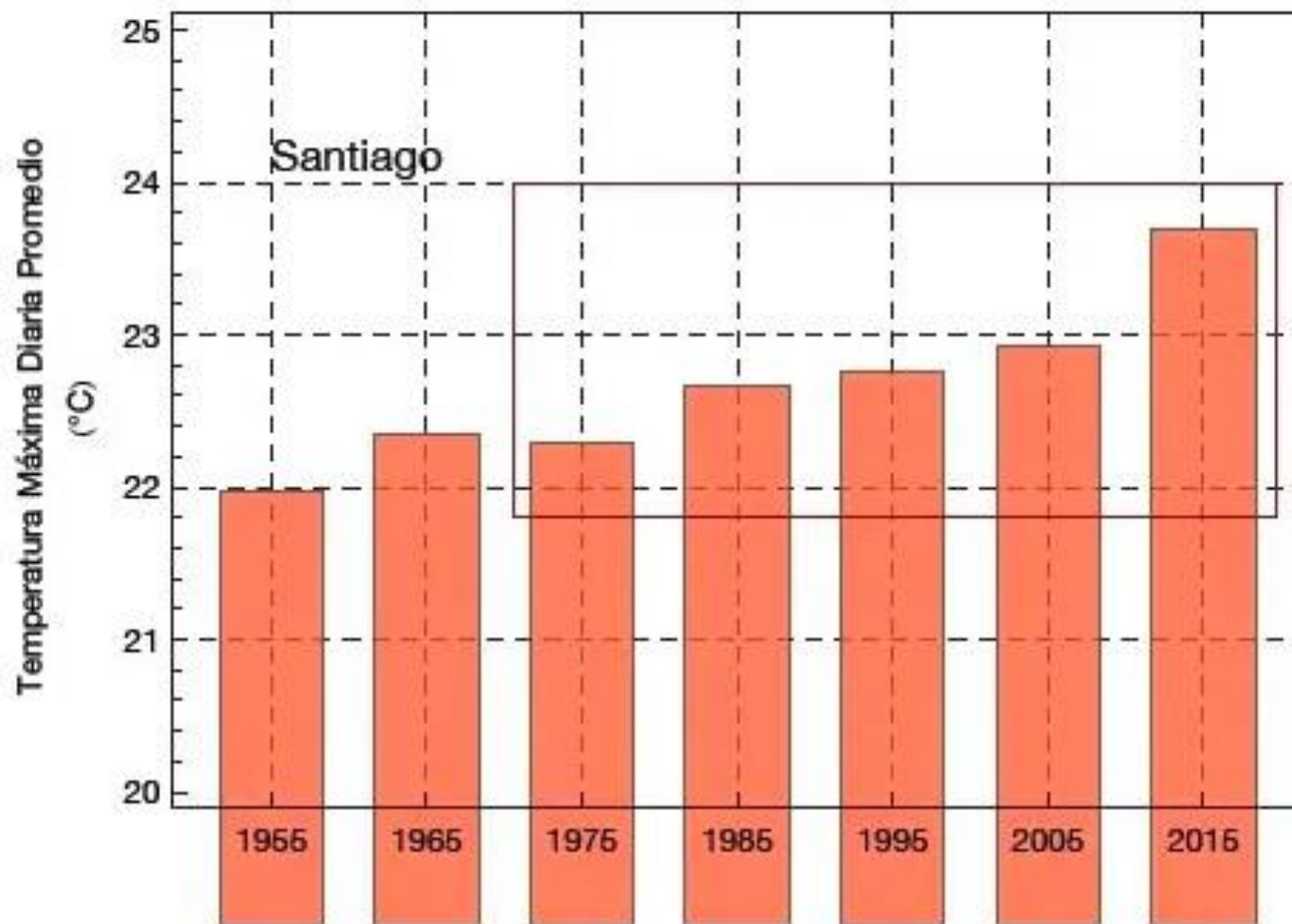
Estación Pudahuel - Aeropuerto Arturo Merino Benítez



Sección Climatología
Oficina de Servicios Climatológicos
Dirección Meteorológica de Chile



