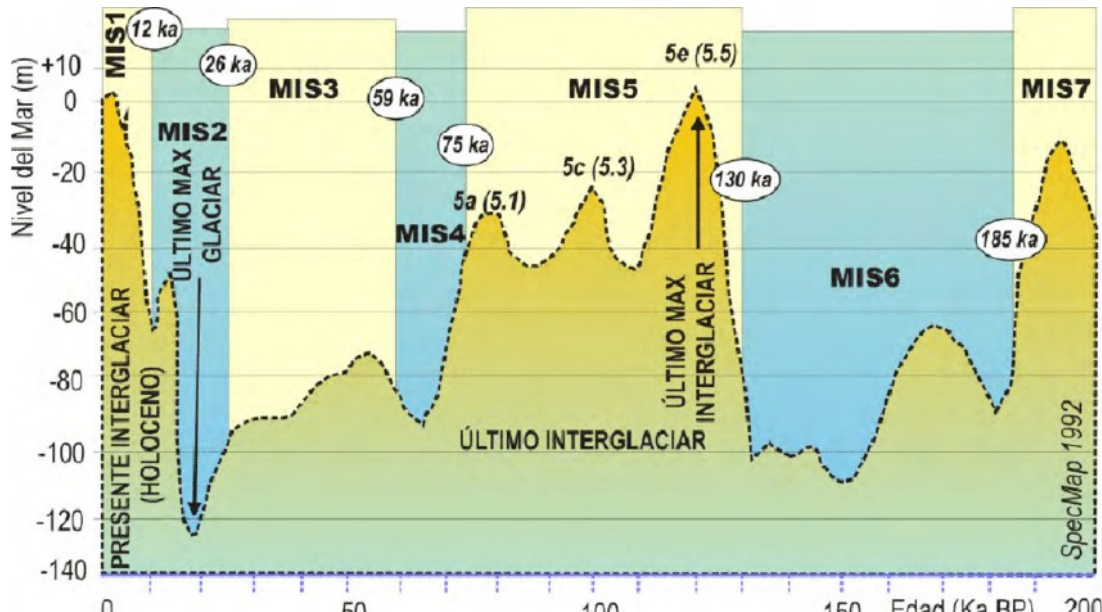
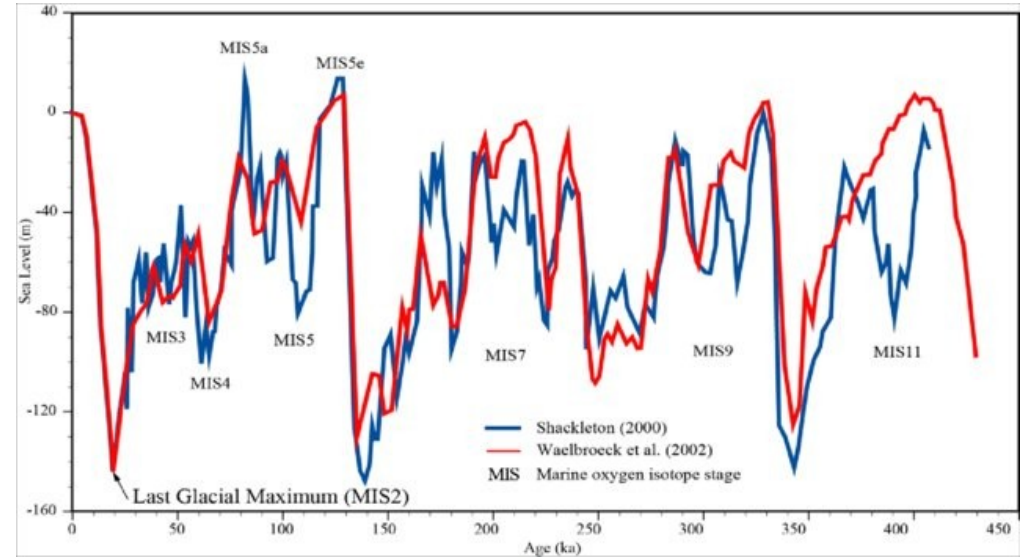
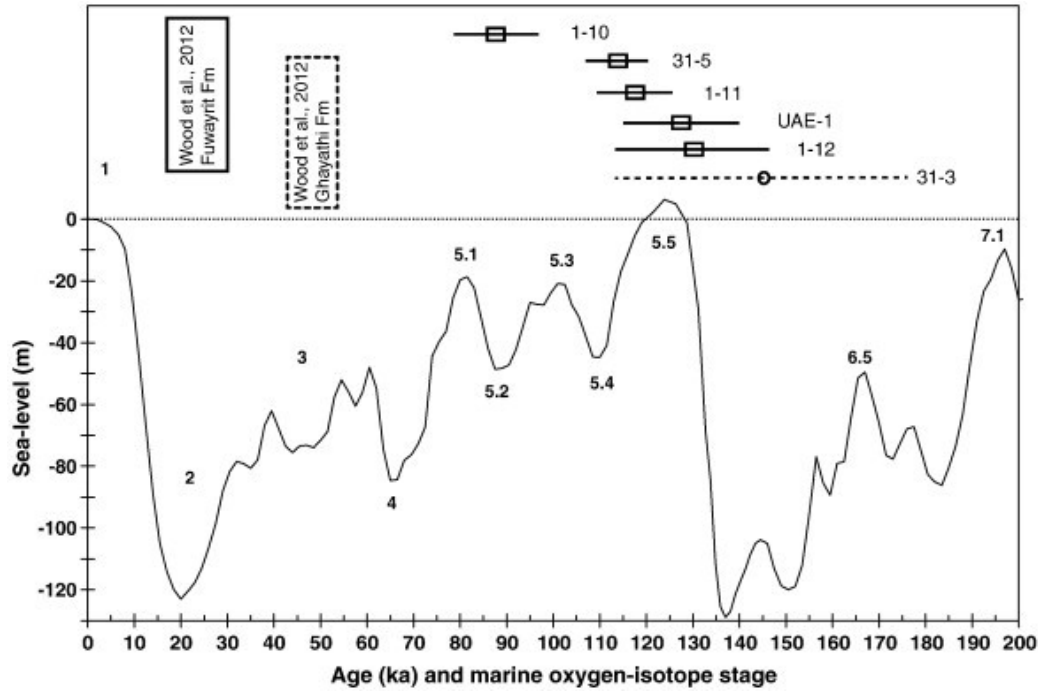
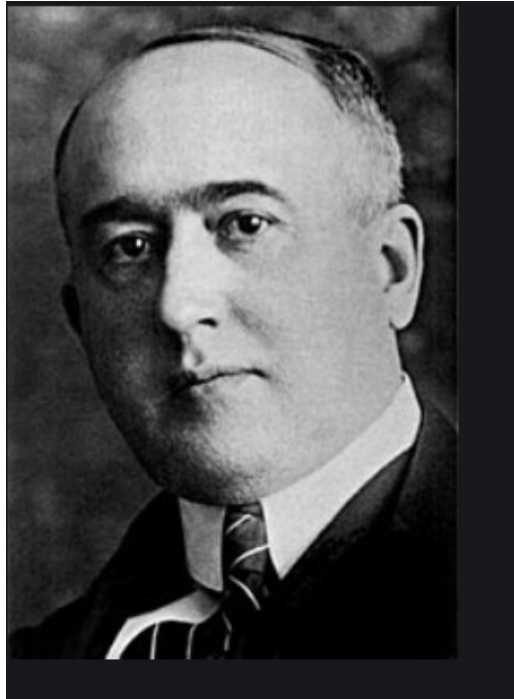


