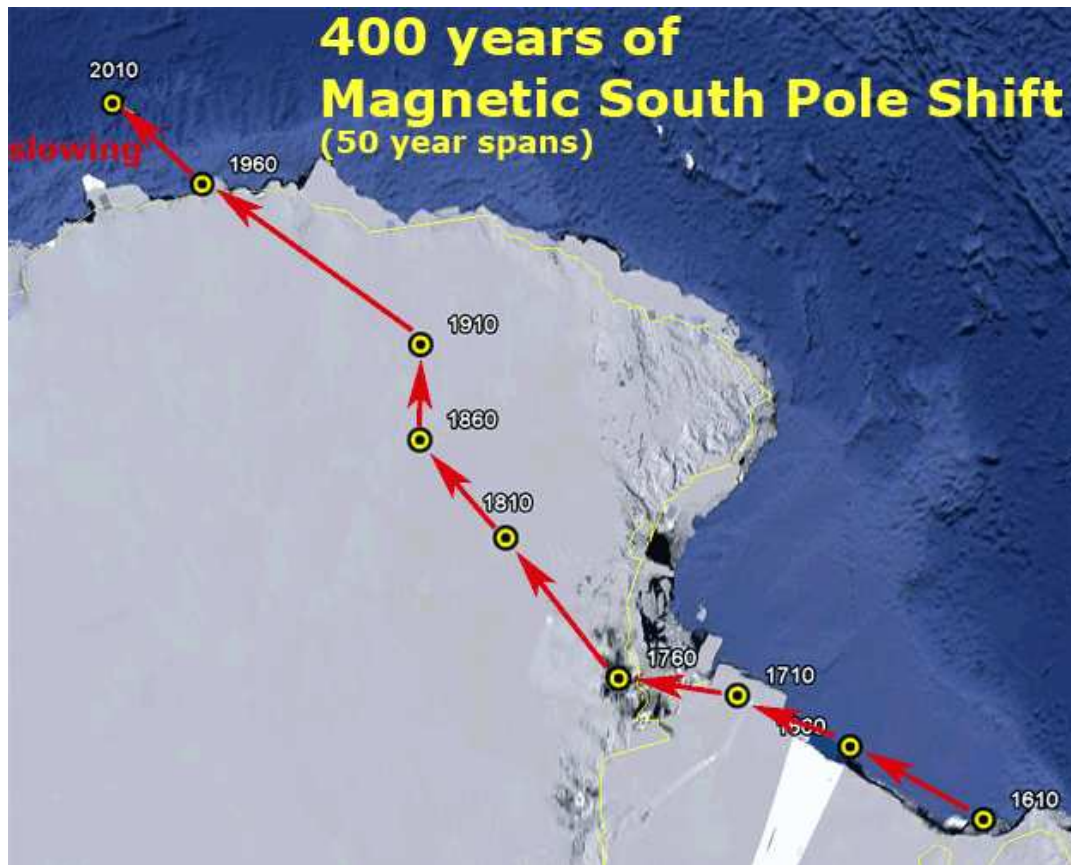


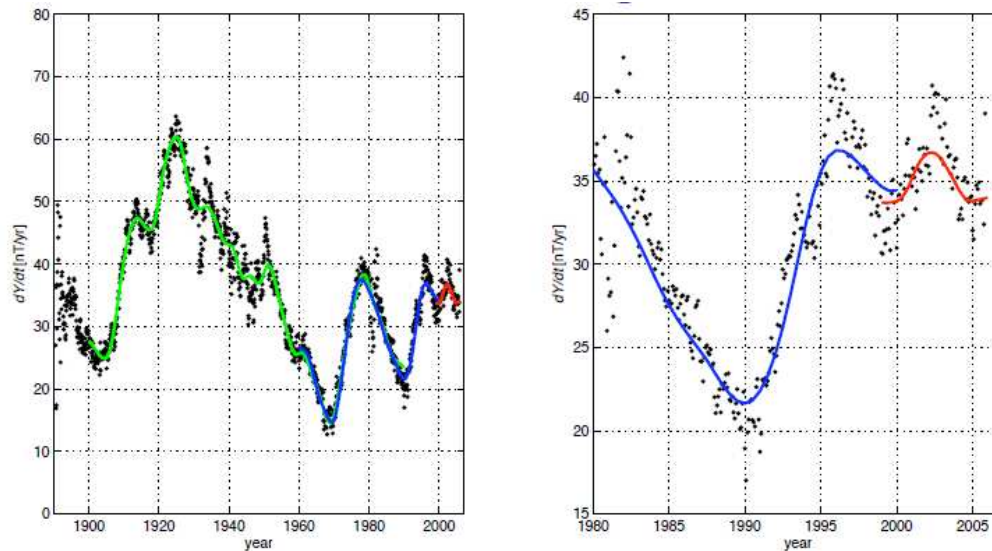
6 Variación del campo geomagnético



6.1 Terminología

- **La variación secular:** Los cambios observados del campo principal (generado en el núcleo) que ocurren en una escala de tiempo de años a millones de años.
- **Una inversión de polaridad:** Una inversión de $\sim 180^\circ$ en la dirección del campo para que los polos magnéticos cambian su hemisferio y se quedan en su nueva configuración por un buen tiempo ($\gtrsim 1 \times 10^5$ años).
- **Un crón:** El intervalo de tiempo entre dos inversiones del campo.
- **Una excursión de polaridad:** Una excursión temporaria (por $\gtrsim 45^\circ$) del dipolo geomagnético de su configuración predominantemente axial; usualmente acompañada por una bajada en la intensidad del campo.

