¡Hola!
Bienvenidos a nuestro diario de investigación.

Estamos ilusionados/as con este proyecto y con muchas ganas de empezar a investigar qué impacto tendrá el cambio climático en el agua que nos rodea. Lo primero que hemos decidido hacer es preguntarnos realmente qué es el cambio climático, ese del que todos hablan. ¿Qué evidencias tenemos? ¿Qué dudas tenemos? Para resolver todas estas preguntas que nos estamos haciendo hemos invitado al centro a David García García, un experto en el tema que es profesor del departamento de Matemática Aplicada de la Universidad de Alicante y que nos ha hablado sobre las verdades y mentiras del cambio climático. Y con él hemos resuelto todas estas dudas:

Pregunta 1: ¿Se está produciendo un cambio climático? Parece evidente que la temperatura (T) de la Tierra está subiendo, lo cual se puede comprobar en la Figura 1, cortesía de https://climate.nasa.gov/

Data source: NASA's Goddard Institute for Space Studies (GISS). Credit: NASA/GISS

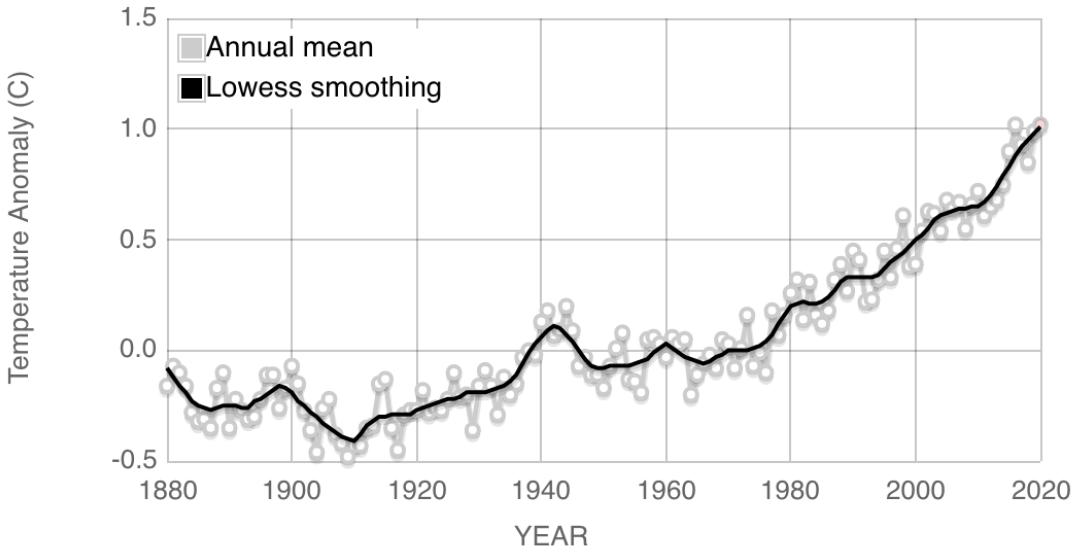


Figura 1. Evolución de la T global media de la Tierra desde 1880. Fuente: NASA

Como podemos observar, en los últimos 140 años la temperatura media del planeta se ha incrementado en algo más de 1°C. En la gráfica se observa una aceleración en dicho incremento, ya que en los últimos 50 años el incremento ha sido de 1°C

Pregunta 2: ¿Este cambio es natural o debido a la actividad humana? Para responder a esta pregunta es necesario comprender los cambios climáticos que han sucedido a lo largo de la historia de la Tierra, y en especial aquellos anteriores a la aparición del hombre hace unos 150 o 200 mil años. Gracias al estudio del hielo de la Antártida y Groenlandia, se sabe que en los último 800 mil años se han sucedido épocas frías, conocidas como eras glaciares, y épocas más cálidas, conocidas como eras interglaciares. Estas glaciaciones tienen su origen en variaciones orbitales conocidas como ciclos de Milankovic. Estos ciclos son el resultado de 3 tipos de variaciones que

por sí solas no podrían producir las eras glaciares, pero que combinadas de una forma específica sí. Esta variaciones son:

- Cambios en la excentricidad de la órbita de la Tierra alrededor del sol: Cuando la excentricidad es baja la órbita se describe una circunferencia (órbita de la izquierda), mientras que a excentricidades altas la órbita descrita es más elíptica (hay mayor diferencia entre los ejes que definen la elipse órbita de la derecha en la Figura 2). Estos cambios influyen enla energía que recibe la Tierra a lo largo de las estaciones regulándola.

Figura 2. Ciclos de Milankonvitch. Órbitas de la Tierra alrededor del Sol con distintas excentricidades. Fuente: Instituto de tecnologías educativas, Ministerio de educación https://fjferrer.webs.ull.es/Apuntes3/Leccion02/21_ciclos_de_milankonvitch.html

- Cambios en la oblicuidad del eje de rotación terrestre: Cuando la oblicuidad es máxima, 24.5°, los veranos son más cálidos y los inviernos más fríos y cuando disminuye de este valor hasta 22.1°, las estaciones del año se suavizan (Figura 3). Este cambio de inclinación tiene lugar a lo largo de 41000 años.

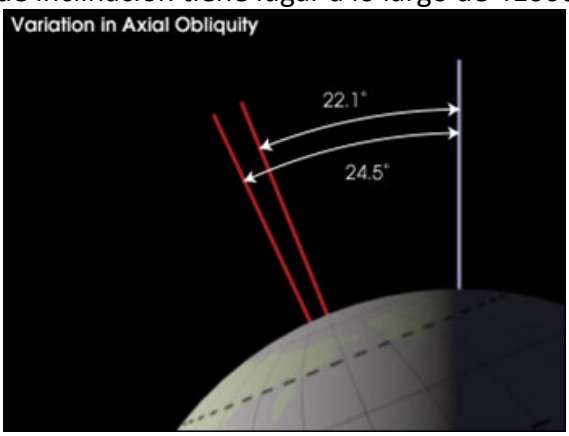


Figura 3. Variación en la oblicuidad, inclinación del eje de la Tierra a lo largo de ciclos de 40000 años. Fuente: Instituto de tecnologías educativas, Ministerio de educación https://fjferrer.webs.ull.es/Apuntes3/Leccion02/21_ciclos_de_milankonvitch.html

- Precesión: es el cambio en la orientación del eje de rotación. Es similar al movimiento de cabeceo que realiza una peonza cuando su eje de rotación no es totalmente vertical. En ese caso, el eje de rotación gira sobre un eje vertical imaginario (Figura 4). Este movimiento tiene un ciclo entre 19000 y 23000 años.

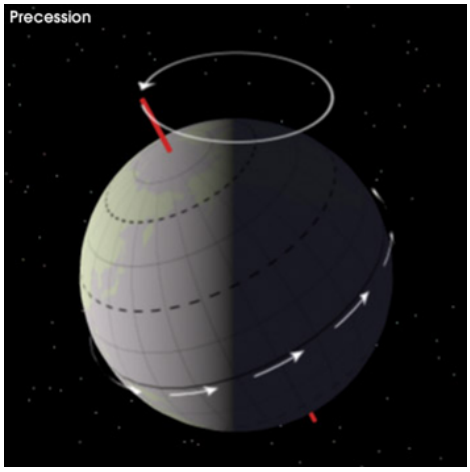


Figura 4. Movimiento de precesión. Fuente: Instituto de tecnologías educativas, Ministerio de educación https://fjferrer.webs.ull.es/Apuntes3/Leccion02/21_ciclos_de_milankonvitch.html

Milankovitch estudió los ciclos de cada una de estas variaciones y observó que combinadas de forma precisa pueden alterar la cantidad de energía que recibe la Tierra en una determinada época, lo que provoca el inicio de una era glaciar cada 80 o 100 mil años (Figura 5).

