

Extra:

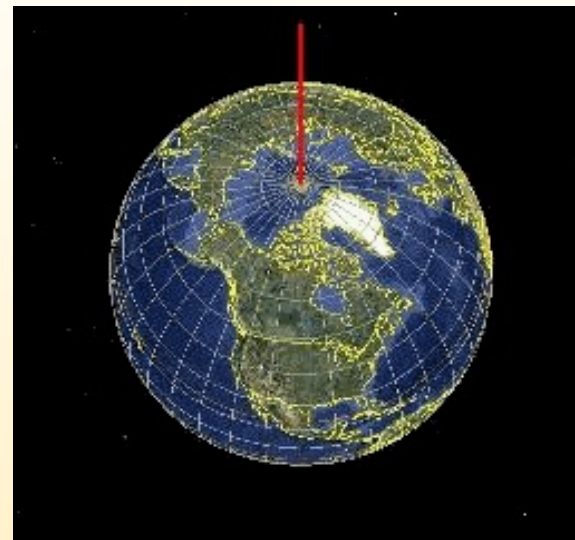
Variaciones de los
movimientos de la Tierra y
nuestro Clima

Hemos aprendido que el eje de rotación de la Tierra tiene movimientos adicionales que influyen en la Tierra.

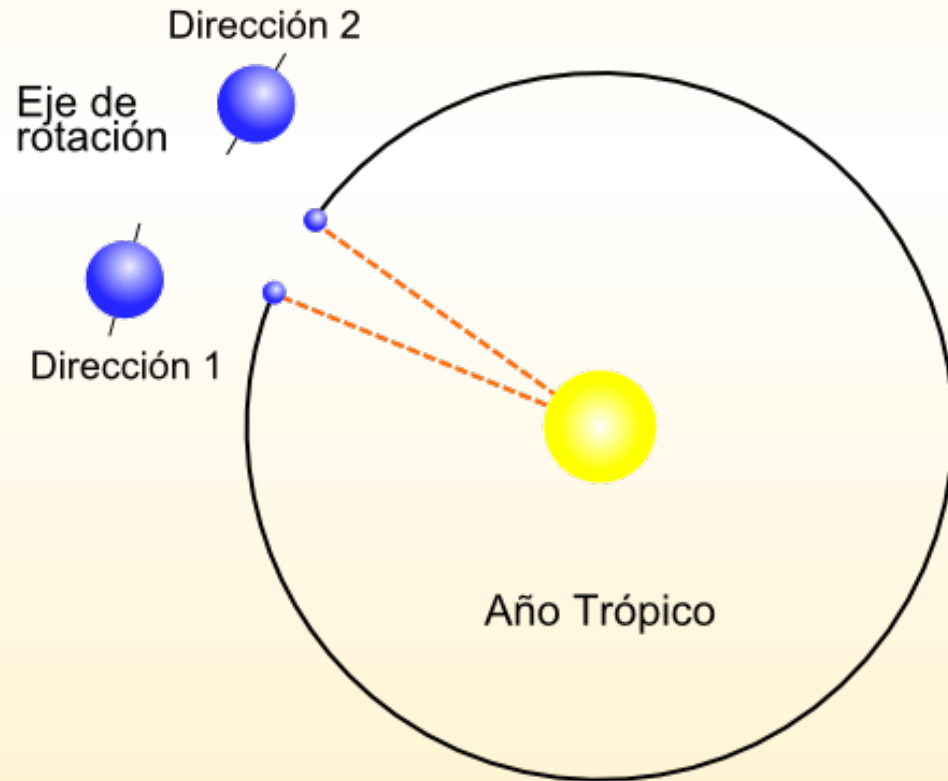
1. Precesión:

Como el eje de rotación no es exactamente perpendicular al plano de la órbita alrededor del Sol, el eje de rotación describe un círculo alrededor de la dirección perpendicular.