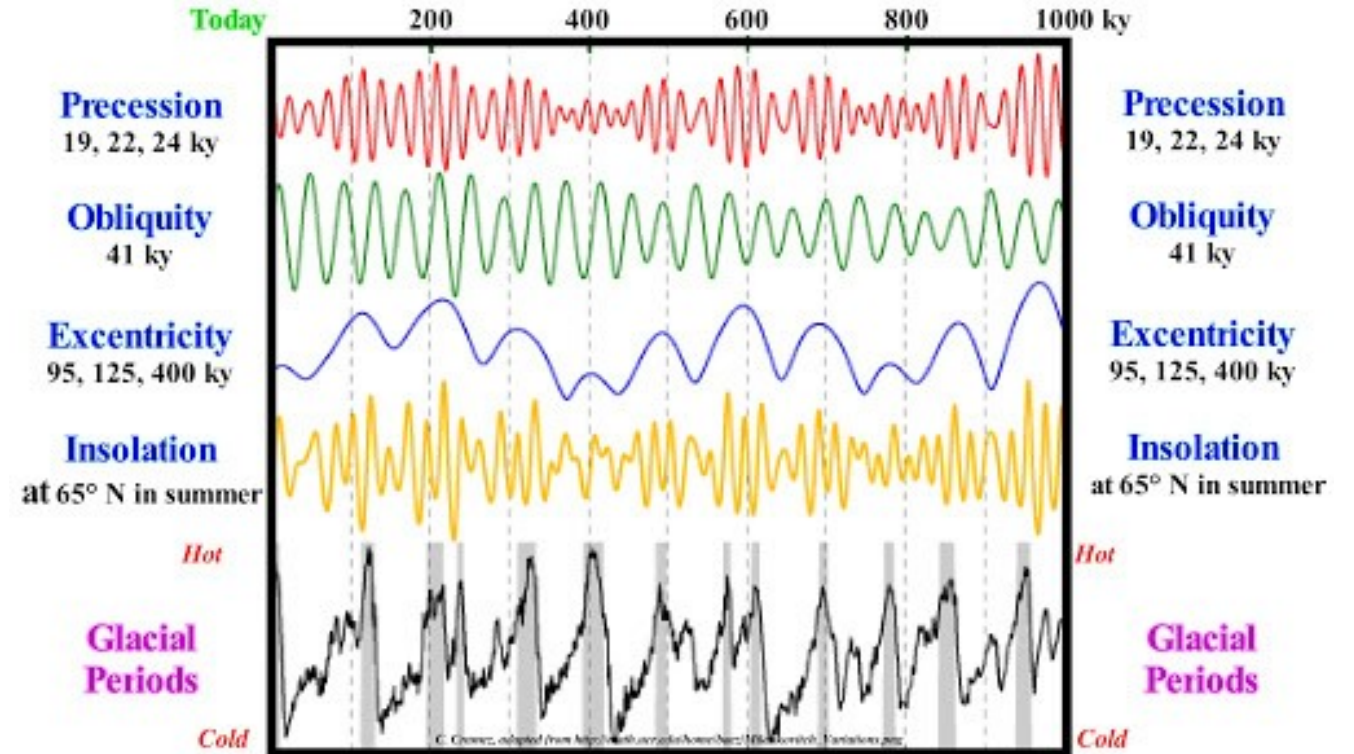
CAMBIOS DEL NIVEL DEL MAR





Milutin Milankovitch (1879 -1958) – Dalj (actual Croacia)
Fue un Astrofísico y uno de los primeros en desarrollar teorías relativas al movimiento de la Tierra y su influencia a largo plazo en los cambios climáticos.

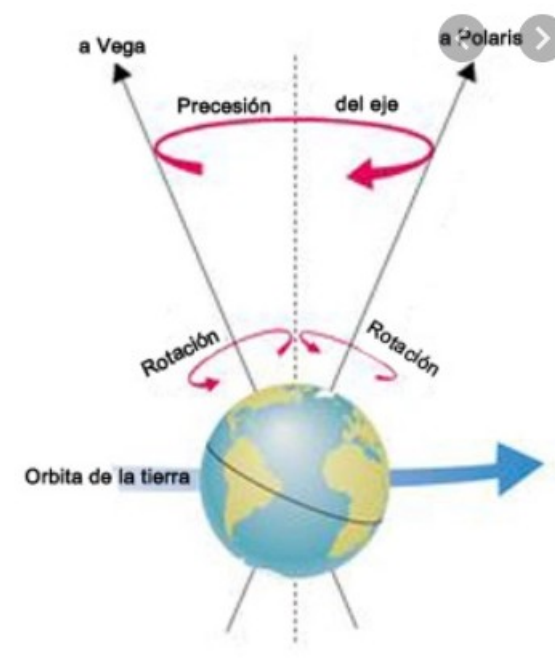
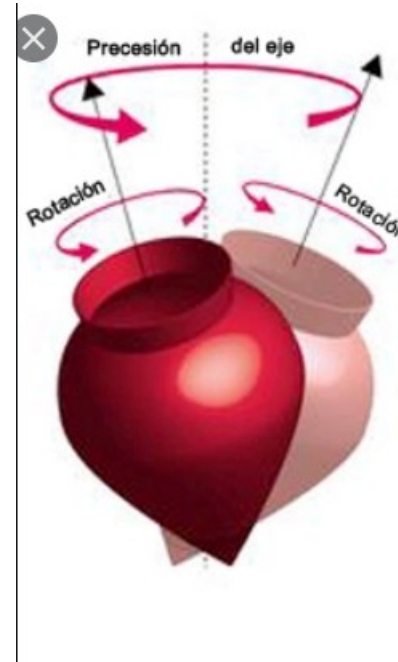
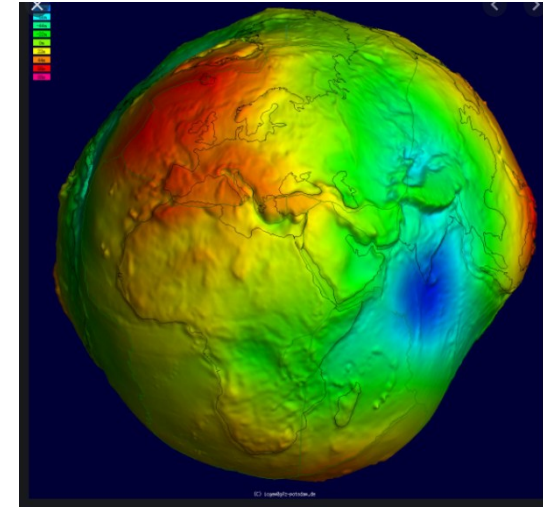
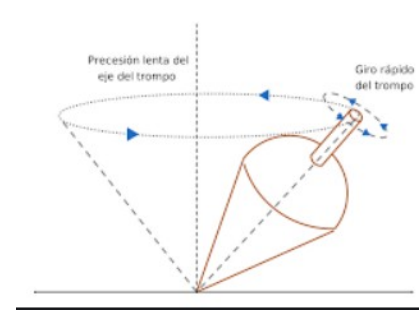
Milankovitch Cycle (Variations in the Quantity of Solar Energy)



En 1920, teorizó que las variaciones resultantes de los parámetros astronómicos asociados a la órbita de la Tierra alrededor del sol (precesión, oblicuidad y excentricidad) provocaban cambios cíclicos en la radiación solar que llega a la superficie terrestre y ellos influía considerablemente en los cambios climáticos de la Tierra.