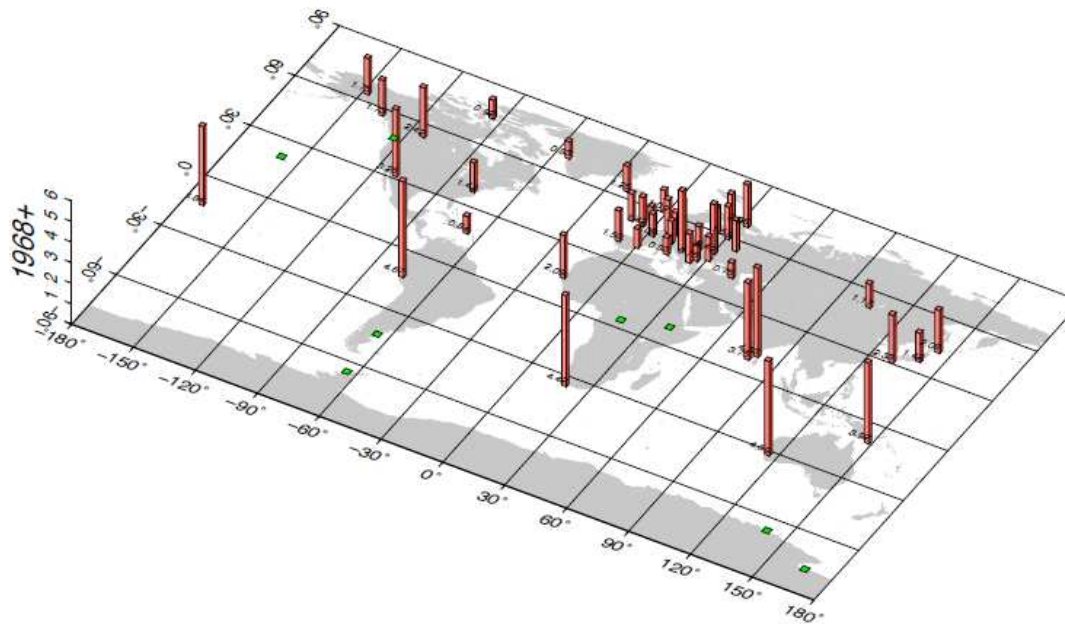
6.2.1 Cambios recientes: Jerks



First time derivative of the Y-component at Niemege observatory (Germany). Predictions of the *gufml* model by Jackson *et al.* (2000) is shown in green, of the *CM4* model by it Sabaka *et al.* (2004) in blue, and of the *CHAOS* model by Olsen *et al.* (2006) in red.

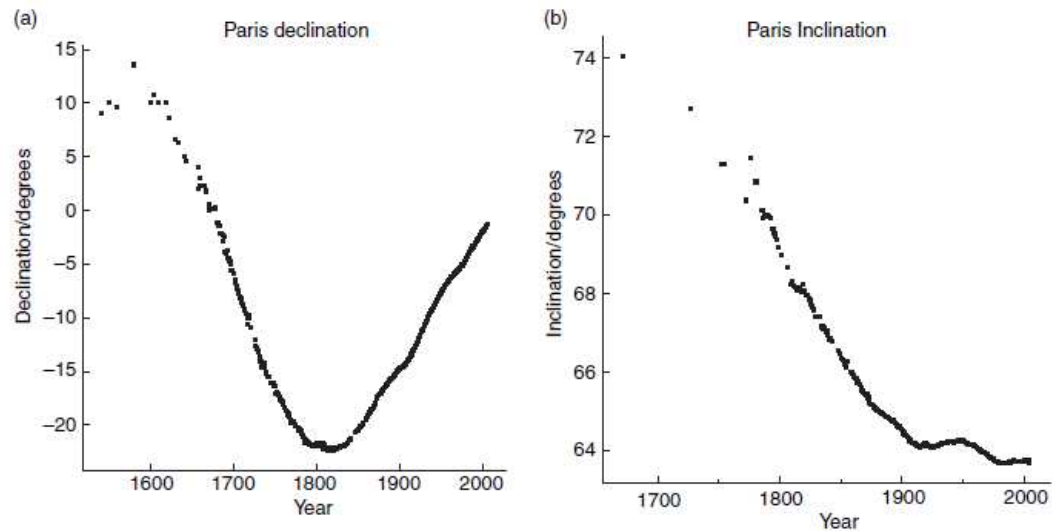
- Los jerks geomagnéticos (los impulsos en la variación secular) son cambios abruptos en la pendiente de la variación secular.
- Eran observados globalmente en 1901, 1913, 1925, 1969, 1978, 1991.
- Olsen N. and Manda, M., (2007), *Investigation of a secular variation impulse with satellite data: The 2003 Jerk. Earth. Planet. Sci. Lett., 255, pp 94-105.*

6.2.1 Cambios recientes: Jerks



- Los tiempos de ocurrencia de los jerks, medidos en los observatorios geomagnéticos, varían entre los hemisferios norte y sur.
- Por ejemplo el jerk en 1969 ocurre generalmente mas temprano en el hemisferio norte (por unos años).
- Alexandrescu M., Gibert D., Hulot G., Le Mouél J.L., and Saracco G., (1996), *Worldwide wavelet analysis of geomagnetic jerks*. *Journal of Geophysical Research*, 101(B10), pp 21975-21994.