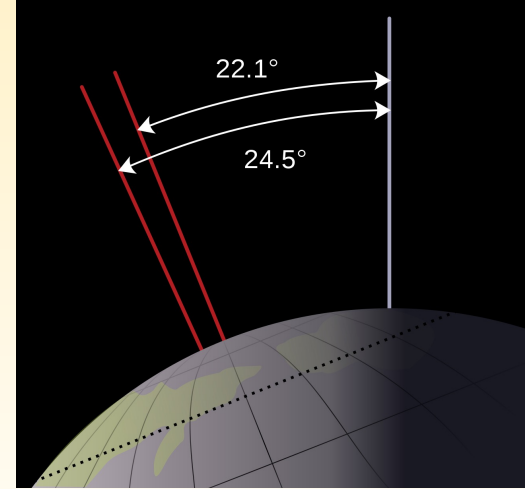
Esto es causado por un par de torsión, resultante de la atracción gravitacional del Sol y la Luna. El período de esta precesión es de unos **26.000 años**.



Por lo tanto, el año solar o tropical es más corto que la duración de una órbita completa alrededor del Sol.



2. Nutación (largo plazo)



El ángulo de la inclinación del eje axial de la Tierra respecto al plano orbital (la oblicuidad de la eclíptica) varía de 22.1° a 24.5° en un ciclo aproximado de **41,000 años**.

La inclinación actual es de 23.44° , aproximadamente un término medio entre los dos valores extremos.

La inclinación alcanzó su máximo el año 8.700 A.C.

Actualmente, se encuentra en fase decreciente de su ciclo y alcanzará su mínimo el año 11.800 de nuestra era actual.

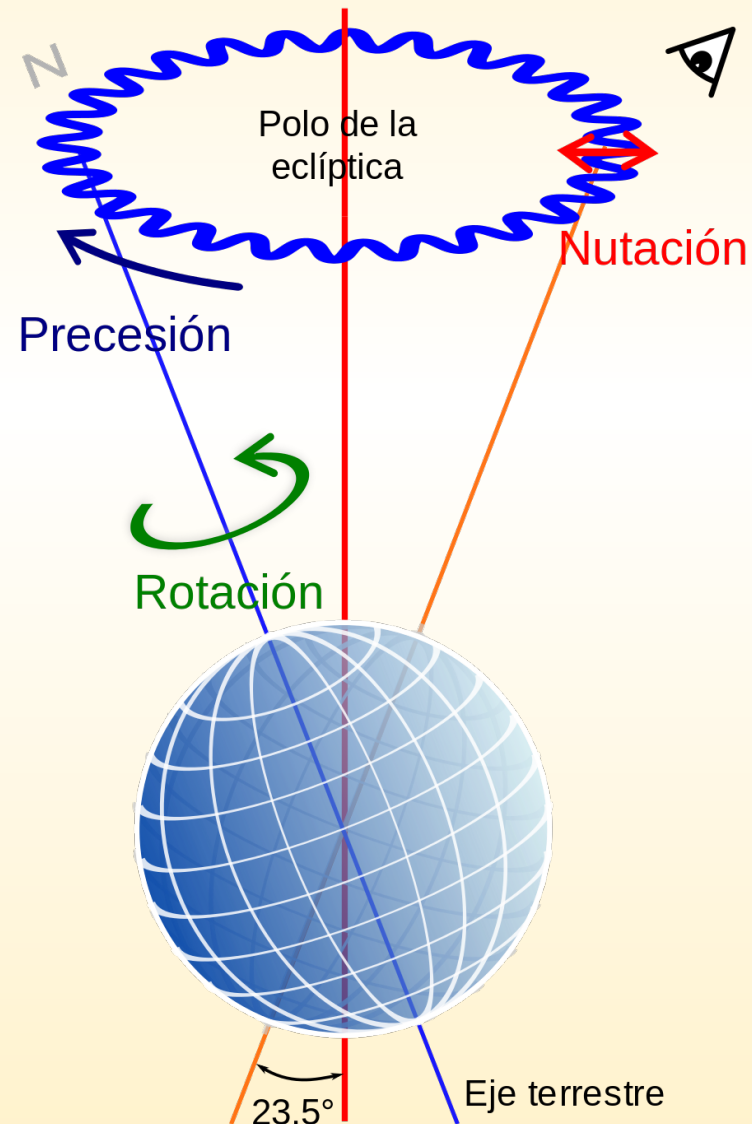
3. Nutación (corto plazo)

- Luna:

La nutación hace que cada **18,6 años** el eje de rotación de la Tierra oscile hasta unos 9 segundos de arco a cada lado del valor medio de la oblicuidad de la eclíptica y hasta unos 17 segundos a cada lado del valor medio de desplazamiento de la precesión de los equinoccios.