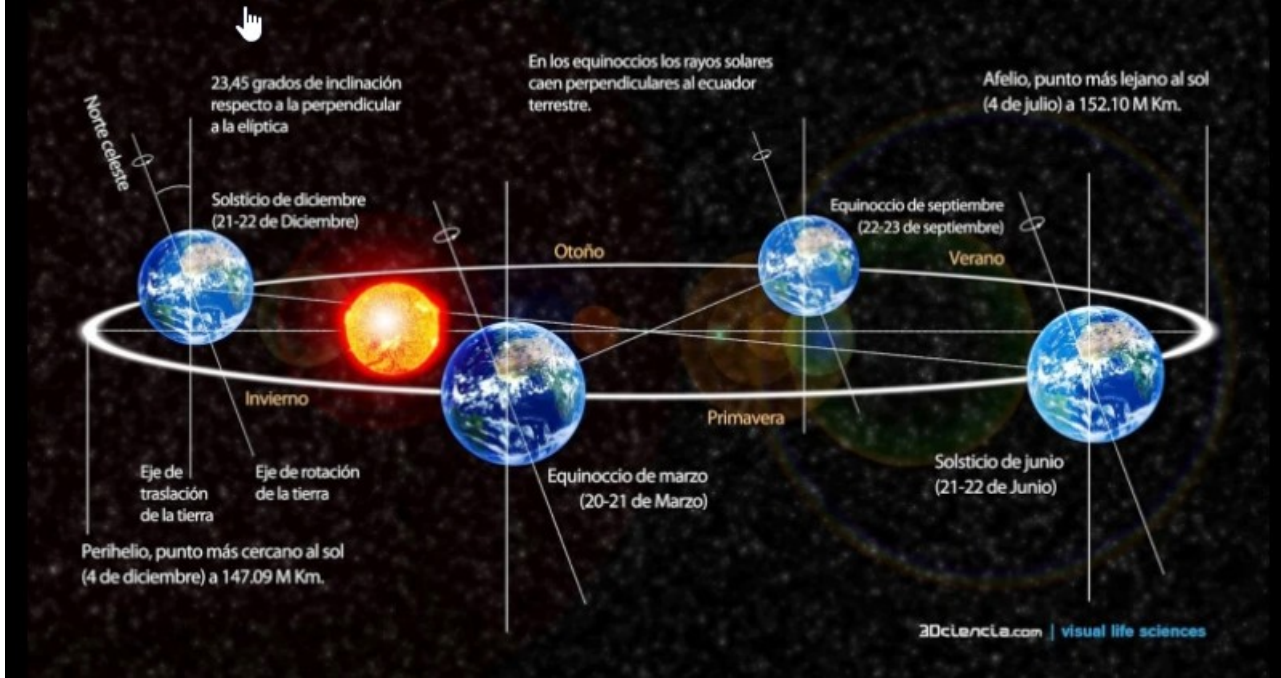


Ciclo de Precesión (21.000 años)

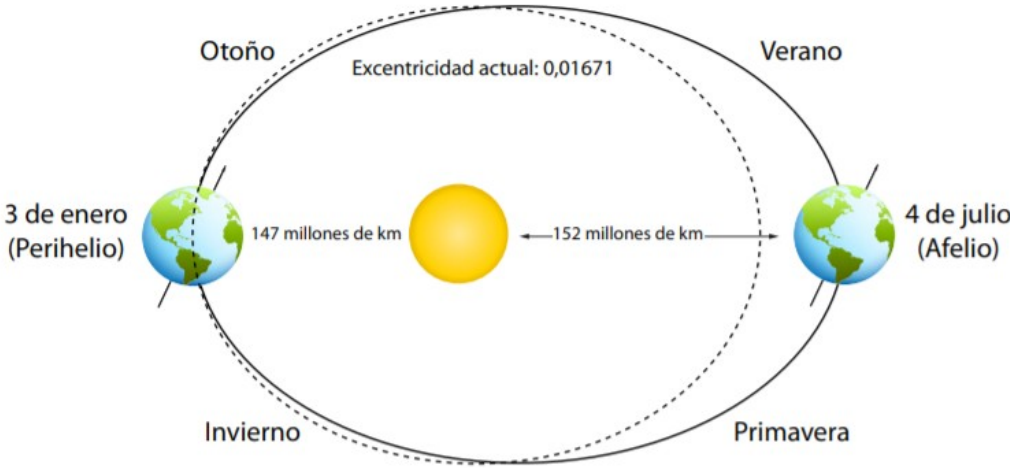


Ciclo de Oblicuidad (41.000 años)