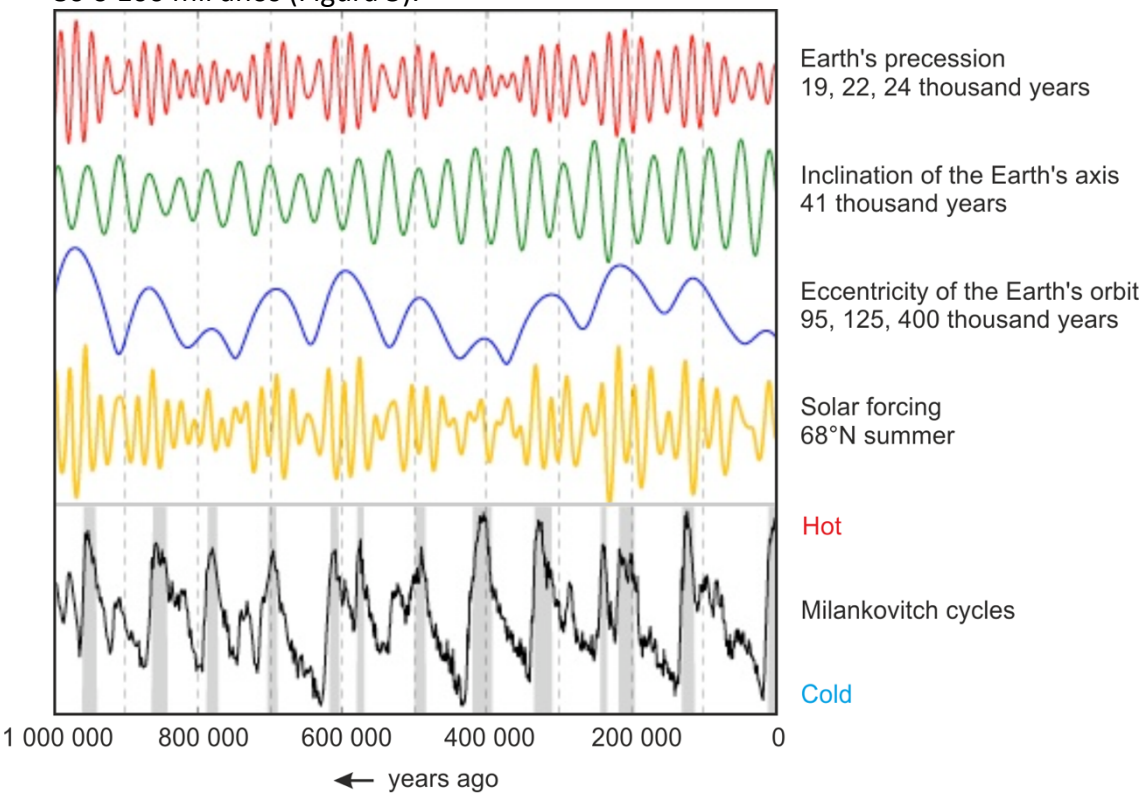
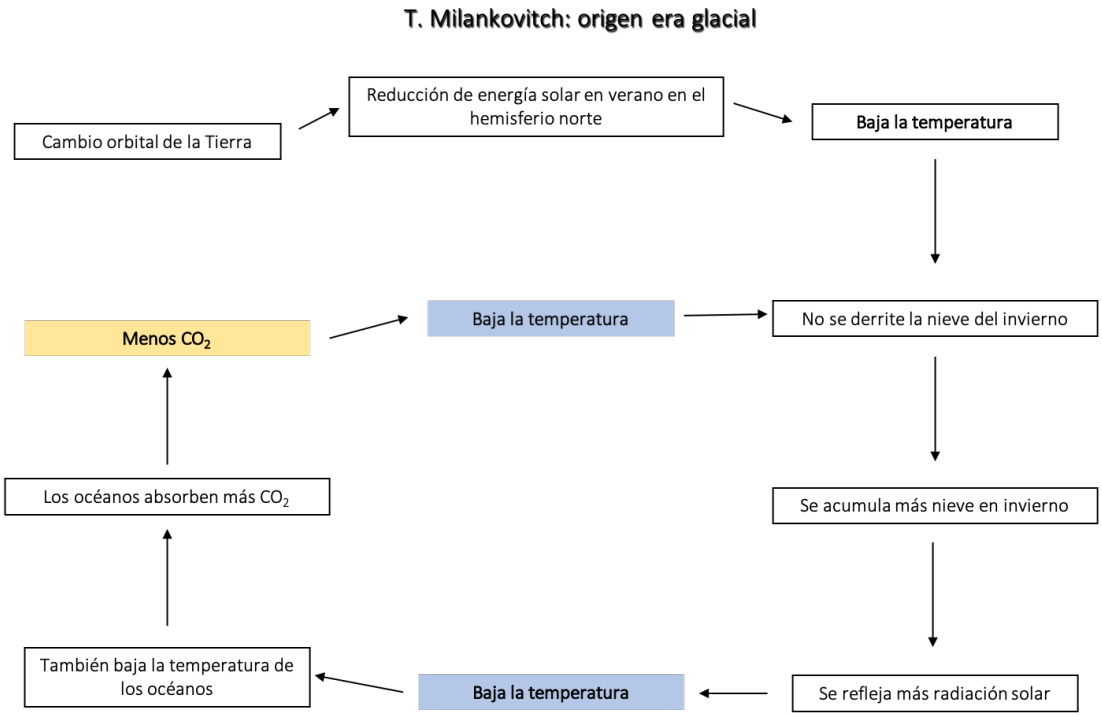