- Sol:

El Sol produce otro efecto de nutación de mucha menor relevancia, con un período medio de medio año incrementando la oscilación del eje mencionada hasta 1,1" de arco en oblicuidad y hasta alrededor de 2" de arco en longitud (precesión).



4. Bamboleo de Chandler

El bamboleo de Chandler es una pequeña variación en el eje de rotación de la Tierra, descubierta por el astrónomo norteamericano S. Chandler en 1891.

Supone una variación de 0,7 segundos de arco en un período de 433 días. En otras palabras, los polos de la Tierra se mueven en una circunferencia irregular de 3 a 15 metros de diámetro, en un movimiento oscilatorio.

El diámetro del bamboleo ha variado desde su descubrimiento, alcanzando la máxima amplitud registrada en 1910. Su origen es desconocido: salvo por una fuerza externa, el bamboleo debería ir remitiendo paulatinamente. En un principio se creyó que estaba causado por fluctuaciones climáticas causantes de cambios en la distribución de la masa atmosférica, o a posibles movimientos geofísicos bajo la corteza terrestre. El 18 de julio de 2000 el JPL anunció que "la causa principal del bamboleo de Chandler es la presión fluctuante del fondo oceánico, originada por los cambios en la temperatura y la salinidad, y por los cambios en la dirección de las corrientes oceánicas".

El bamboleo de Chandler es un factor tenido en cuenta por los sistemas de navegación por satélite (sobre todo los de uso militar).

5. Cambios de la excentricidad

La órbita de traslación de la Tierra se aproxima prácticamente a una elipse.

La excentricidad orbital mide la diferencia de dicha elipse respecto a un círculo perfecto.

El tipo de órbita de la Tierra varía entre una forma casi circular (con su menor excentricidad de 0.000055) y otra medio elíptica (excentricidad más alta de 0.0679).

Su excentricidad media principal es de 0,0019.

El principal cambio de dichas variaciones ocurre en un período de aproximadamente 413,000 años (con una variación de la excentricidad de ± 0.012).

Otros cambios se producen con una secuencia de ciclos de 95,000 y 125,000 años (con un ritmo cíclico de 400,000). Dichos movimientos se combinan entre sí con variaciones de -0.03 a $+0.02$.

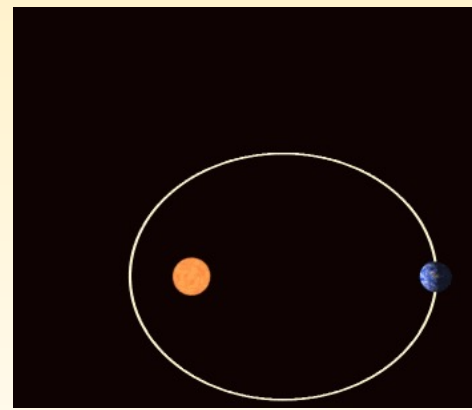
La excentricidad actual es de 0.017 y está decreciendo.

La excentricidad varía fundamentalmente debido al empuje gravitacional de Júpiter y Saturno.

Sin embargo, el eje semimayor de la órbita de la elipse permanece inalterado, aunque de acuerdo con la teoría astronómica de la perturbación que registra la evolución de la misma, dicho eje es una invariante adiabática.

El período orbital (la longitud del año sideral) tampoco ha cambiado, debido a que, según la tercera Ley del movimiento planetario de Kepler, ésta se halla determinada por el eje orbital semimayor.

6. Precesión apsidal



Además, la elipse orbital en sí misma precede en el espacio, de manera irregular, completando un ciclo cada 112,000 años en relación con las estrellas fijas.

La precesión apsidal ocurre en el plano de la eclíptica y altera la orientación de la órbita de la Tierra en relación con la eclíptica.