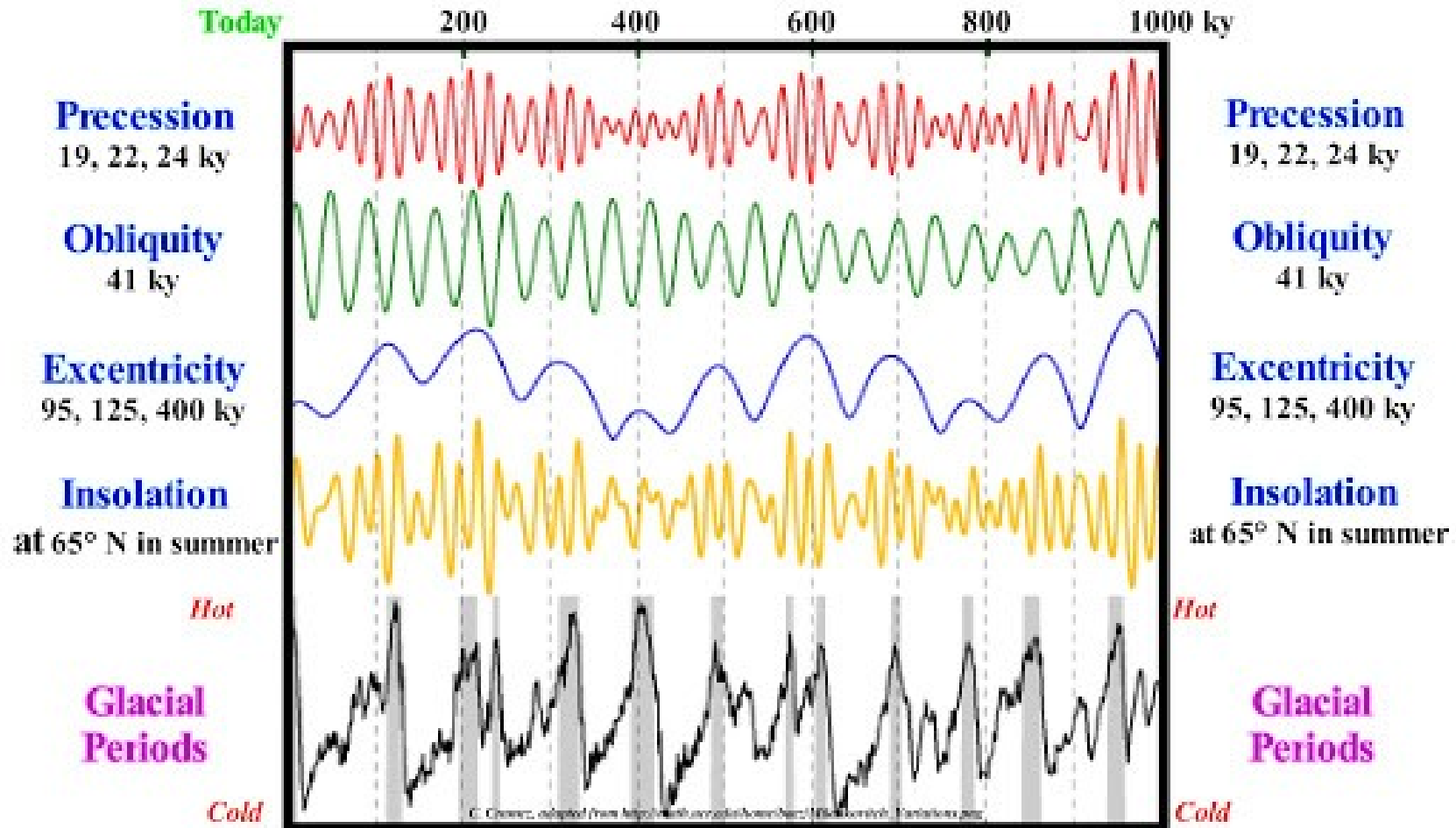


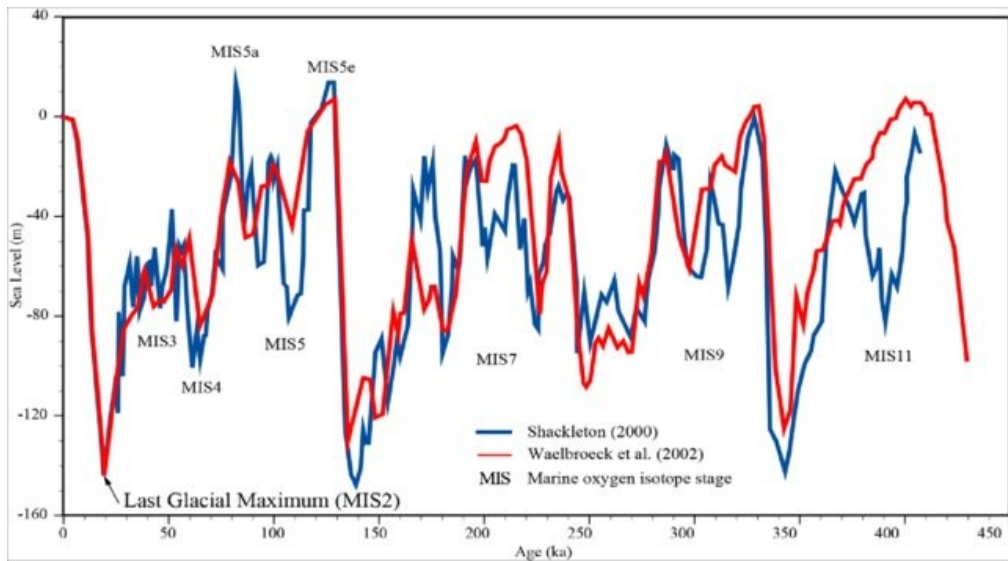
Ciclo de Excentricidad (405.000 y 100.000 años)



Milankovitch Cycle

(Variations in the Quantity of Solar Energy)





PESO ATÓMICO PROMEDIO

Isótopos más abundantes del oxígeno

Oxígeno-16	$^{16}_8\text{O}$	15.99491	99.759
Oxígeno-17	$^{17}_8\text{O}$	16.99914	0.037
Oxígeno-18	$^{18}_8\text{O}$	17.99916	0.204

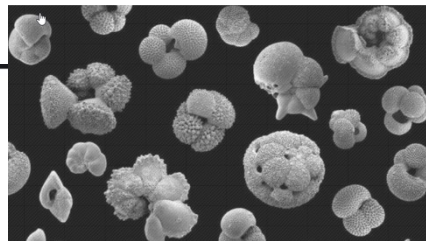
Si lográramos contar 100,000 átomos de oxígeno
 99,759 serían de oxígeno-16
 37 serían de oxígeno-17
 204 serían de oxígeno-18

Isótopos de Oxígeno

Oxígeno-16

Oxígeno-18

462 x 345



Isótopos estables de Oxígeno

Isótopo "ligero" ^{16}O

Isótopo "pesado" ^{18}O

^{16}O 99,7630 % ^{17}O 0,0375 % ^{18}O 0,1995 %

$$\delta^{18}\text{O} = \left(\frac{^{18}\text{O}/^{16}\text{O}_{\text{(muestra)}}}{^{18}\text{O}/^{16}\text{O}_{\text{(estándar)}}} - 1 \right) \times 1000$$

Espectrómetro para la medición de relaciones isotópicas

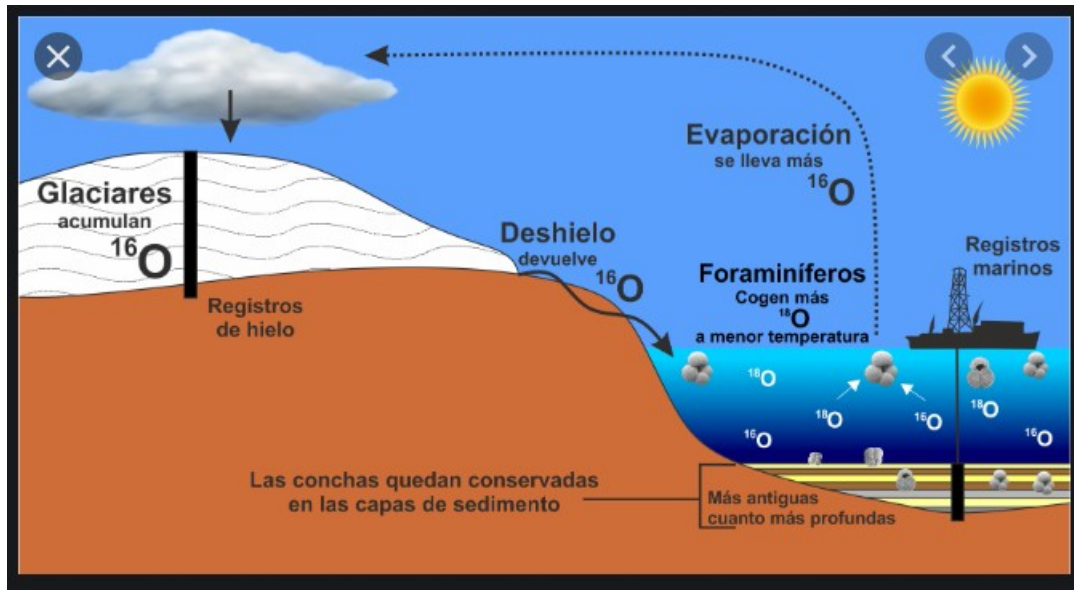


Una relación isotópica R en una sustancia o mineral X indica la proporción del isótopo pesado frente al ligero (en el caso del oxígeno, $R_X = {}^{18}\text{O} / {}^{16}\text{O}$). Esta relación usualmente se reporta mediante la notación δ (referida a la misma relación isotópica de un estándar y en ‰):

$$\delta^{18}\text{O} (\text{‰}) = 1000 ((R_X/R_{\text{std}})-1)$$

donde R_X and R_{std} son las relaciones ${}^{18}\text{O} / {}^{16}\text{O}$ de la muestra X y del estándar.

Cómo funciona la razón ${}^{18}\text{O}/{}^{16}\text{O}$?