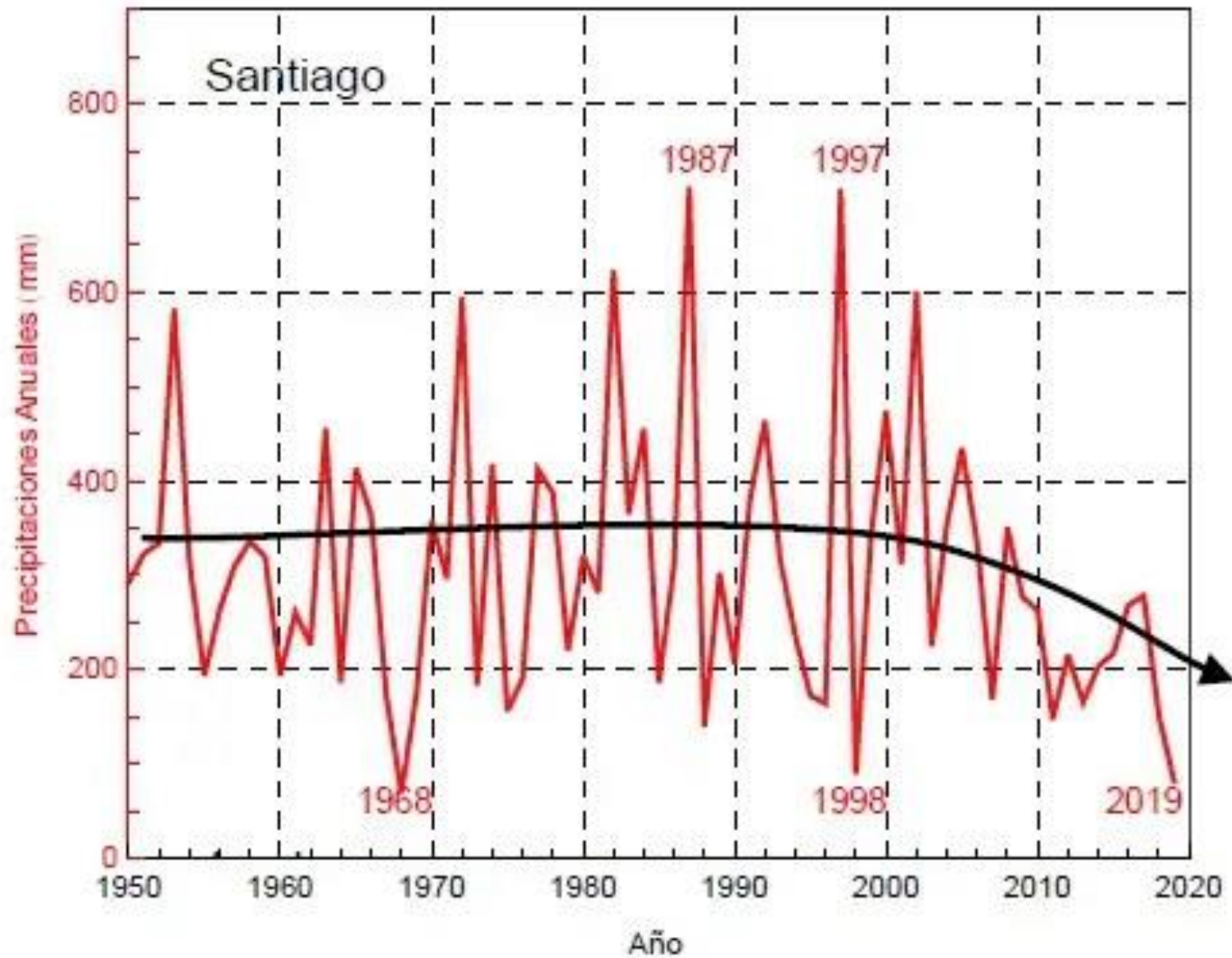
T. Máx. por décadas en Santiago



Fuente de Datos: Dirección Meteorológica de Chile (DMC).