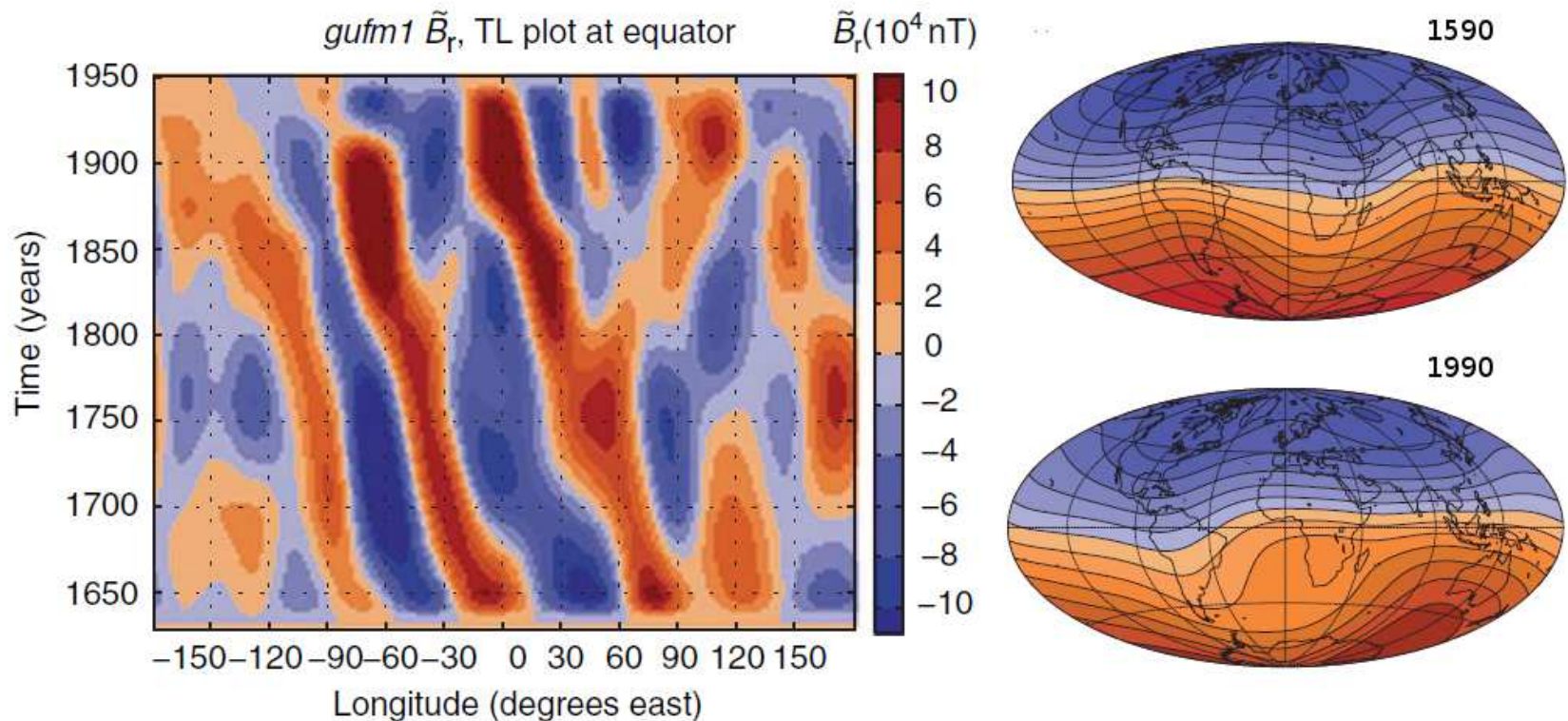
6.2.2 La deriva hacia el occidente



Declination (D) and Inclination (I) in Paris during historical times, based on Alexandrescu *et al.* (1996) and more recent observatory data. The data have been reduced to the current site of Chambon-la-Forêt; early observations are made by many different observers at several different sites.

- Basado en las observaciones tomados durante los últimos siglos, el patrón del campo geomagnético se mueve hacia el oeste a una tasa de $\sim 0.2^\circ$ por año.
- Jackson, A. and Finlay C.C., (2007), *Geomagnetic secular variation and its applications to the core*. In *Treatise on Geophysics*, 5.05, pp 147-193.

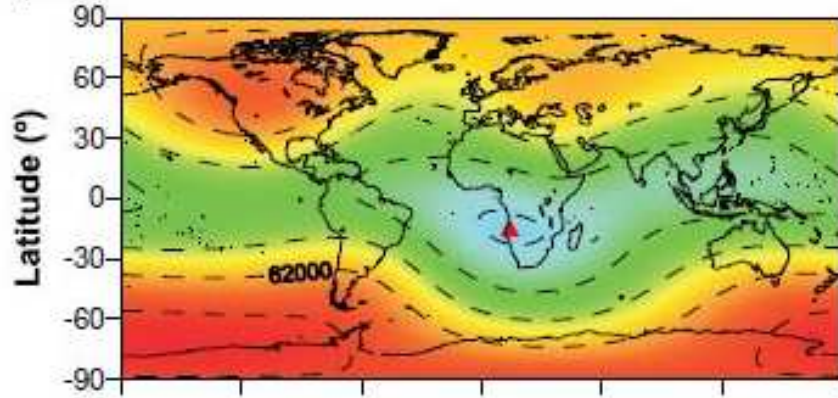
6.2.2 La deriva hacia el occidente



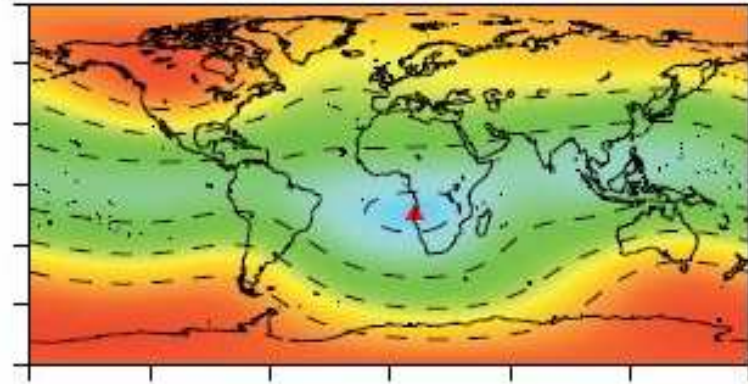
- La deriva hacia el occidente del campo en la superficie (B_r mostrado entre 1590 y 1990 en la figura), puede ser extrapolada hacia la superficie del núcleo y muestra que el patrón del campo se mueve hacia el oeste. Este efecto es probablemente debido al patrón del flujo en el núcleo externo.