Esto sucede principalmente como resultado de las interacciones con Júpiter y Saturno. Pequeñas alteraciones son también causadas por el achatamiento del Sol y por los efectos de la relatividad general.

La precesión apsidal se combina con el ciclo de 25,771.5 años de precesión axial para variar la posición durante el año en que la Tierra alcanza el perihelio.

La precesión apsidal acorta este período a 23,000 años de promedio (variando entre 20,800 y 29,000 años)

A medida que cambia la orientación de la órbita de la Tierra, cada estación comenzará más pronto gradualmente cada año. La precesión significa que el movimiento no uniforme de la Tierra afectará a las diferentes estaciones del año. El invierno, por ejemplo, estará en una sección diferente de la órbita. Cuando los ápsides de la Tierra estén alineados con los equinoccios, la longitud de la primavera y el verano combinados será igual a la del otoño y el invierno. Cuando están alineados con los solsticios, la diferencia en la duración de estas estaciones será mayor.

7. Inclínación orbital

La inclinación de la órbita de la Tierra se desplaza hacia arriba y hacia abajo en relación con su órbita actual. Este movimiento tridimensional se conoce como "precesión de la eclíptica" o "precesión planetaria".

La inclinación actual de la Tierra es de 1.57° .

Fue descubierta más recientemente y se calcula que tiene un período de 70,000 años en relación con la órbita de la Tierra.

Sin embargo, cuando se mide independientemente de la órbita de la Tierra, pero relativa al plano invariable (el plano que representa el momento angular del Sistema Solar, aproximadamente el plano orbital de Júpiter), la precesión tiene un período de aproximadamente 100,000 años.

Ciclos de Milanković

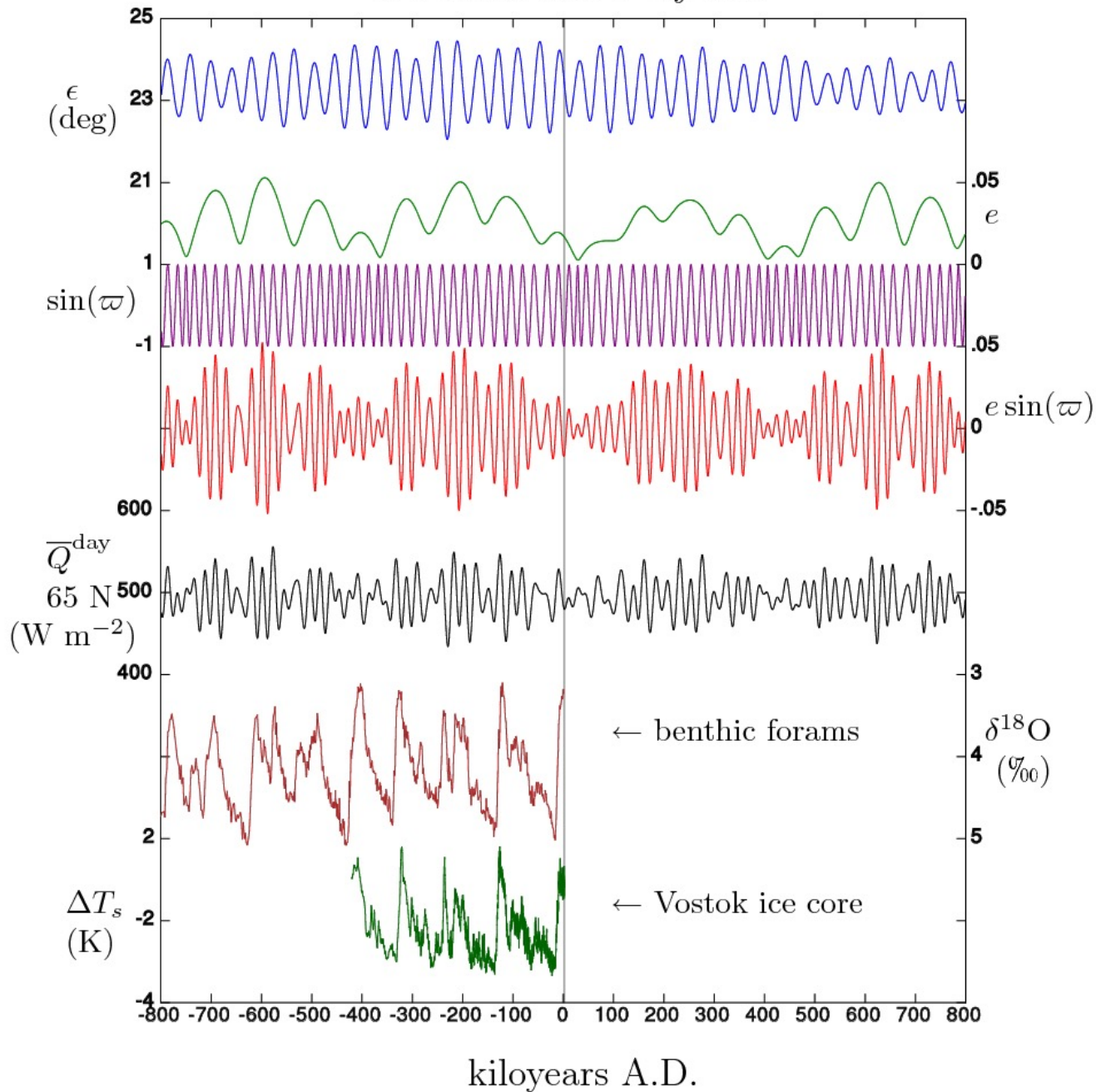
Las variaciones orbitales o ciclos de Milanković describen los efectos conjuntos que los cambios en los movimientos de la Tierra provocan en el clima a lo largo de miles de años.