PRECIPITACIONES

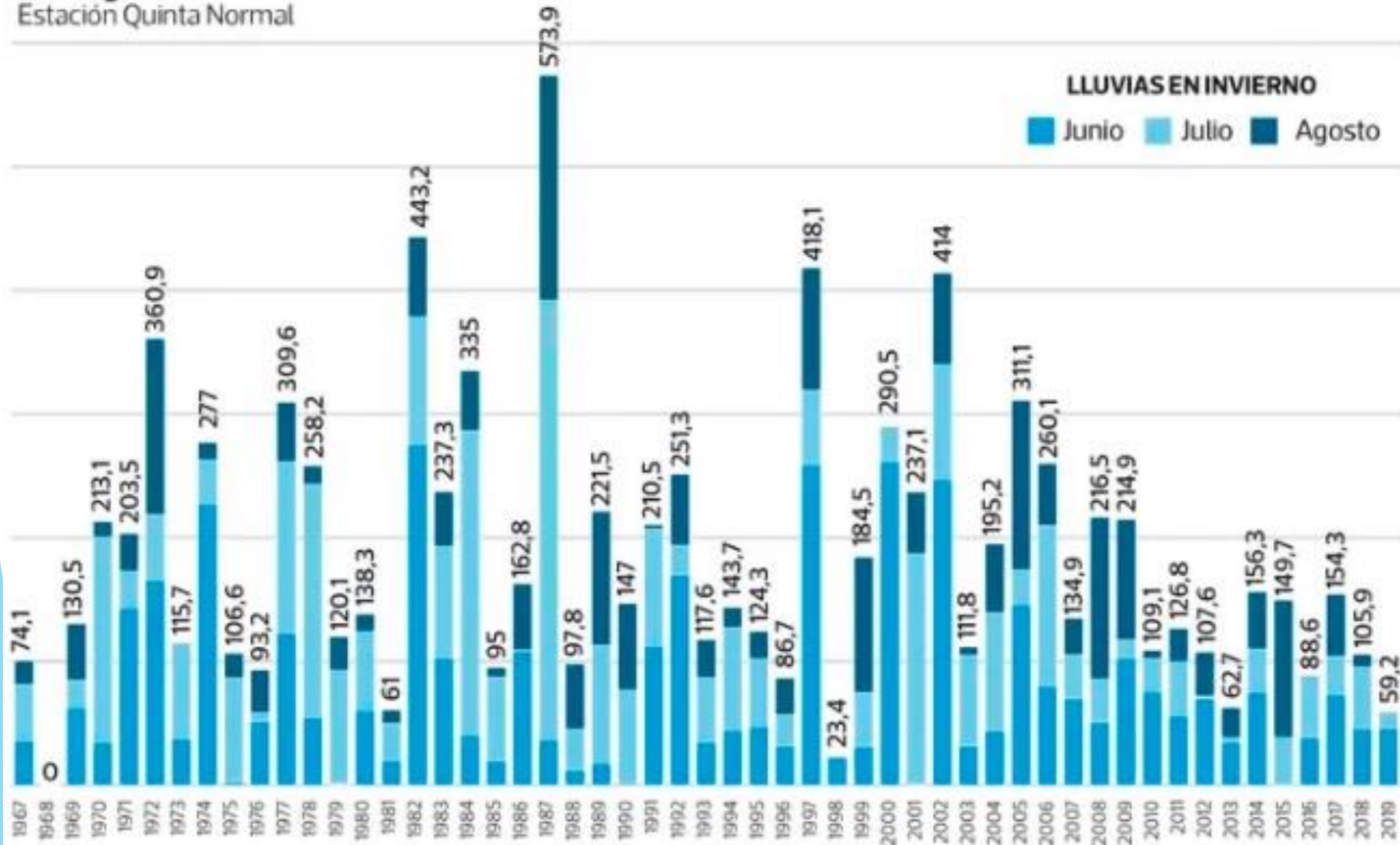
PRECIPITACIONES EN SANTIAGO



Fuente de Datos: Dirección Meteorológica de Chile (DMC).

LLUVIAS EN INVIERNO EN STGO

Santiago
Estación Quinta Normal



2020: 181,6 mm
2021: 41,4 mm

ESCENARIOS PREVISTOS DE CAMBIO CLIMÁTICO

ESCENARIOS DE TRAYECTORIAS DE CONCENTRAIÓN REPRESENTATIVAS

- ▶ En la modelación del clima futuro se utiliza en escenarios de emisiones para explorar el rol esperado que tendrían los seres humanos en los cambios del clima. Los métodos empleados para la generación de escenarios varían desde representaciones de los incrementos porcentuales anuales de las concentraciones medias mundiales de gases de efecto invernadero, a representaciones detalladas de las emisiones de diferentes gases y partículas que afectan el clima, asociadas a una serie de supuestos socio económicos y tecnológicos.

ESCENARIOS DE TRAYECTORIAS DE CONCENTRACIÓN REPRESENTATIVAS

- ▶ El actual enfoque⁽¹⁾ de generación de escenarios se basa en el concepto de escenarios de **Representative Concentration Pathways (RCP)** (trayectorias de concentración representativas).
- ▶ Los RCPs son trayectorias dependientes del tiempo y el espacio de concentraciones de GEI y contaminantes resultantes de las actividades humanas, incluidos los cambios en el uso de la Tierra, que generan un impacto equivalente a un determinado forzamiento radiativo.
- ▶ (1): El enfoque anterior se basaba en el “Special Report on Emissions Scenarios” (SRES)

ESCENARIOS DE TRAYECTORIAS DE CONCENTRAIÓN REPRESENTATIVAS

Una diferencia clave de estos nuevos escenarios (RCP) es que no existen conjuntos fijos de supuestos relacionados con el crecimiento de la población, el desarrollo económico o la tecnología, sino que existen muchas combinaciones futuras de factores, socioeconómicos diferentes que conducen al mismo nivel de forzamiento radiativo.

ESCENARIOS DE TRAYECTORIAS DE CONCENTRACIÓN REPRESENTATIVAS

- ▶ Esto permite a los investigadores y tomadores de decisiones evaluar diversas estrategias de políticas:
 - ▶ climáticas
 - ▶ sociales,
 - ▶ tecnológicas, y
 - ▶ económicas,
- ▶ A partir de ellas se estiman los escenarios de emisión y las implicancias climáticas que estos puedan tener.