6.2.2 La deriva hacia el occidente

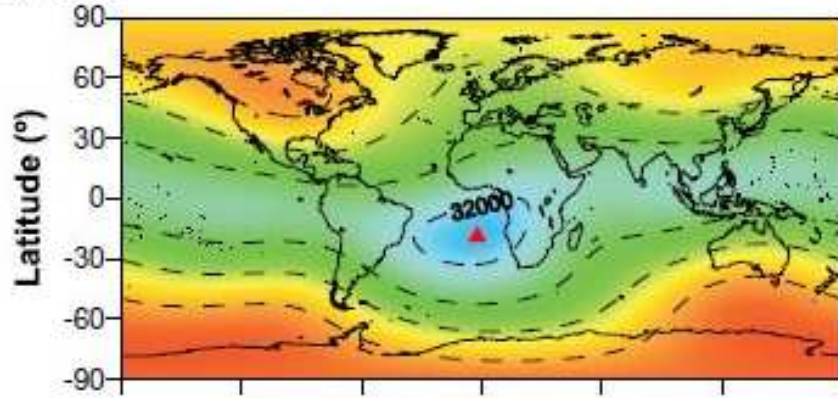
a) 1590



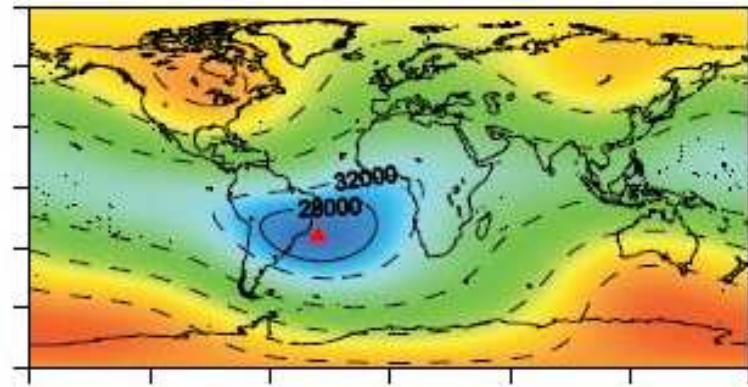
b) 1690



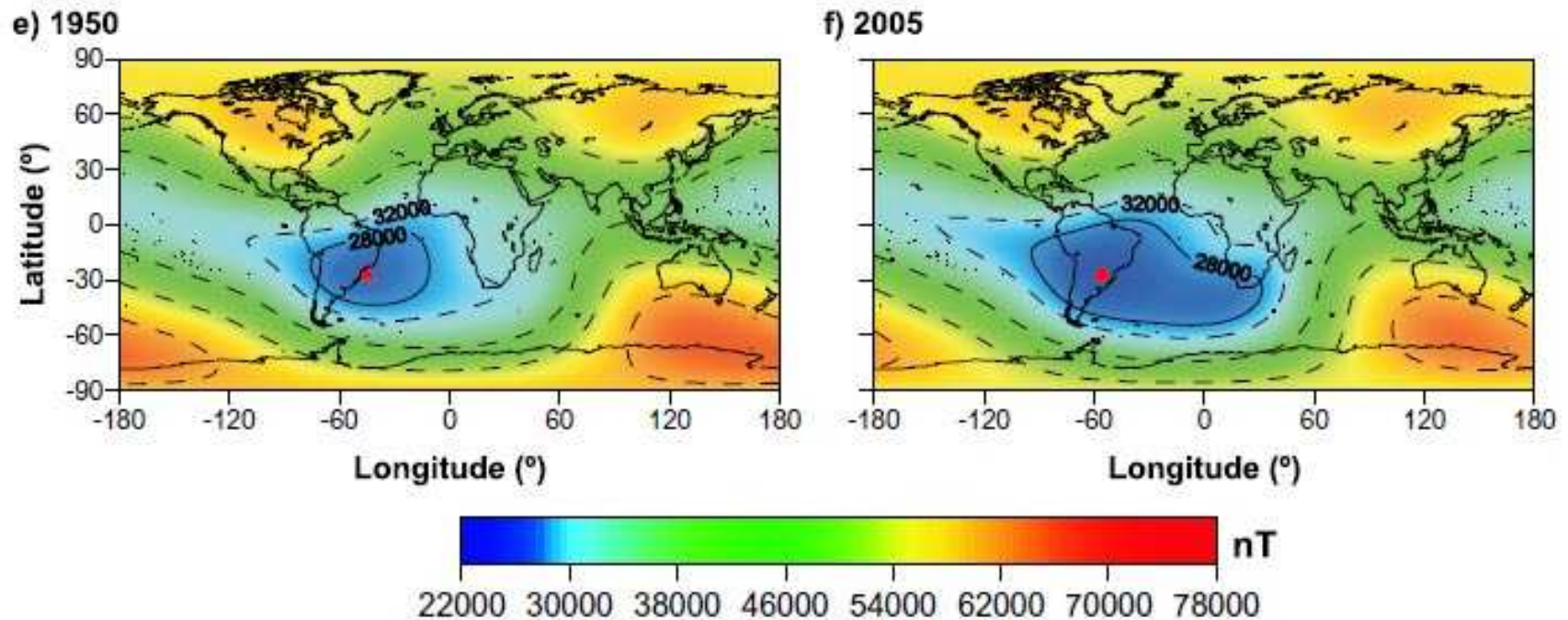
c) 1790



d) 1890

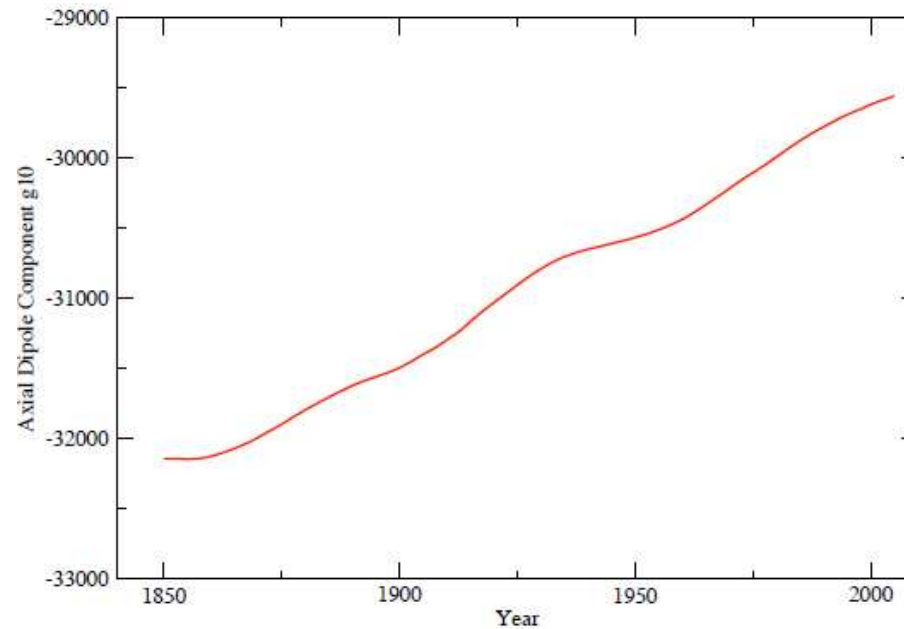


6.2.2 La deriva hacia el occidente



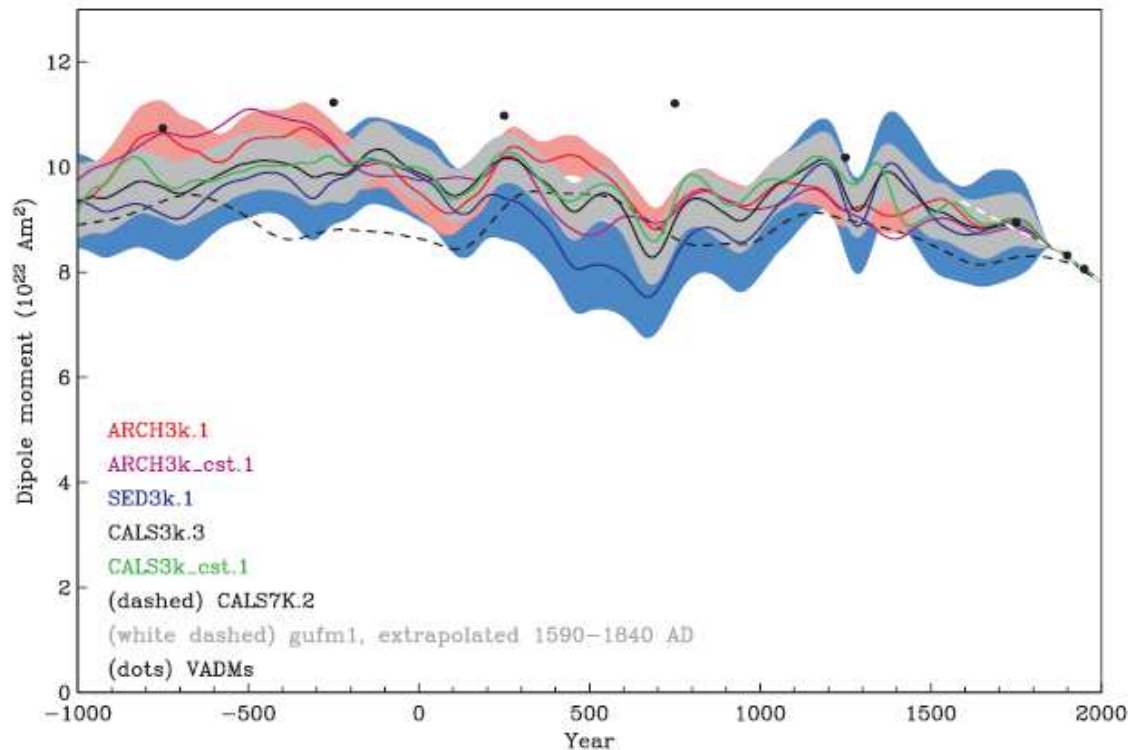
- Los mapas de la intensidad del campo en el pasado muestran que la anomalía del Atlántico del Sur aumenta y deriva hacia el oeste.

6.2.3 Cambios recientes: Decaimiento del dipolo



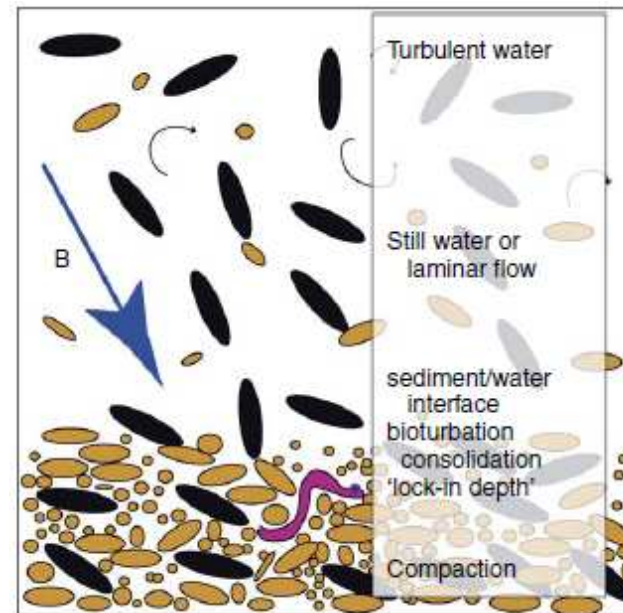