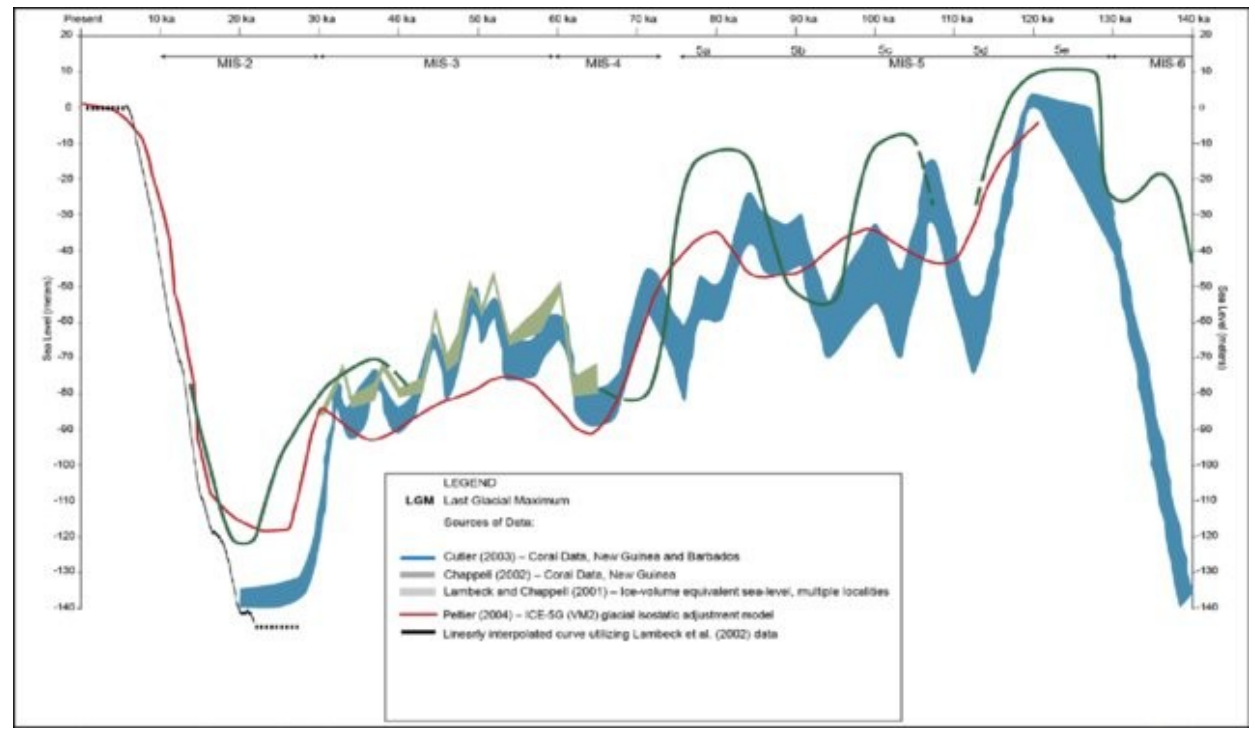
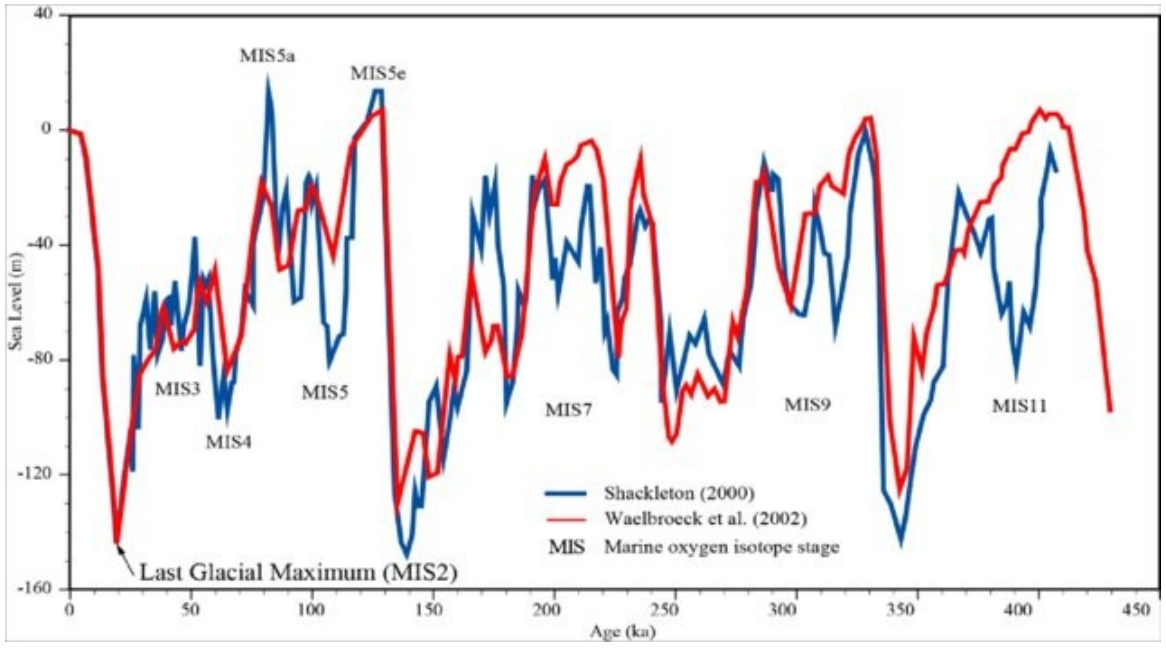


Los standards aceptados son:

SMOW (Standard Mean Ocean Water): es un estándar de agua con una composición próxima a la media del agua marina

PDB (PeeDee Belemnite): es calcita procedente del belemnites *Belemnitella americana*, recogido en la Fm. Peedee del Cretácico de Carolina del Sur





CURVAS DEL NIVEL DEL MAR DEL HOLOCENO

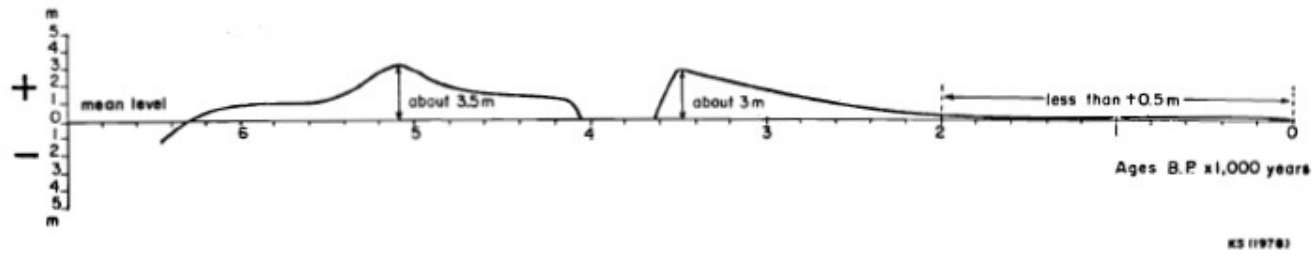
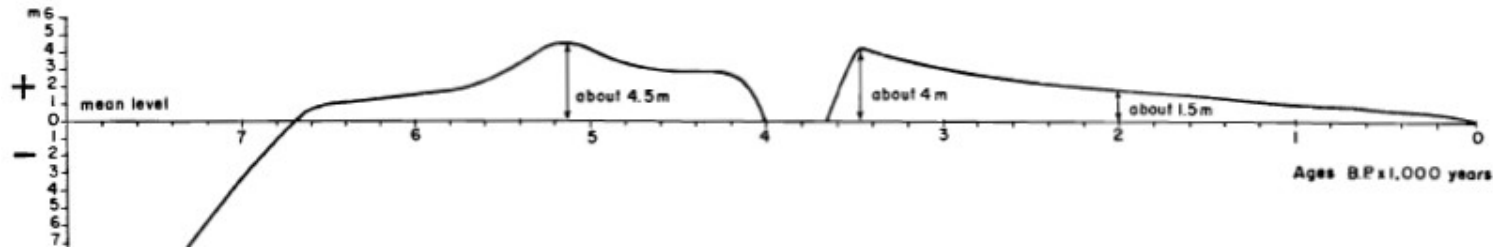


Fig 5 – Relative sea-level change curve for the Cananéia-Iguape coastal plain (State of São Paulo),



Kenitiro & Martin (1985)