RCPs UTILIZADOS EN EL QUINTO REPORTE DEL IPCC

- ▶ Los cuatro RCP utilizados en este reporte son coherentes con ciertos supuestos de desarrollo socioeconómico, y son los siguientes:
 - ▶ RCP2.6
 - ▶ RCP4.5
 - ▶ RCP6
 - ▶ RCP8.5

RCP 2.6

- ▶ Esta vía o ruta de emisiones y concentraciones es representativa de la literatura sobre **escenarios de mitigación** cuyo objetivo es **limitar el calentamiento global por debajo de los 2° C** a fin de siglo.
- ▶ Aunque persisten importantes niveles de incertidumbre, se asume que un cambio climático que implique un calentamiento de 2° C hacia finales de siglo se logra si es que se fija una **meta cercana a 3 Wm⁻²**.
- ▶ Alcanzar esta meta requiere de **reducciones netas en emisiones bastante drásticas** y algunos trabajos sugieren que **NO** son posibles de alcanzar.

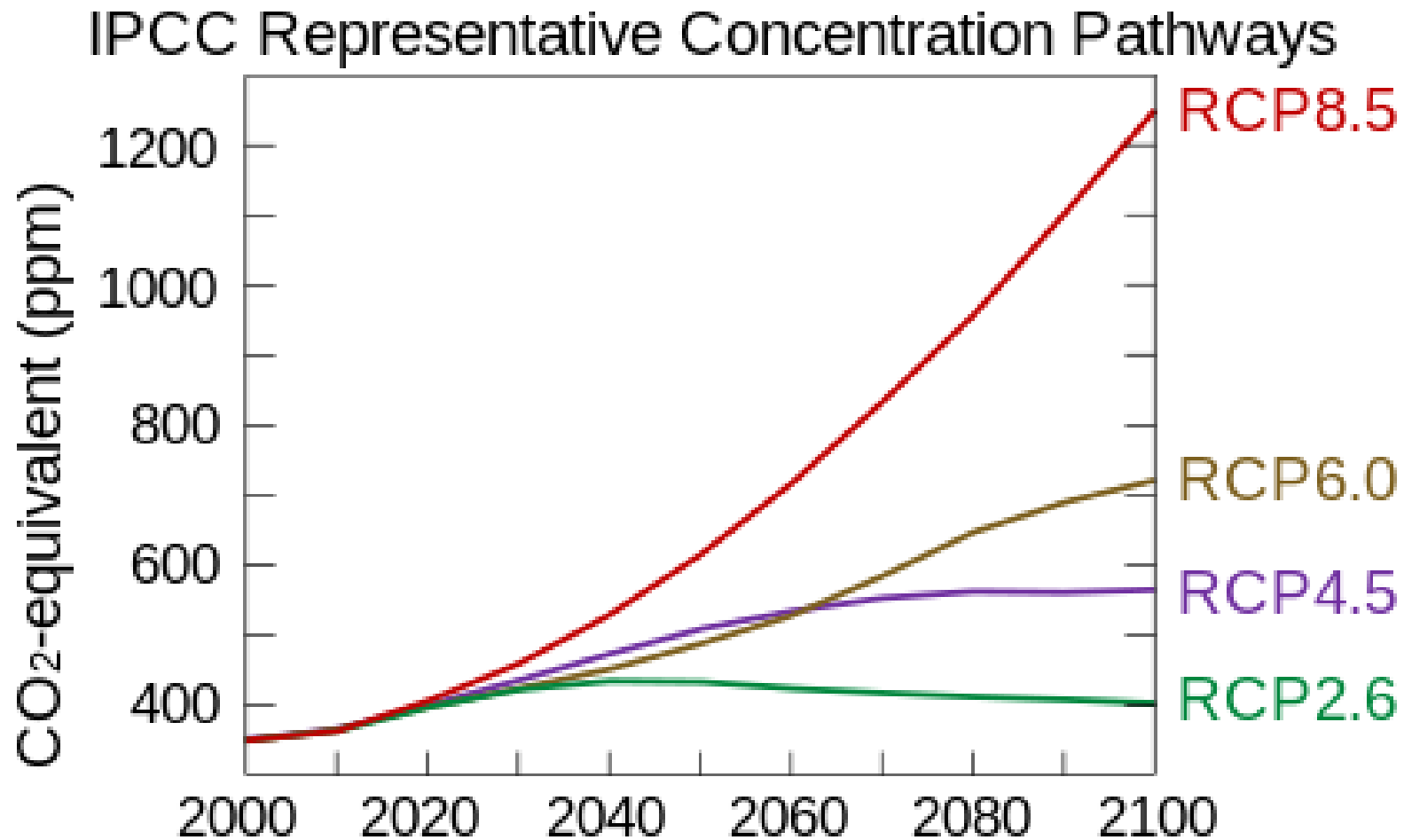
RCP 2.6

- ▶ En base a los resultados del “Integrated Assessment Model” (Modelo de evaluación integrada), este tipo de escenario indica que el valor máximo de forzamiento radiativo se alcanzaría antes del 2100, limitando la concentración de dióxido de carbono a cerca de 490 ppm.
- ▶ Este escenario requiere de tecnologías de almacenamiento y captura de carbono