- El campo dipolar axial se está decayendo desde que las mediciones de intensidad empezaron y hasta hoy ha decaído $\sim 10\%$.
- La tasa del decaimiento no es constante, y varía en tiempo.
- Existe especulación sobre una posible inversión del campo, pero las mediciones solamente muestran menor que un ciclo del proceso.

6.3 Cambios milenarios: Variación del dipolo



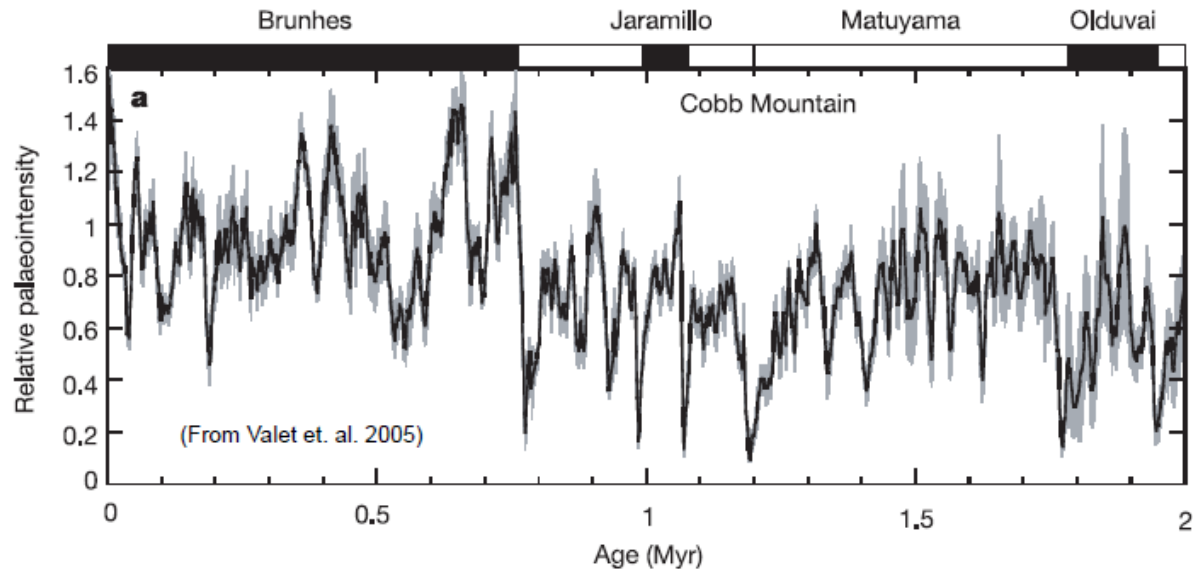
- De datos archeomagnéticos, el momento dipolar ha variado notablemente en los últimos 3000 años. La tasa actual de hoy no es inusual.