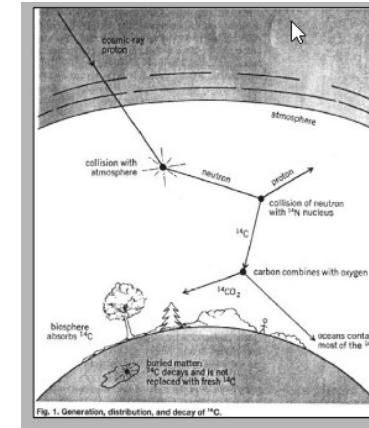
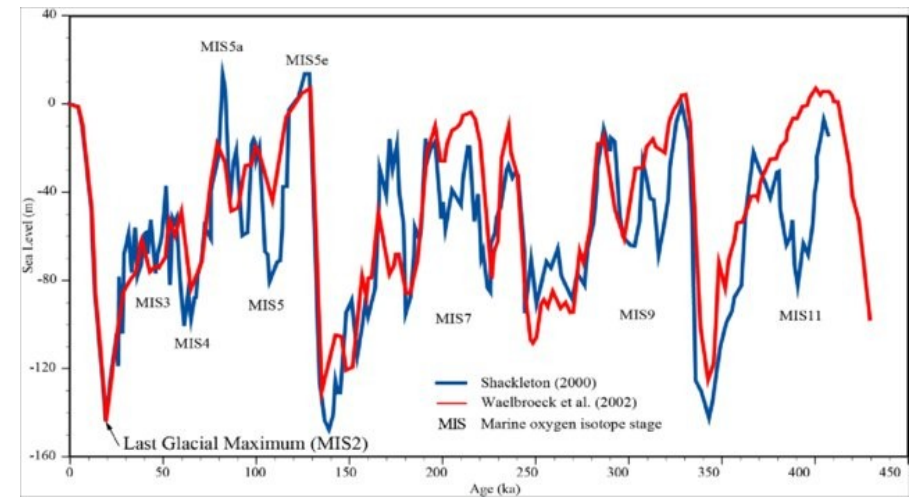
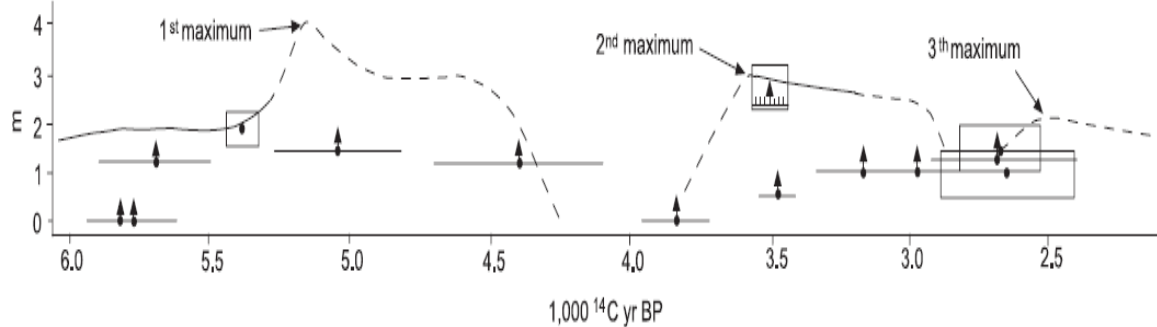
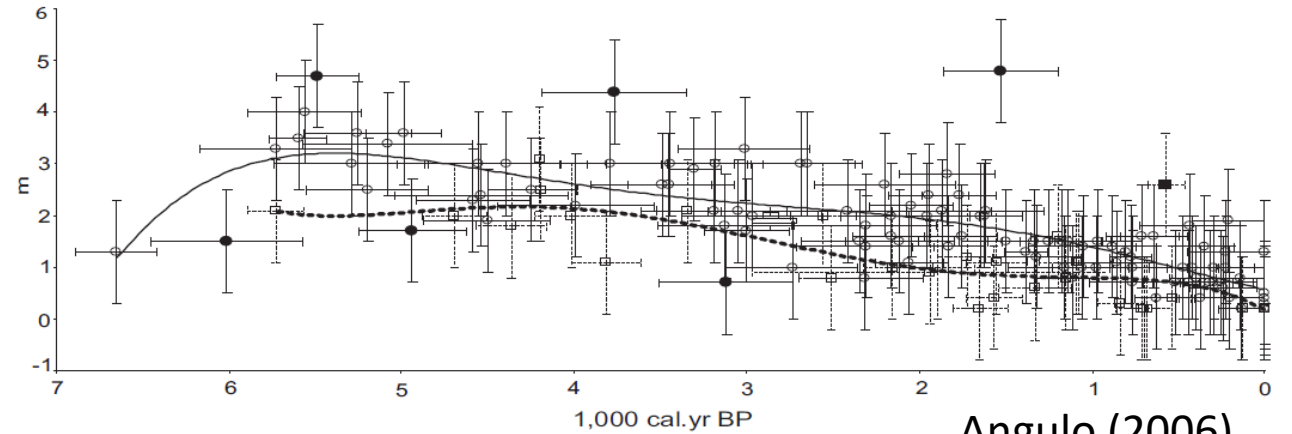


Fig. 1. Generation, distribution, and decay of ¹⁴C.

Dataciones C_{14}



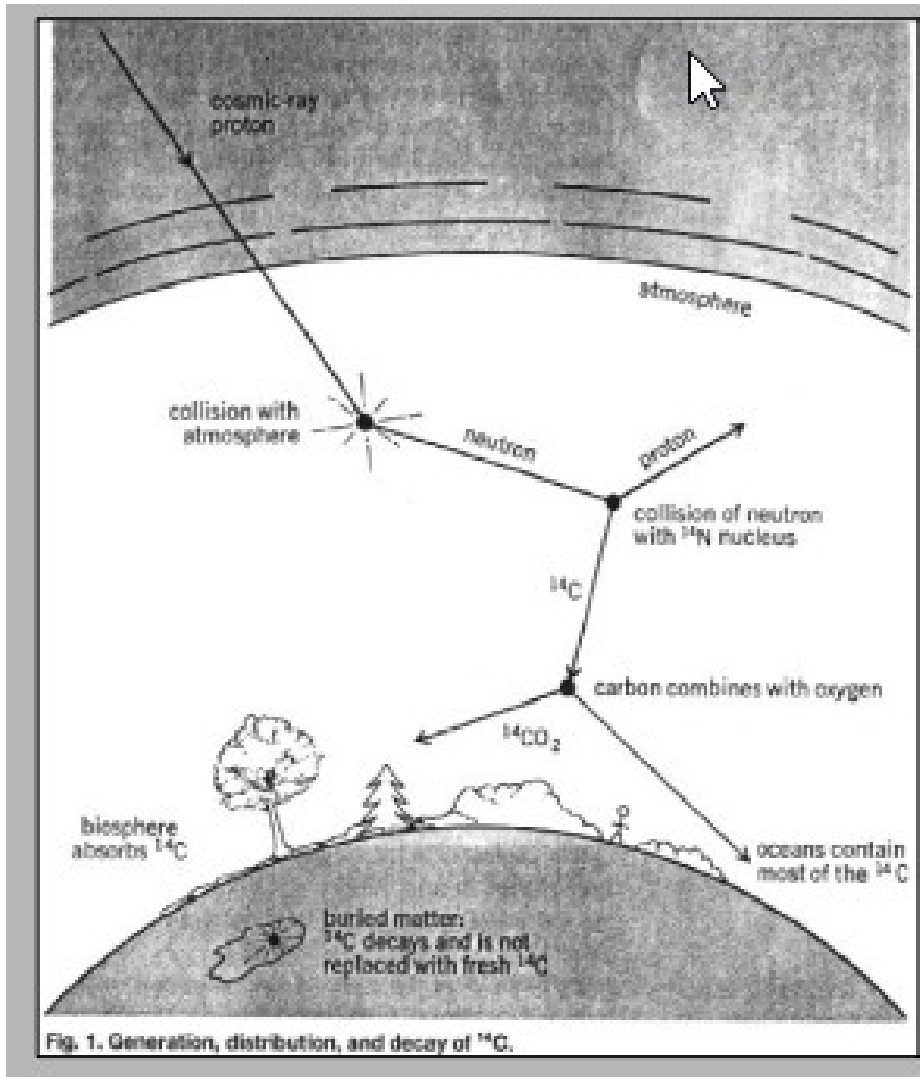
- Temporal and spacial reconstruction of paleo-sea-level
- ↑ Temporal reconstruction of minimum paleo-sea-level
- ▲ Paleo-sea-level inferred from a shell-midden



Angulo (2006)

MÉTODO DO RADIOCARBONO

Desarrollado en 1947 por Willard Libby (EUA)



El carbono tiene tres isótopos naturales - ^{12}C , ^{13}C - estables ^{14}C - inestable La proporción de estos isótopos en la atmósfera y seres vivos es de:

^{12}C - 98.89%

^{13}C - 1.11%

^{14}C - 0.00000000010%.