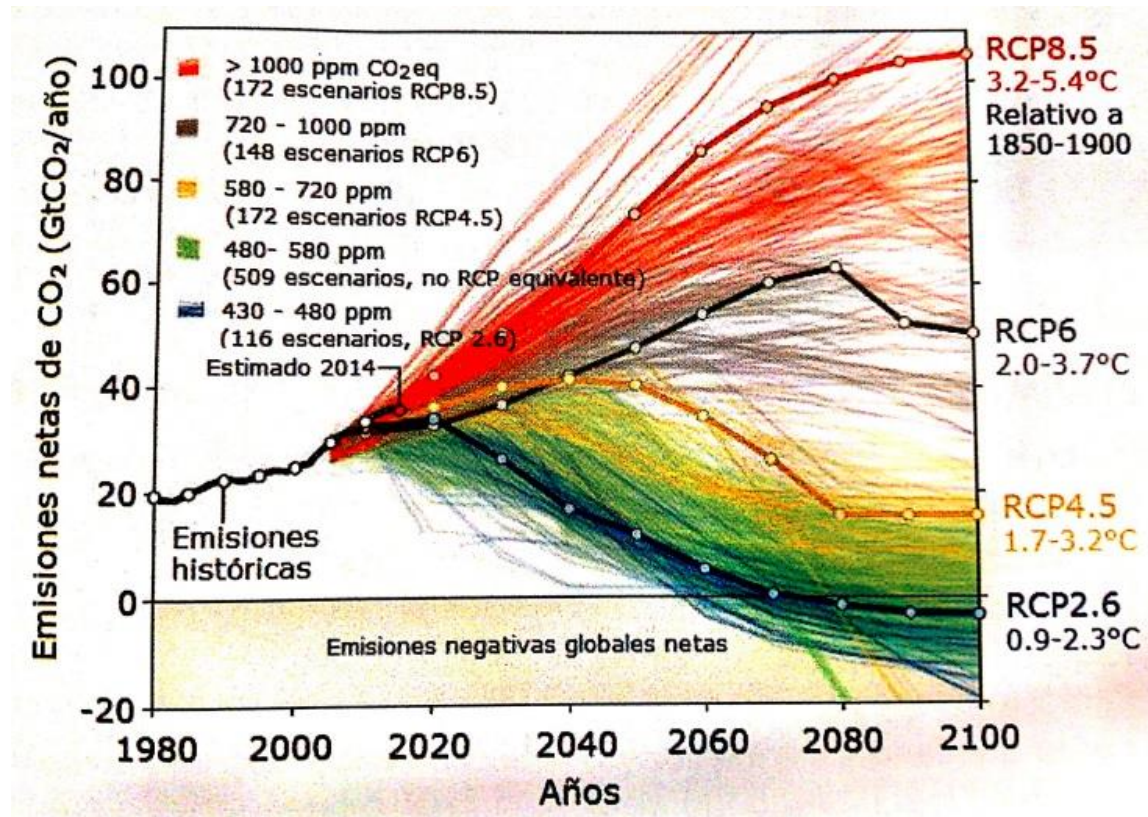
RCP 2.6

- ▶ En la figura se muestra la trayectoria de la línea base y las trayectorias requeridas para alcanzar los $2,6 \text{ Wm}^{-2}$ de forzamiento de este escenario.
- ▶ Esta vía requiere de la disminución de emisiones de bioenergías, gas natural, petróleo y carbono alrededor del año 2020.
- ▶ Además, se debe destacar que este escenario requiere de la participación y compromiso de todos los países para llegar a la meta de forzamiento radiativo 2.6 Wm^{-2} al año 2100.