El término fue acuñado tras los estudios realizados por el astrónomo y geofísico serbio Milutin Milanković. En la década de 1920, teorizó que las variaciones resultantes provocaban cambios cíclicos en la radiación solar que llega a la superficie terrestre y que ello influía considerablemente en los patrones de los cambios climáticos sobre la Tierra.

En la actualidad, los materiales geológicos sobre la superficie de la Tierra que no han cambiado durante miles de años están siendo estudiados por los especialistas para averiguar los cambios en la climatología terrestre.

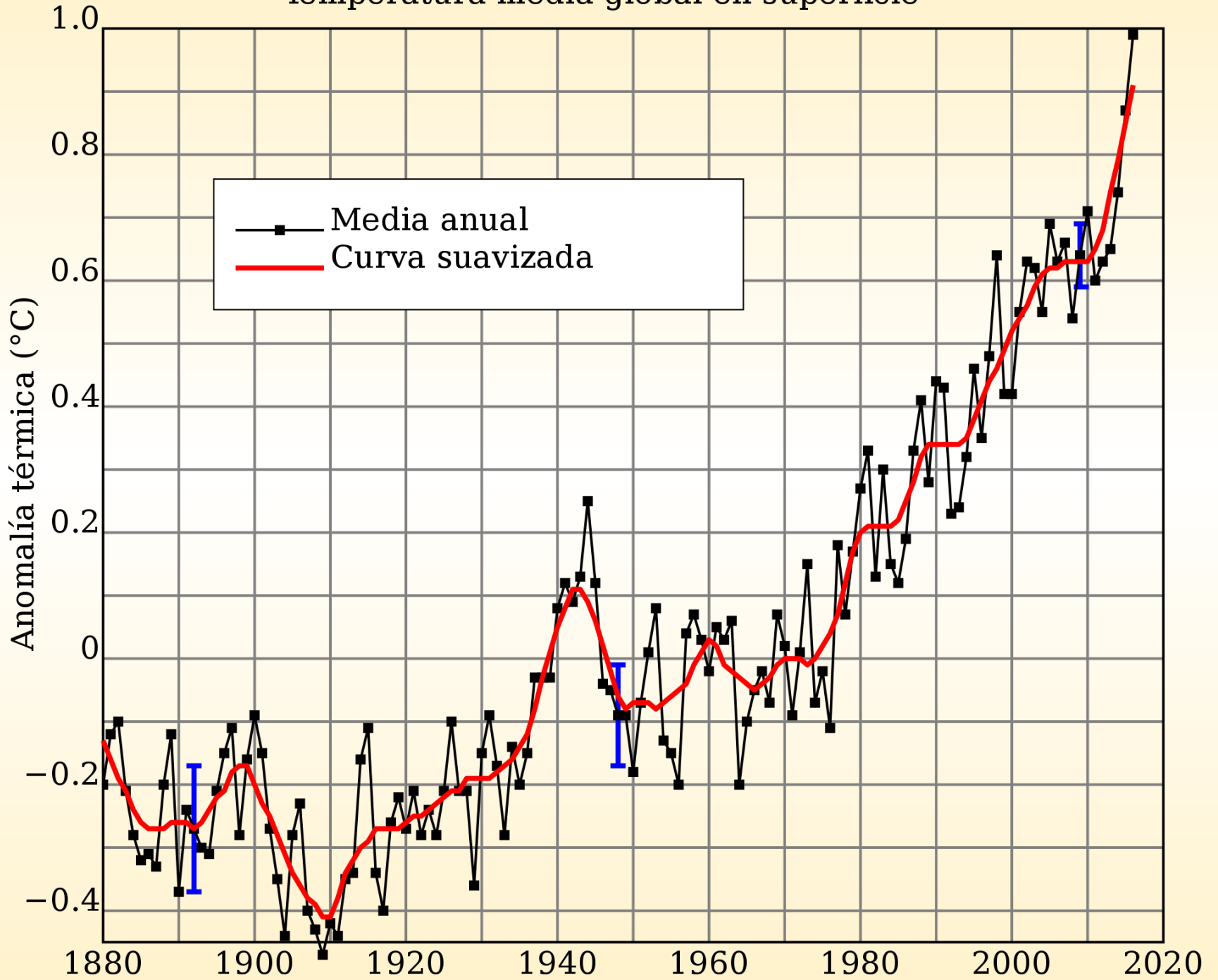
Pese a que muchos de ellos son consistentes con la hipótesis de las teorías de Milankovitch, hay un conjunto de los mismos que las hipótesis predecibles no son capaces de explicar.