Figura 5. Encyclopedia of Earth, 2011 https://editors.eol.org/eoearth/wiki/Milankovitch_cycles

En particular, los ciclos de Milankovitch producirían una reducción en la radiación solar que recibe el hemisferio norte en verano. Esto produce que baje la temperatura y que no se derrita toda la nieve que se depositó en invierno. De esta forma, al invierno siguiente la nueva nieve se acumula sobre la anterior. El exceso de nieve produce un aumento de la capacidad de la superficie terrestre para

devolver al espacio un mayor porcentaje de la radiación solar (efecto albedo), si lo devuelve al espacio la superficie terrestre no se calienta lo cual produce que baje todavía más la temperatura. Esto tiene una serie de consecuencias como un efecto dominó, al bajar la temperatura de la atmósfera, también desciende la temperatura del océano, lo que aumenta su capacidad para absorber el CO_2 de la atmósfera. Este secuestro de CO_2 reduce el efecto invernadero, lo que a su vez desciende la temperatura todavía más y favorece que no se derrita la nieve en verano. Y vuelta a empezar. Todo este proceso está resumido en el siguiente esquema:



Milankovitch propuso su teoría a principios del s. XX pero no fue aceptada y murió pensando que jamás se demostraría. Sin embargo en la segunda mitad del s. XX, fue posible corroborar sus datos con evidencias paleoclimáticas. Estas evidencias se buscaron en los testigos (muestras) de hielo extraídos de la Antártida Figura 6 que son cilindros de hielo que se consiguen mediante excavaciones y que tienen almacenados los datos climáticos que Milankovitch necesitaba para explicar el origen de la era glacial. Estas muestras de hielo, que se llegan a obtener a más de 3 km de profundidad, nos permiten conocer la temperatura y la concentración de CO_2 de la atmósfera desde hace 800 mil años. La curva que representa la concentración de CO_2 se conoce como curva de Keeling, y en la Figura 6 se puede observar que dicha curva y la de la temperatura varían casi al unísono, lo que nos permiten corroborar que la temperatura y la concentración de CO_2 atmosférico se realimentan. Nótese que en el esquema anterior, una bajada de temperatura provoca una bajada de concentración de CO_2, pero una disminución del CO_2 en la atmósfera también produce una bajada de temperatura.