6.4.1 Paleointensidad



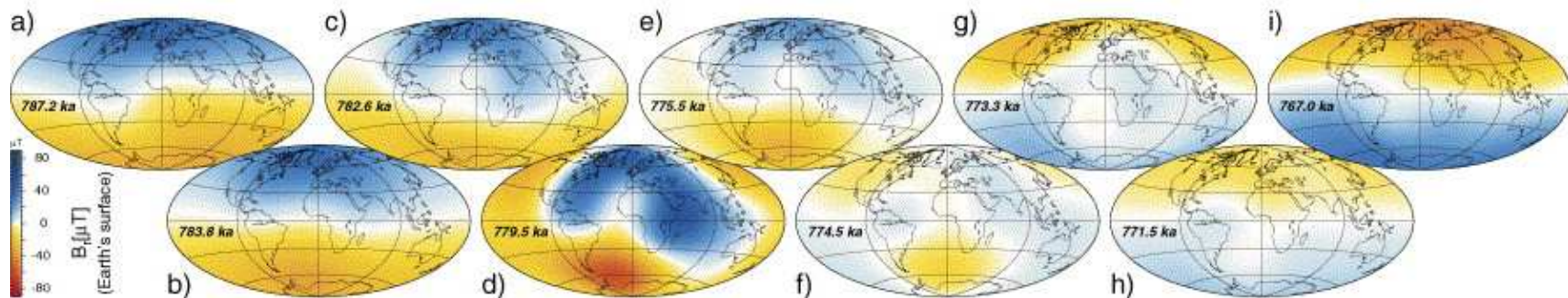
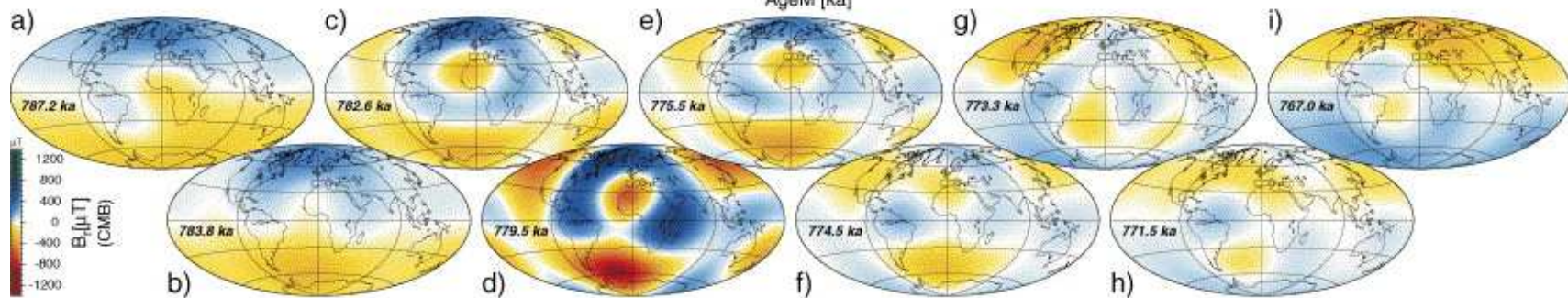
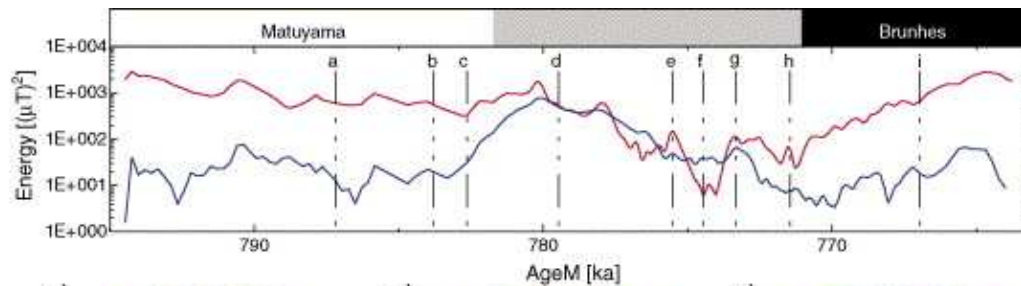
- La paleointensidad relativa podría ser estudiada usando la alineación de momentos magnéticos en sedimentos, que refleja la intensidad del campo durante su formación.
- La base de este método es que minerales necesitan un cierto tiempo para alinearse paralela a B .
- También, se puede estudiar la paleointensidad con la magnetización termo-remanente, basado en los mismos principios.

6.4.2 Excursiones y inversiones



- La paleointensidad relativa (la alineación de momentos magnéticos en sedimentos refleja la intensidad del campo cuando estaban formandose) es mostrada por los últimos 2 millones de años.
- La intensidad del campo ha variado dramáticamente en los últimos 2 millones de años; el campo geomagnético es bastante inestable. Hay una baja intensidad durante inversiones y excursiones.
- Valet, J.P., (2003), *Time changes in geomagnetic intensity. Reviews of Geophys. 41*, doi:10.1029/2001RG000104.