Milankovitch Cycles

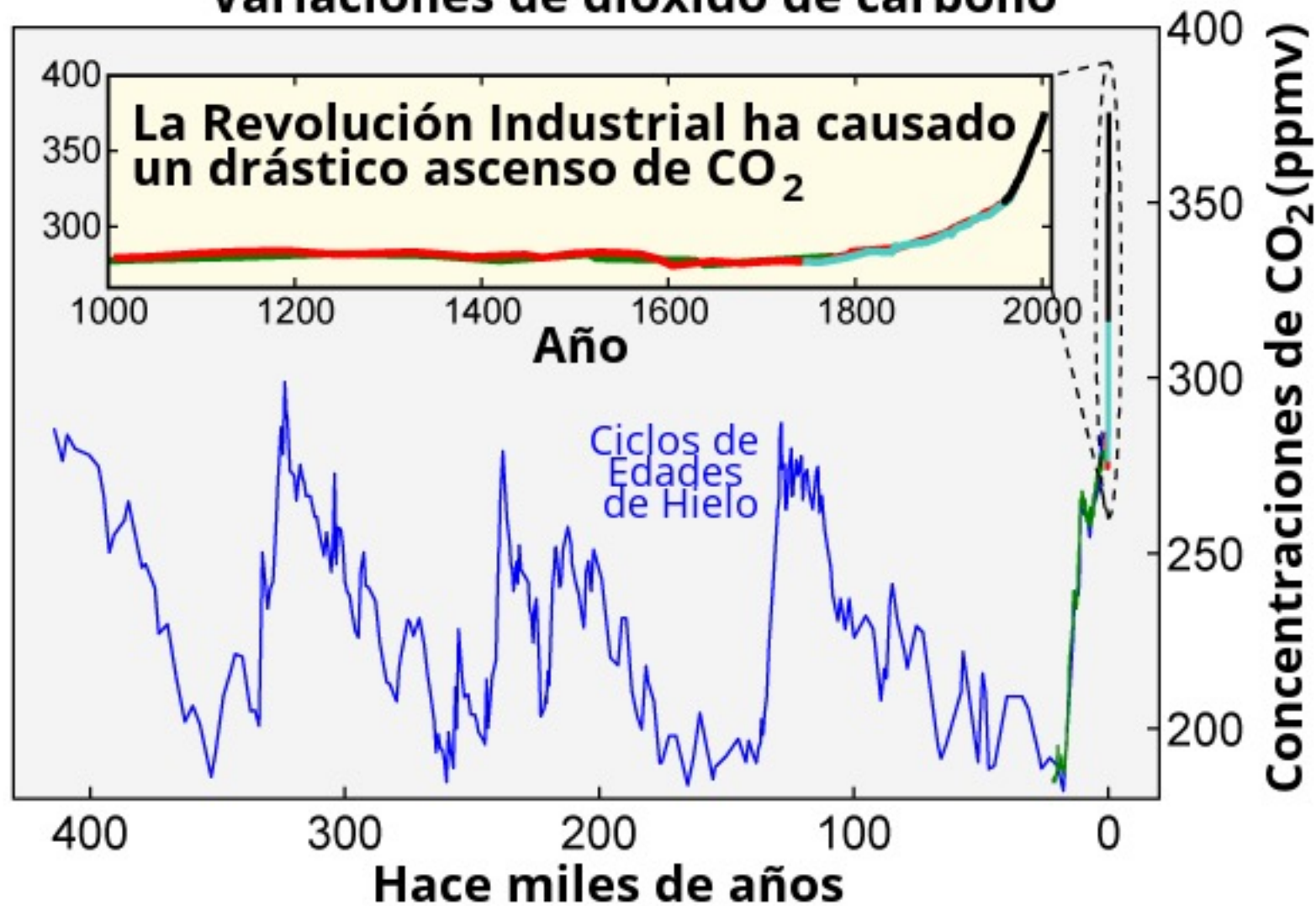


El pasado y futuro de los ciclos de Milanković ayuda a comprender la predicción de los parámetros orbitales pasados y futuros con gran precisión. La figura muestra variaciones en los elementos orbitales, como la Oblicuidad (Inclinación orbital), la Excentricidad, la Longitud del periastro y el Índice de precesión equinoccial, el cual, junto a la oblicuidad, controla el ciclo estacional de la insolación. Así mismo, aparece la cantidad de insolación calculada diariamente en la zona superior de la atmósfera durante el solsticio de verano a un nivel de latitud de 65° N. Aparecen dos niveles diferentes para el nivel del mar y la temperatura oceánica, ambos obtenidos de los sedimentos marinos y del hielo de la Antártida, extraídos de los depósitos bentónicos y del núcleo del hielo en la base antártica rusa de Vostok. La línea gris vertical muestra las condiciones actuales hacia el 2000 D.C.