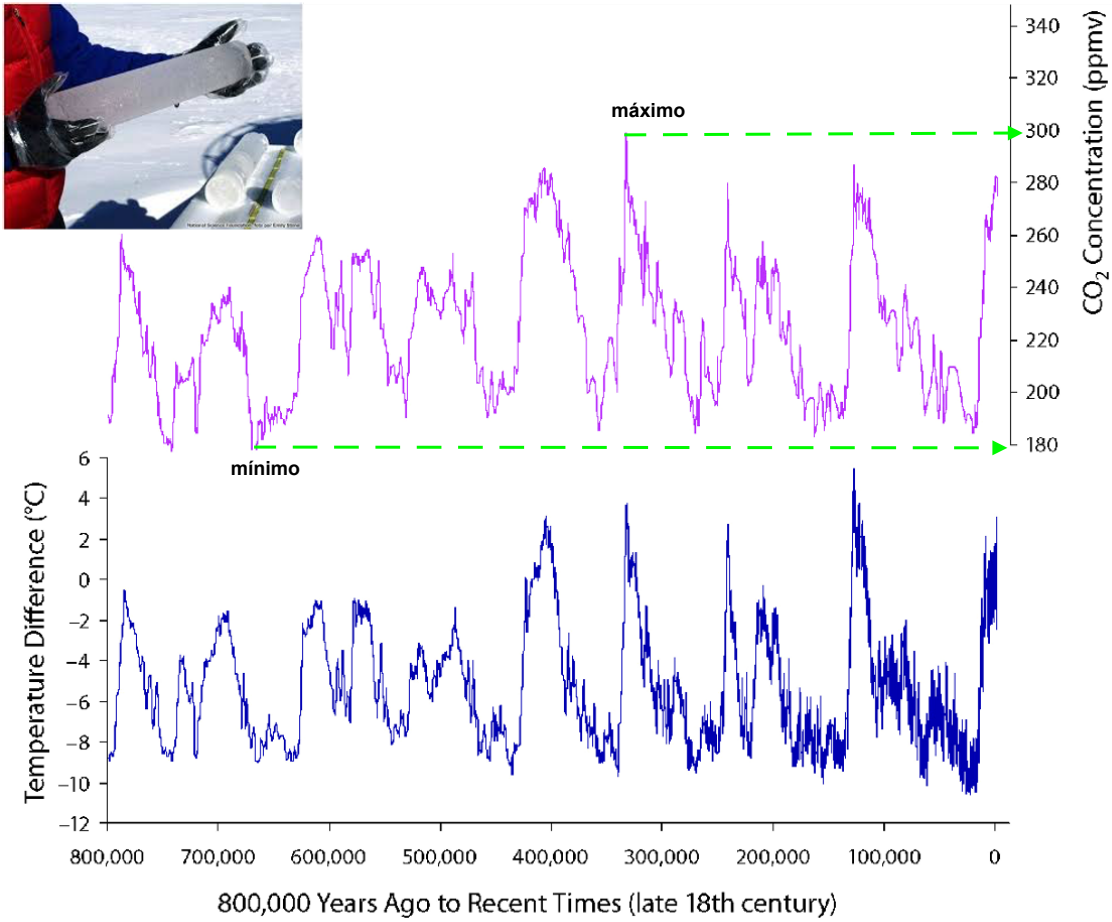


Figura 6. Imagen de un testigo de hielo extraído en un sondeo en la Antártida, obtenida de meteoglosario.aemet.es y curvas de concentración de CO2 atmosférico y temperatura, cuyas líneas son coincidentes ya que CO2 y T se realimentan (Keeling curve).