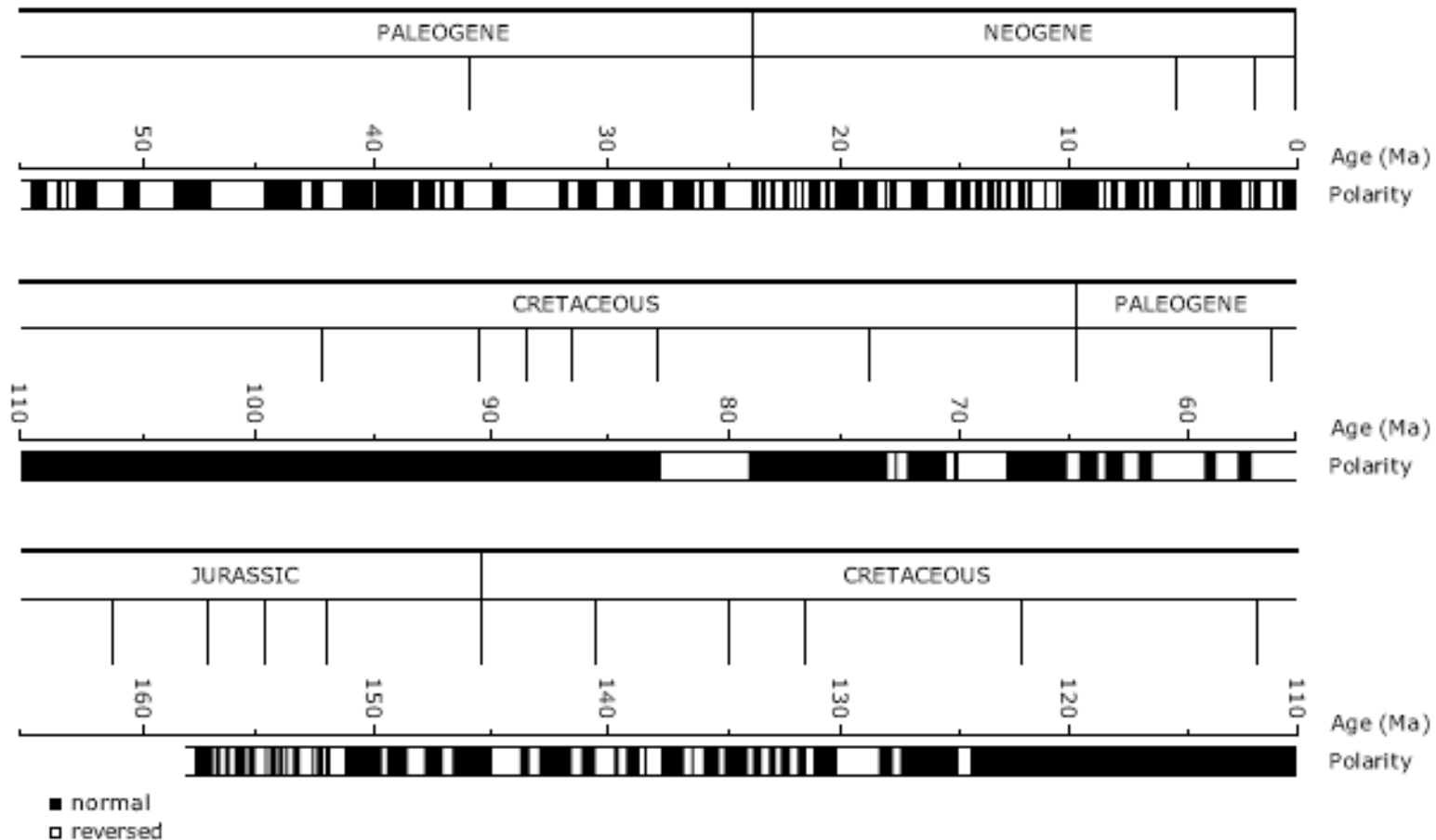
6.4.3 Las características de inversiones



6.4.3 Las características de inversiones

- Leonhardt, R. and Fabian, K., (2007), *Paleomagnetic reconstruction of the global geomagnetic field evolution during the Matuyama/Brunhes transition: Iterative Bayesian inversion and independent verification. Earth and Planetary Science Letters, 253, pp 172-195.*
- Este estudio del campo durante su última inversión usa datos paleomagnéticos para reconstruir un modelo del campo global.
- La figura en la diapositiva anterior muestra una reconstrucción del campo durante la última inversión (B_r en la superficie de la Tierra y su extrapolación a la superficie del núcleo).
- También la figura muestra la energía del campo (ambos componentes: dipolar y no-dipolar).
- La intensidad del campo decae a $\sim 20\%$ de su valor máximo durante la inversión.
- Los componentes no-dipolar del campo aumentan su intensidad durante la inversión.
- El mecanismo en el núcleo que provoca una inversión no es conocido todavía pero está bajo debate.
- Estudios paleomagnéticos pueden ser usados para probar modelos teóricos u observacionales del núcleo.

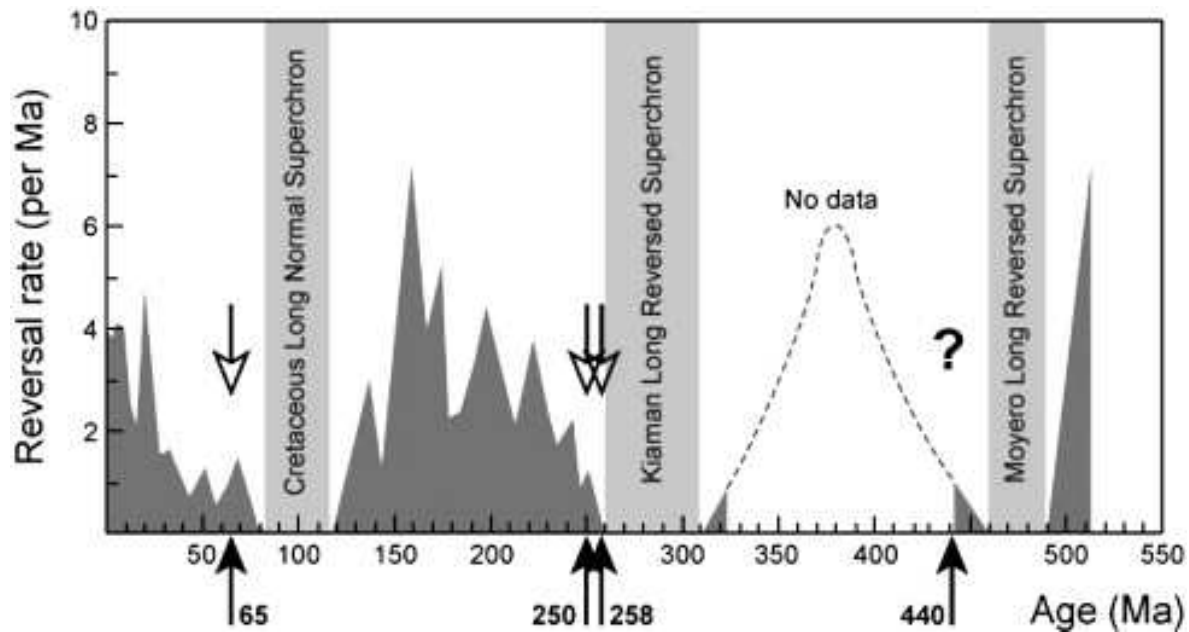
6.5.1 Inversiones durante los últimos 160 Ma