Para cada átomo de ^{14}C en un ser vivo, existen 1,000,000,000,000 de átomos de ^{12}C .

^{14}C es rápidamente oxidado formando $^{14}\text{CO}_2$ - que se mezcla con el CO_2 inactivo. Como el CO_2 es consumido por las plantas, todas las plantas son radioactivas. Como los animales dependen de las plantas para sobrevivir, todos los seres vivos son radioactivos.

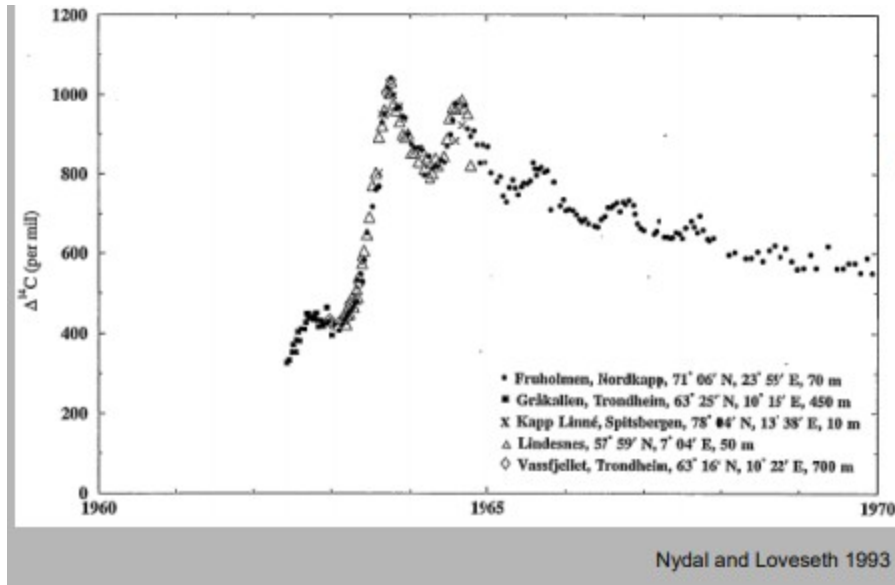
El ^{14}C en los seres vivos, se encuentra en equilibrio con aquel de la atmósfera. Luego de la muerte del organismo, el decaimiento es constante, y el reloj radioactivo comienza a funcionar.

VIDA MEDIA DEL ^{14}C = 5760 años

PREMISAS BÁSICAS DEL MÉTODO

- (1) La producción de radiocarbono por rayos cósmicos ha permanecido esencialmente igual (la misma) para establecer un equilibrio de $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ en la atmósfera
- (2) É rápida a mezcla del ^{14}C en el sistema (acuático y terrestre)
- (3) La razón isotópica en la muestra solo es alterada por el decaimiento radioactivo

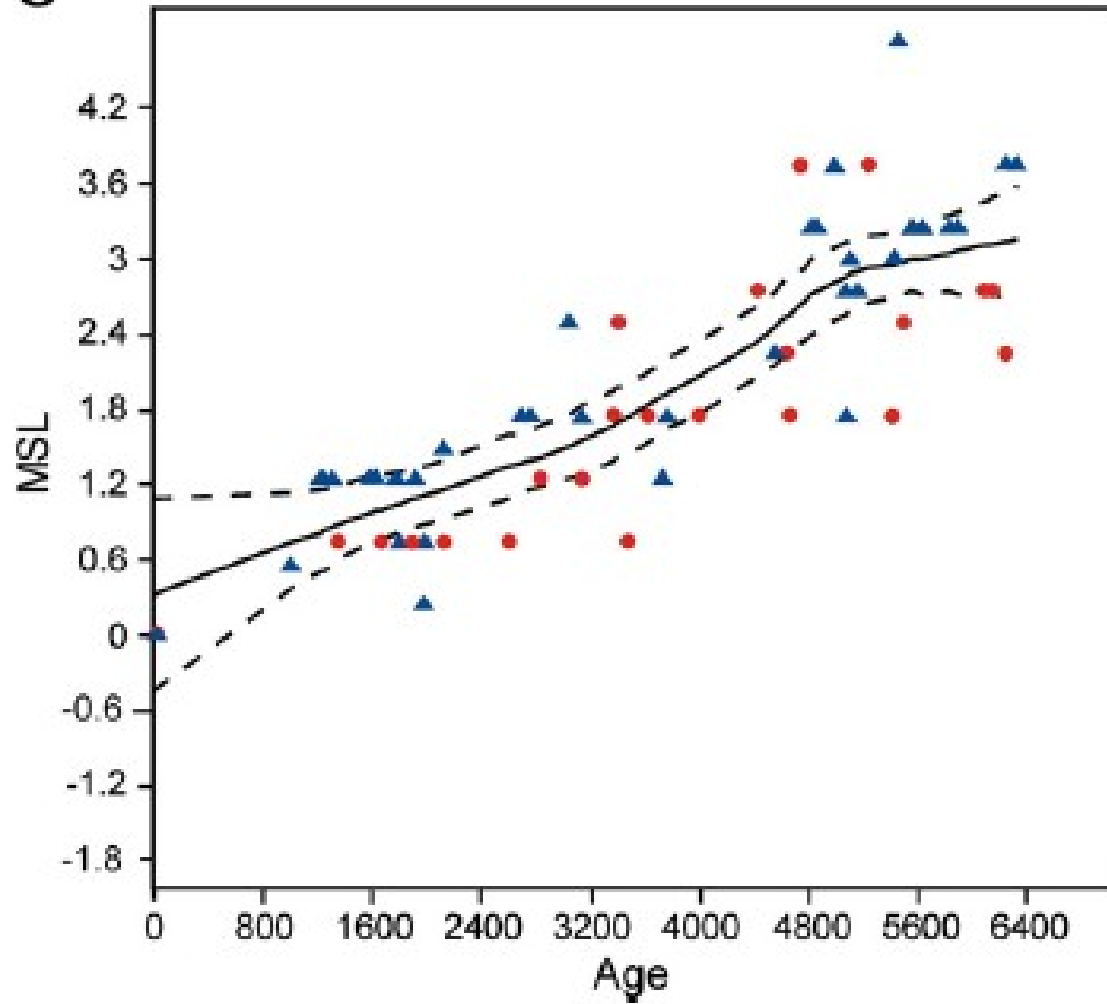
Con respecto a la primer premisa:



La actividad de ^{14}C en la atmósfera aumentó aproximadamente 100% durante los test nucleares del período pós-guerra (grande flujo de neutrones). De esta forma, la radioactividad “patrón” para el ^{14}C es aquella de 1950 - edad 0 (cero) de referencia para las dataciones.