ESCENARIOS DE TRAYECTORIAS DE CONCENTRACIÓN REPRESENTATIVAS



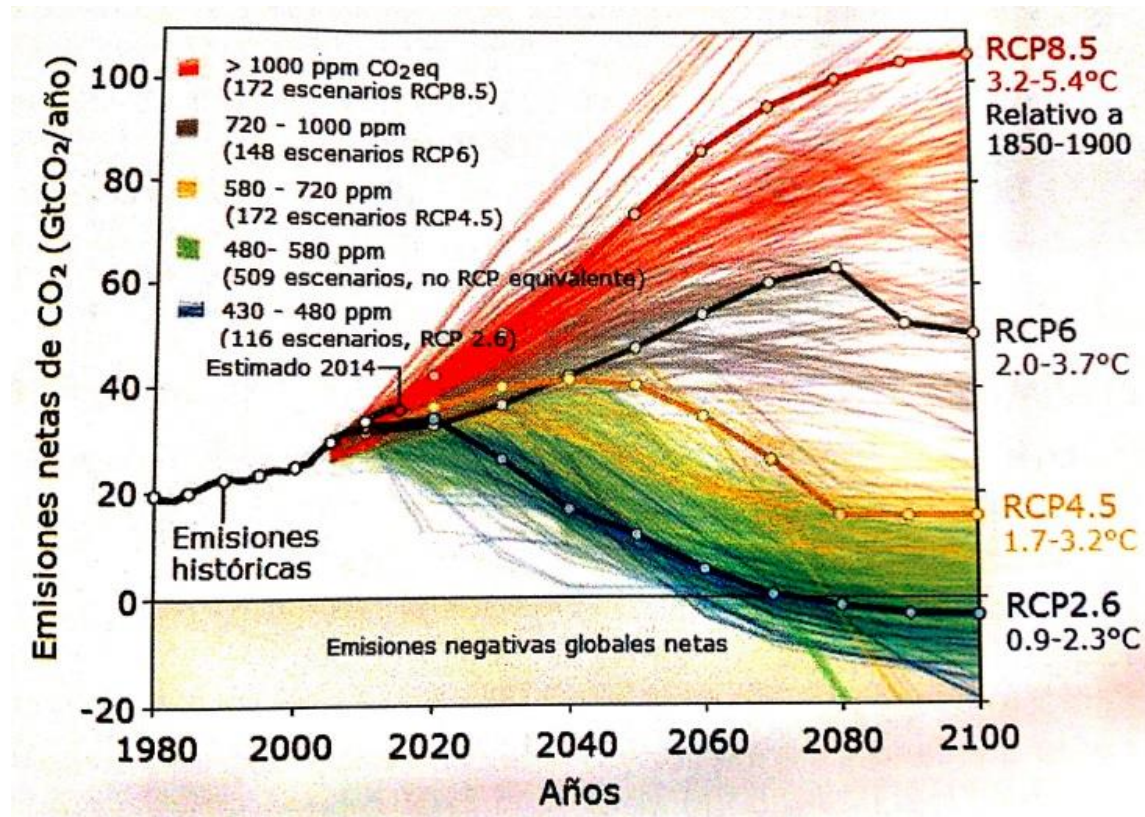
ESCENARIOS DE TRAYECTORIAS DE CONCENTRACIÓN REPRESENTATIVAS



RCP 4.5

- ▶ Este es un **escenario de estabilización** que llega a un forzamiento radiativo de $4,5 \text{ Wm}^{-2}$ al año 2100. Sin haberlo excedido antes.
- ▶ Esto requiere de políticas climáticas que en este caso incluye imponer precios al uso de carbono.
- ▶ En 2065 se estima que la población mundial llegue a 9000 millones de habitantes y que luego se reduzca a 8700 millones hacia el 2100.
- ▶ La concentración de dióxido de carbono alcanzaría cerca de 650 ppm.

ESCENARIOS DE TRAYECTORIAS DE CONCENTRACIÓN REPRESENTATIVAS



RCP6

- ▶ Esta vía representa emisiones y concentraciones de GEI y cambio de uso de suelo que se traducen en un forzamiento radiativo de 6 Wm^{-2} al año 2100.
- ▶ Esto requiere disminuciones significativas a partir del año 2060.
- ▶ En este escenario no se desarrollan políticas explícitas que limiten las emisiones.
- ▶ A través de esta vía se llegaría a mayores valores de forzamiento radiativo el año 2100, por ejemplo.

RCP6

- ▶ El promedio global de cambio del PIB per cápita varía 1,6% anualmente durante 2000-2060 y 1,3-1,4% durante 2060-2100.
- ▶ La intensidad energética disminuye de -1,2%/año antes de 2060 a -1,5%/año entre 2060-2100.
- ▶ Para este escenario se proyecta que la concentración de CO₂ alcanzaría a 850 ppm al 2100.

INTENSIDAD ENERGÉTICA

- ▶ Es un indicador de la eficiencia energética de una economía.
- ▶ Se calcula como la relación entre la demanda o consumo energético (E) y el producto interior bruto (PIB) de un país:

$$I = \frac{E}{\text{PIB}}$$

- ▶ Donde,
 - ▶ I: Intensidad energética
 - ▶ E: Demanda o consumo energético
 - ▶ PIB: Producto Interno Bruto