Acabamos de relacionar la concentración de CO_2 con la temperatura. Pero seguimos sin contestar aún a nuestra pregunta 2, ¿el aumento de temperatura que hay ahora en el planeta es debido a estos factores naturales descritos o debido a la actividad humana?

En la Figura 6 hemos observado que en los últimos 800 mil años la concentración de CO_2 ha oscilado entre 180 y 300 ppmv. Esta variación de unas 120 ppmv de CO_2 lleva asociada una variación de la temperatura global del planeta de unos 7°C. En 1950, la concentración de CO_2 estaba por debajo de las 320 ppmv, pero en la actualidad esta concentración se ha disparado hasta los 420 ppmv (Figure 7), ¡120 ppmv más que el máximo registrado en los últimos 800 mil años! No parece lógico pensar que ese aumento de la concentración de CO_2 en las últimas décadas sea algo natural, y más teniendo en cuenta el aumento de emisiones de CO2 producida por la humanidad mediante la quema de combustibles fósiles, viajes aéreos, aumento del parque móvil…

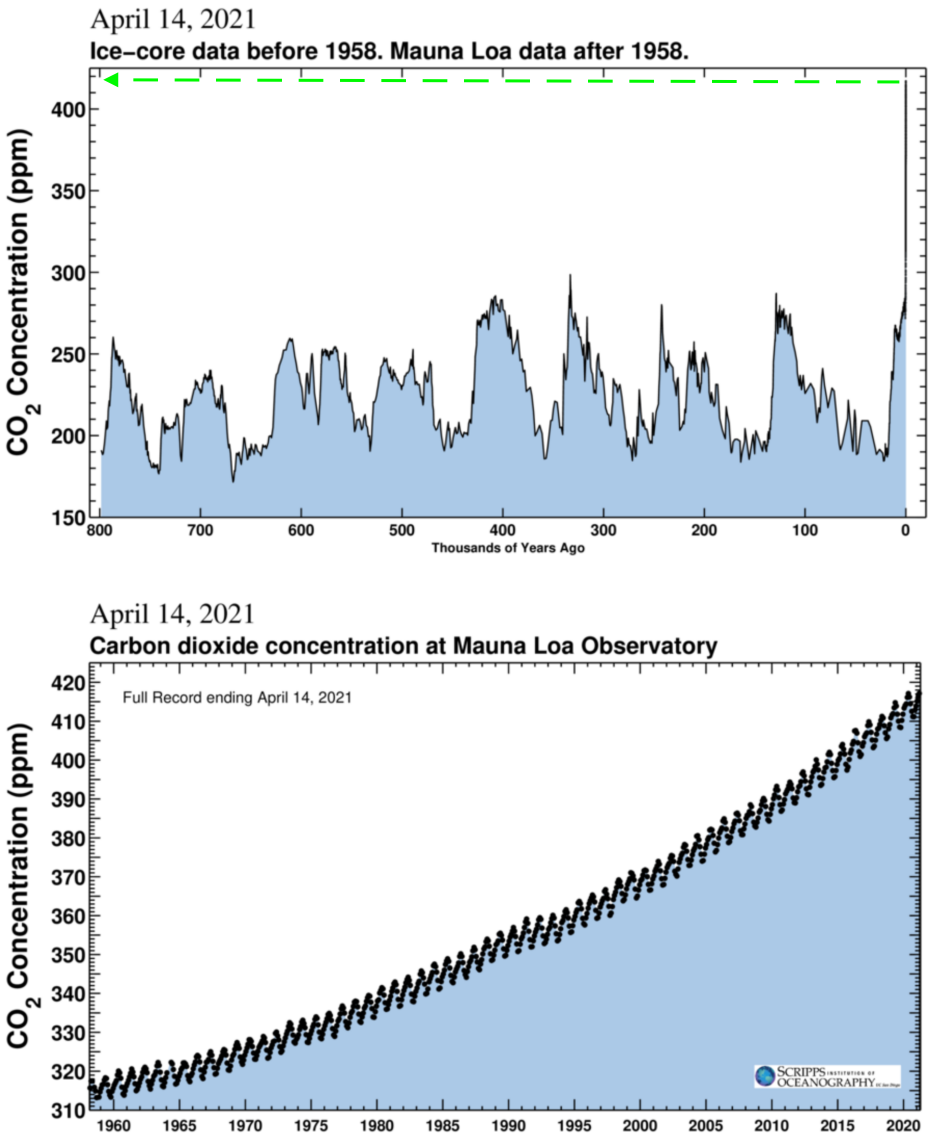