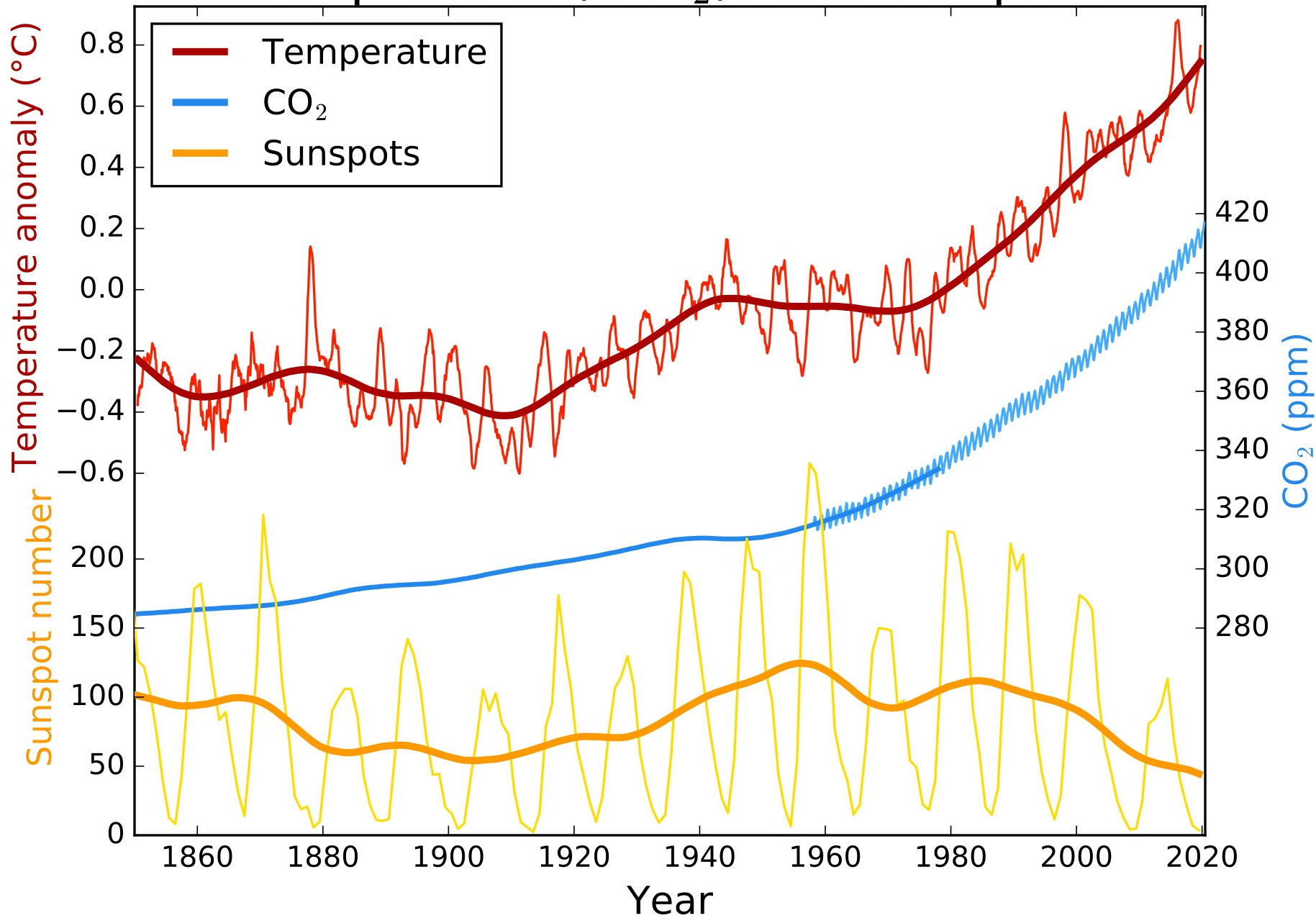
Temperatura media global en superficie



Variaciones de dióxido de carbono



Temperature, CO₂, and Sunspots



Efecto de CO₂

Albedo: El albedo es el porcentaje de radiación que cualquier superficie refleja respecto a la radiación que incide sobre ella. Las superficies claras tienen valores de albedo superiores a las oscuras, y las brillantes más que las mates. El albedo medio de la Tierra es del 37-39% de la radiación que proviene del Sol.

La reflexión es el cambio de dirección de una onda al entrar en contacto con la superficie (interfaz) que separa dos medios diferentes, regresando al medio donde se originó. Ejemplos comunes son la reflexión de la luz, el sonido y las ondas en el agua.



Cualquier albedo en luz visible cae dentro de un rango de alrededor de 0,9 para la nieve fresca a cerca de 0,04 para el carbón vegetal, una de las sustancias más oscuras.

La luz del Sol, que no se refleja, es absorbida por la Tierra. Esto tiene un efecto de calentamiento.

Para mantener la temperatura de la Tierra, la Tierra también debe emitir luz, de acuerdo con su temperatura.

Ésta es luz infrarroja, que no podemos ver.

El CO2 en la atmósfera puede absorber luz infrarroja y está reemitiendo una parte de ella hacia la Tierra. Esto recalienta la Tierra. Este efecto es muy necesario ya que de lo contrario la Tierra estaría demasiado fría para que pudiéramos vivir.

Pero mientras tanto, hemos cambiado significativamente la cantidad de CO2 en nuestra atmósfera y, por lo tanto, tenemos un calentamiento adicional de la Tierra.