INTENSIDAD ENERGÉTICA

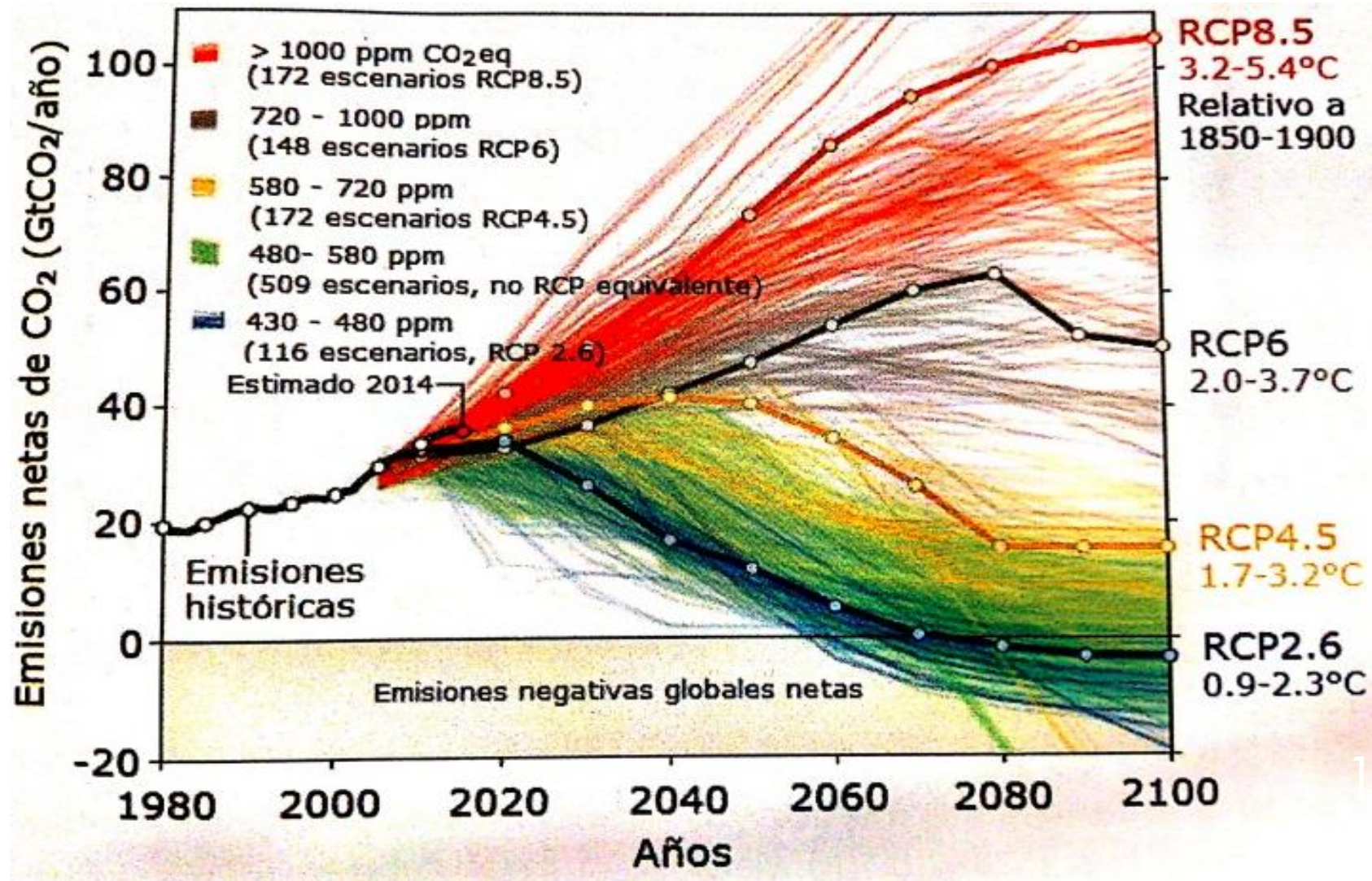
Se interpreta como:

"se necesitan x unidades de energía para producir 1 unidad de riqueza".

Por esto:

- Intensidad energética elevada: indica un coste alto en la "conversión" de energía en riqueza. Se trata de una economía energéticamente voraz, es decir, se consume mucha energía obteniendo un PIB bajo (INEFICIENCIA)
- Intensidad energética baja: indica un coste bajo. Se consume poca energía, obteniendo un PIB alto. (EFICIENCIA)

