



EL LÍMITE PLIO-PLEISTOCENO, SU RELACIÓN CON LA TRANSICIÓN GAUSS-MATUYAMA, UNA SUPERNOVA Y CAMBIOS EN LA BIOTA

Orgeira M.J.*, Cappellotto L.¹, Compagnucci R.H., y Sinito A.M.²

¹ Instituto de Geociencias Básicas, Aplicadas y Ambientales (IGEBA), Departamento de Ciencias Geológicas, Universidad de Buenos Aires, CONICET, Buenos Aires, Argentina.

² Centro de Investigaciones en Física e Ingeniería del Centro de la Provincia de Buenos Aires (CIFICEN), Universidad del Centro de la Pcia. de Buenos Aires, CONICET-CICPBA, Tandil, Argentina.

*e-mail: orgeira@gl.fcen.uba.ar

ABSTRACT

We analyzed the influence of Gauss-Matuyama reversal and the weakening of intensity of the Geomagnetic Field (GF) coetaneous with a nearby supernova (SN) (50 to 100 pc, where pc = 3.26 light-years close to Earth), in global climate and associated biotic changes, during the Plio-Pleistocene boundary (~ 2.58 Ma). The supernova provided a strong increase of Galactic Cosmic Rays (RCG) flow and the weakening of GF allowed an extremely high input in the atmosphere, which could explain the tendency to cooling through the called “Umbrella effect”. Regarding the biological changes in the same period, we analyzed the evolution of hominids in relation to the possible mutagenic effect of RCGs and Ultraviolet Rays.

Keywords: Geomagnetic field, Plio-Pleistocene boundary, supernova.

RESUMEN

Se analiza la influencia de la reversión Gauss Matuyama y el debilitamiento del Campo Magnético Terrestre (CMT) junto a una supernova (SN) cercana a la Tierra, con el cambio climático global y cambios bióticos asociados, durante el límite Plio-Pleistoceno (~ 2.58 Ma). La supernova proporcionó un fuerte aumento del flujo de Rayos Cósmicos Galácticos (RCG) y el debilitamiento del CMT permitió la entrada de éstos a la atmósfera, lo que explicaría la tendencia al enfriamiento a través del denominado “efecto Umbrella”. En cuanto a los cambios biológicos ocurridos en el mismo lapso, se analiza en particular la evolución de los homínidos en relación con el posible efecto mutogénico de los RCG y de los Rayos Ultravioletas.

Palabras clave: campo magnético, transición Plio-Pleistocena, supernova.

1. Introducción

Como continuación de contribuciones anteriores (Orgeira *et al.*, 2016; Compagnucci *et al.*, 2019) aquí se analiza la concurrencia de reversiones del Campo Magnético Terrestre con sustanciales cambios globales. En particular, se analizan varios acontecimientos que ocurrieron alrededor del límite Plio-Pleistoceno (2.58 Ma, Ogg *et al.*, 2016).

2. Desarrollo

El nacimiento de una supernova, que se habría iniciado aproximadamente entre los 2.8 a 2.6 Ma y finalizado entre 1.7 a 1.5 Ma, conllevó un notable incremento de Rayos Cósmicos Galácticos (RCG) que impactaron en nuestro planeta (Breitschwerdt *et al.*, 2016; entre otros). Este fenómeno ocurrió en el mismo lapso de la reversión del CMT entre los Cronos Gauss y Matuyama ocurrida hace 2.58 Ma. Más aún, contribuciones recientes muestran que, durante el Cron Matuyama temprano, el CMT mantuvo una intensidad baja (Ahn *et al.*, 2016), lo que prolongó el efecto de la disminución y/o ausencia de blindaje durante la reversión.

Como consecuencia de la desaparición total o parcial de esa protección magnética, se generó un mayor impacto de radiación (RCG) sobre la atmósfera y la superficie del planeta. Este impacto, según la hipótesis



del efecto de formación de nubes bajas (efecto “umbrella”, Kitaba *et al.*, 2013; 2017; Orgeira *et al.*, 2016, entre otros), favorece un enfriamiento global (Figura 1). Consistentemente, los acontecimientos mencionados son coincidentes con el inicio de un período glacial a nivel global que caracterizó el inicio del Pleistoceno.