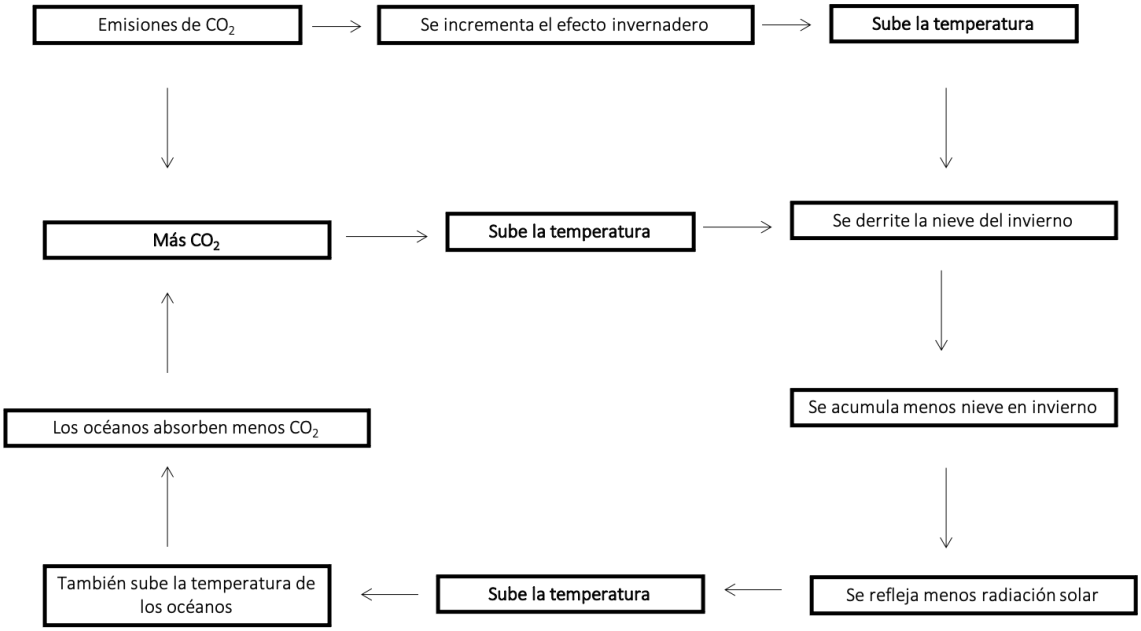


Figure 7. Concentración de CO2 atmosférico, https://keelingcurve.ucsd.edu/

El CO_2 es un gas de efecto invernadero que se sabe que está provocando el calentamiento global. Una parte de la radiación solar que nos llega atraviesa la atmósfera, es reflejada y vuelve al espacio; otra llega al suelo y lo calienta. El suelo como consecuencia emite calor y calienta la atmósfera, este calor es retenido por los gases de efecto invernadero. En el siguiente esquema podemos ver las consecuencias y relaciones que hay debido a este aumento de temperatura producido por el incremento de CO_2.



Parece innegable después de observar todas estas evidencias que el aumento de temperatura no es debido sólo a factores naturales si no que la actividad humana tiene un gran peso en el aumento de este gas invernadero que es el CO_2. Y si necesitas más pruebas, te invitamos a que visites la página del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) de las Naciones Unidas.