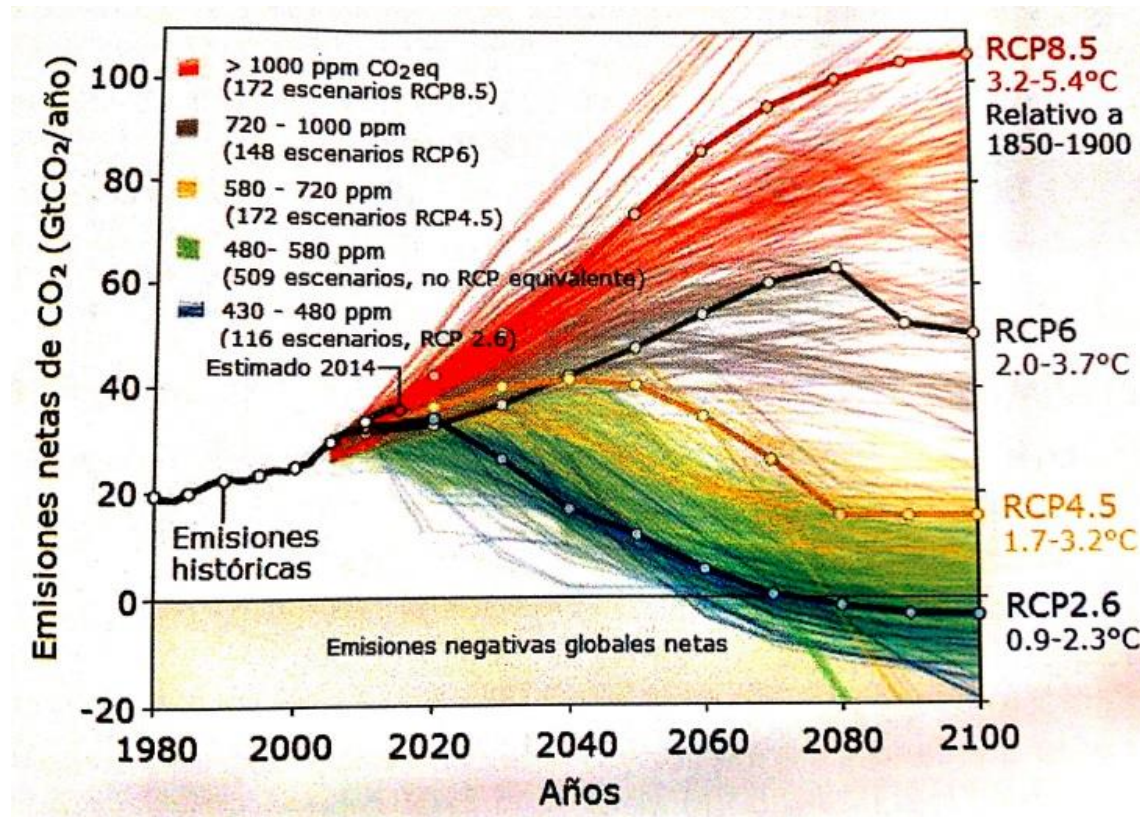
ESCENARIOS DE TRAYECTORIAS DE CONCENTRACIÓN REPRESENTATIVAS



RCP8.5

- ▶ Este escenario representa una vía de emisiones y concentraciones relativamente altas, sus principales supuestos incluyen alto crecimiento poblacional, relativamente bajo, crecimiento del PIB, con tasas modestas de cambios tecnológicos y de eficiencia energética. Esto lleva a importantes demandas energéticas y consecuentes emisiones de GEI.
- ▶ En este escenario, no se implementan políticas de cambio climático.
- ▶ La concentración de CO₂ superaría los 1300ppm hacia fines del presente siglo.

ESCENARIOS DE TRAYECTORIAS DE CONCENTRACIÓN REPRESENTATIVAS



RCP8.5

En este escenario las emisiones continúan aumentando durante todo el siglo xxi, en el escenario "business as usual" (negocios como siempre).

Desde el Quinto reporte se ha pensado que esto es muy poco probable, pero aún posible, ya que las retroalimentaciones no se comprenden bien. Las trayectorias de alta concentración dependen de los supuestos de abundante combustible fósil para la producción futura. Los investigadores se han preguntado si el suministro mundial restante puede satisfacer dicha demanda.

RCP8.5

Wang et. al. realizaron un estudio que consideró 116 proyecciones diferentes para los pronósticos de producción de combustibles fósiles del siglo XXI publicados en la literatura científica y por los principales institutos de energía que comprenden una amplia gama de escenarios.

El estudio encontró que las trayectorias de alta concentración pueden estar sobreestimando el suministro futuro de combustibles fósiles, y en particular RCP 8.5 parecía ser una sobreestimación extremadamente alta.

EFECTOS

TEMPERATURAS PROYECTADAS ACORDE AL ESCENARIO

	2046-2065	2081–2100
Escenario	Media y rango <i>probable</i>	Media y rango <i>probable</i>
RCP2.6	1.0 (0.4 a 1.6)	1.0 (0.3 a 1.7)
RCP4.5	1.4 (0.9 a 2.0)	1.8 (1.1 a 2.6)
RCP6	1.3 (0.8 a 1.8)	2.2 (1.4 a 3.1)
RCP8.5	2.0 (1.4 a 2.6)	3.7 (2.6 a 4.8)

ALTURA DEL NIVEL DEL MAR PROYECTADO

	2046-2065	2081–2100
Escenario	Media y rango <i>probable</i>	Media y rango <i>probable</i>
RCP2.6	0.24 (0.17 a 0.32)	0.40 (0.26 a 0.55)
RCP4.5	0.26 (0.19 a 0.33)	0,47 (0,32 a 0,63)
RCP6	0.25 (0.18 a 0.32)	0.48 (0.33 a 0.63)
RCP8.5	0.30 (0.22 a 0.38)	0.63 (0.45 a 0.82)