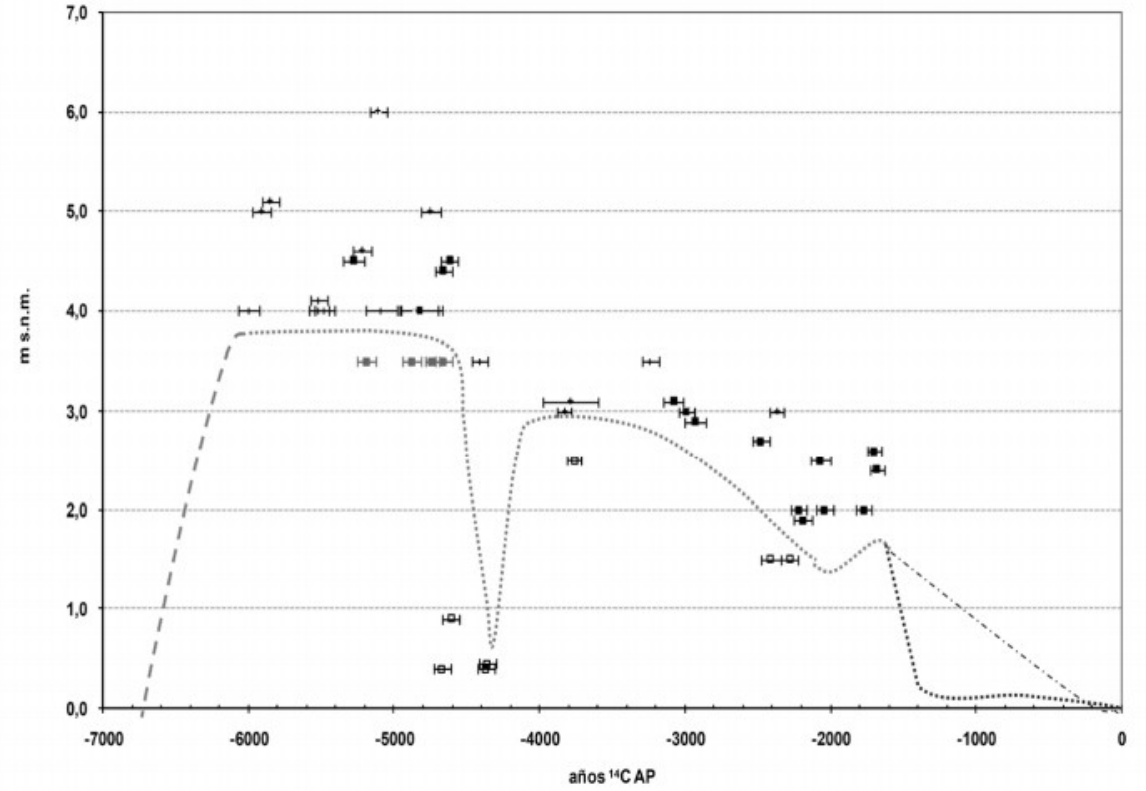
Efecto industrial – 1890 en adelante – reducción del 2% de la actividad del ^{14}C debido a la quema de combustibles fosiles.

C

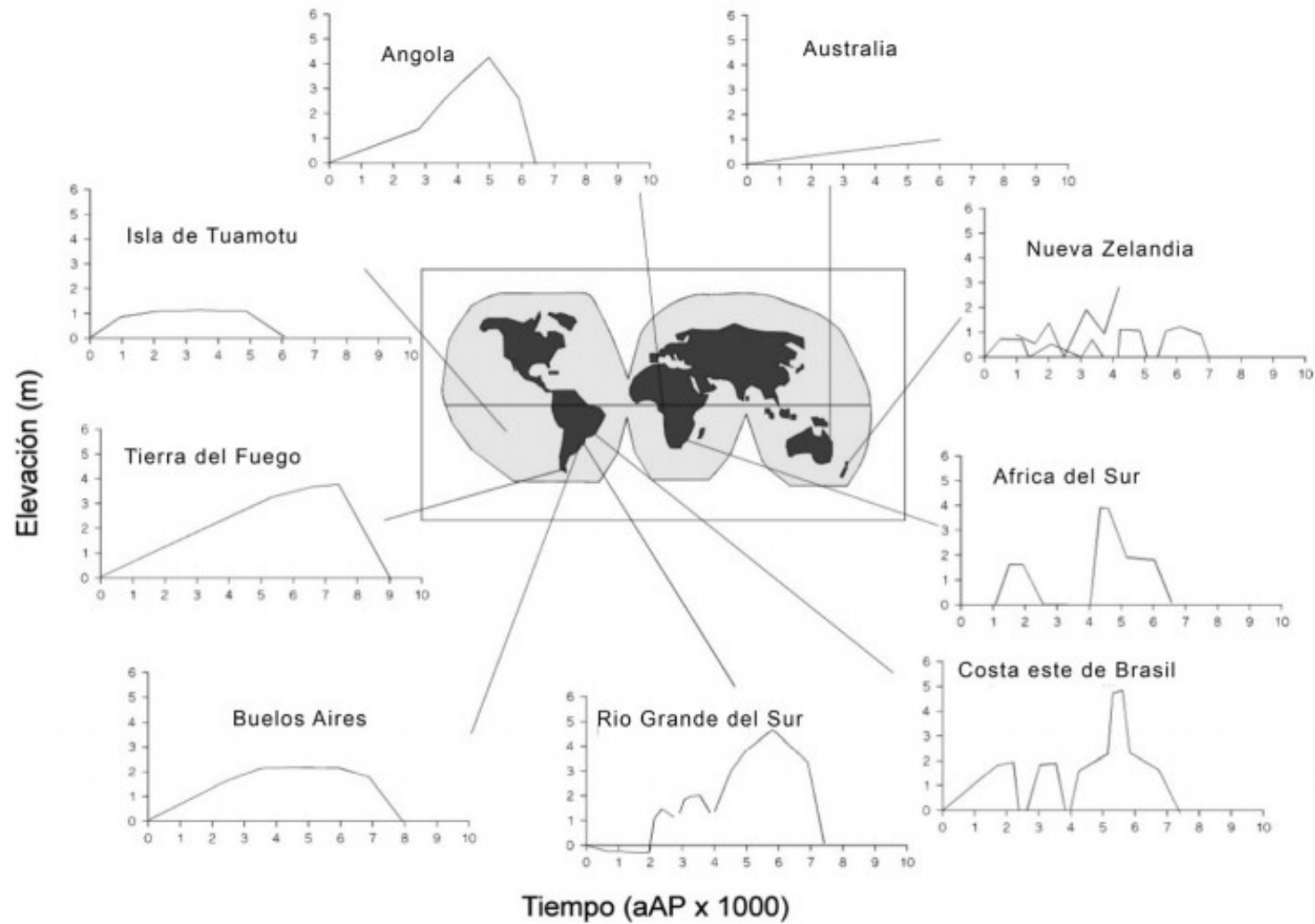


Martínez & Rojas, 2013

5



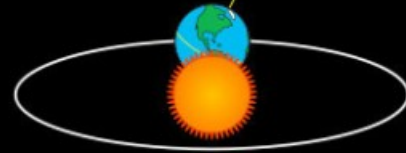
Bracco et al., 2011



La Tierra tiene estaciones porque su eje está inclinado. Esta gira sobre su eje alrededor del Sol, pero el eje siempre se encuentra en la misma dirección.



Diciembre:
Es verano al sur del ecuador e invierno al norte. El Sol brilla directamente en el hemisferio sur e indirectamente en el hemisferio norte.



Marzo:
Es otoño al sur del ecuador y primavera al norte. El Sol brilla igual en los dos hemisferios.



Junio:
Es invierno al sur del ecuador y verano al norte. El Sol brilla directamente en el hemisferio norte e indirectamente en el hemisferio sur.



Septiembre:
Es primavera al sur del ecuador y otoño al norte. El Sol brilla igual en los dos hemisferios.