6.5.1 Inversiones durante los últimos 160 Ma

- La última inversión era la de Brunhes-Matuyama hace $\sim 780,000$ años.
- En los últimos 160 millones de años muchas inversiones han ocurridas; en promedio ~ 2 por cada millón de años.
- Si el tiempo entre inversiones fuera periódico, una inversión estaría retrasada. Aún, las inversiones no son periódicas.
- Los crones (los intervalos entre inversiones) podrían estar (relativamente) muy cortos o muy largos.
- Un crón de más de ~ 10 millones de años de largo es denominado un supercrón.
- Existía un supercrón durante el Cretácico (The Cretaceous Long Normal Superchron).

6.5.2 La frecuencia de las inversiones

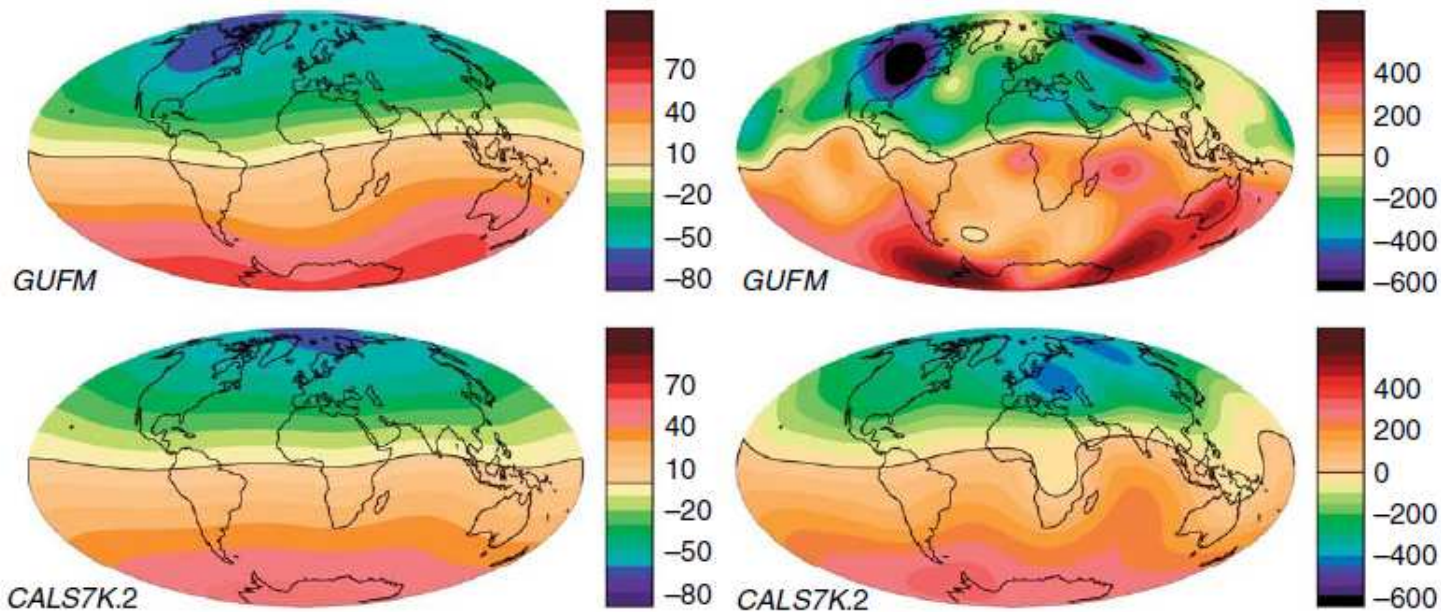


- Courtillot, V. and Olson, P., (2007), Mantle plumes link magnetic superchrons to Phanerozoic mass depletion events. *Earth and Planetary Science Letters*, 260, pp 495-504.

6.5.2 La frecuencia de las inversiones

- La figura muestra la variación en la frecuencia de inversiones comparada con (i) grandes extinciones geológicas (flechas hacia arriba) y (ii) erupciones de basaltos de inundación, por ejemplo lo de la meseta del Deccán hace ~ 65 Ma (flechas hacia abajo).
- Debido a la larga escala temporal de las variaciones en la frecuencia de inversiones, ha sido sugerido que las condiciones en el manto inferior (que proveen una condición de borde para la dinamo del núcleo) están responsables para su modulación.
- Cuando terminan los supercrones corresponde aproximadamente a la erupción de grandes mesetas ígneas en la superficie de la Tierra. Posiblemente existe una correlación entre la inestabilidad térmica del manto inferior, el flujo del calor desde el núcleo y la geodinamo, pero no hay prueba definitiva.

6.6 Campo paleomagnético promediado en tiempo



- Tomando los datos de rocas que se enfriaron cuando hubo un campo estable, y aplicando las técnicas de modelamiento usando armónicos esféricos, se puede estimar el campo geomagnético promediado en tiempo.
- La figura muestra el promedio temporal de la componente radial de B para la superficie de la Tierra (izquierda) y del núcleo (derecha) para dos diferentes modelos paleomagnéticos, CALS7K.2 y GUFM. Noten que no es un dipolo axial, y que B es más complicado en la superficie del núcleo.