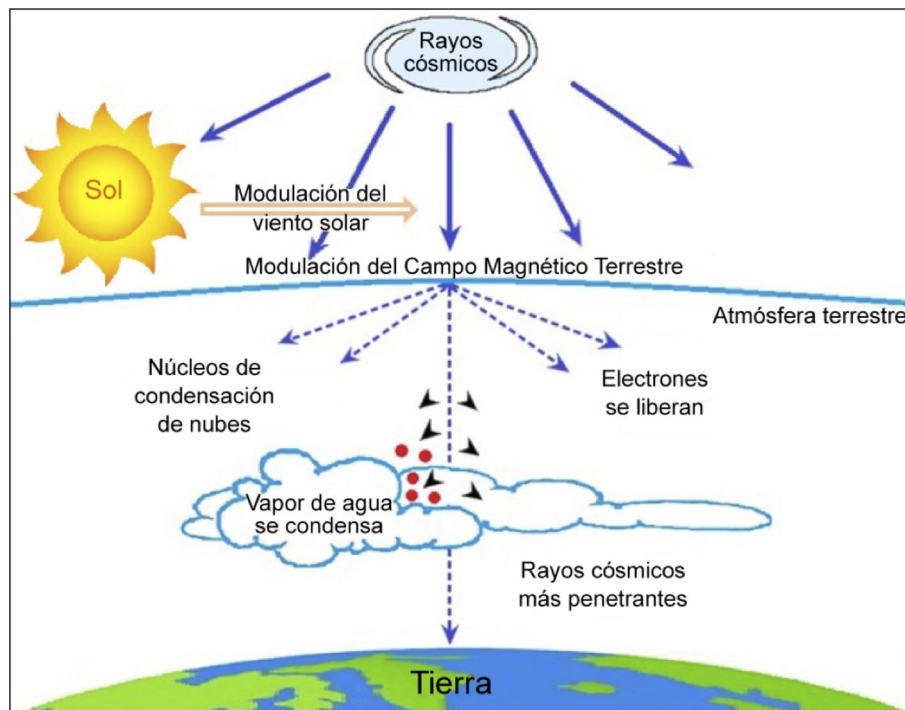


Figura 1. Esquema que explica el vínculo entre los rayos cósmicos y la formación de nubes, teniendo en cuenta la modulación del viento solar y del CMT.

Por otra parte, la incidencia de mayor cantidad de radiación de alta energía tiene como efecto la depleción de la capa de ozono. Esta última tiene un efecto de protección a la radiación Ultravioleta (UV) proveniente del sol. Dado el conocido efecto mutagénico de este tipo de radiación (Cucinotta y Durante, 2006; Channel y Vigliotti, 2019, entre otros), es factible inferir un probable efecto directo sobre la biota, el cual podría relacionarse con las extinciones asociadas al límite Plio-Pleistoceno y los cambios faunísticos asociados a este cambio global. En particular, además de la radiación UV, el efecto de los RCG como causa de extinciones es postulado desde el siglo pasado (Black, 1967). Recientemente, Thomas *et al.* (2016) cuestionan si una supernova cercana a nuestro Sistema Solar pudo haber tenido un sustancial efecto en la atmósfera y la biota terrestre. Combinando y modelando la acción de diferentes factores, como radiación sobre la tierra y el océano e ionización de la atmósfera, encuentran un efecto relevante en el incremento de la ionización atmosférica, como consecuencia de la entrada muy grande de RCG de alta energía, la cual pudo persistir por al menos 1000 años. Ellos relacionan estos hechos a extinción en masa “secundaria”, vinculada tradicionalmente a un enfriamiento en los océanos. Melott *et al.* (2019) atribuyen la relación entre el impacto de RCG provenientes de la SN cercana con clímax en 2,6 Ma a extinciones relevantes. Melott y Thomas (2018) han propuesto que los efectos de los RCG de supernovas cercanas parecen ser mayores a lo estimado previamente, que podrían asociarse a un aumento en la velocidad de mutación en organismos mayores a los microorganismos oceánicos.

Asimismo, para este mismo lapso se reportan cambios en la diversidad de homínidos del este africano (Vrba, 1988; Campisano *et al.*, 2017). Vrba (1988) propuso que la evolución y extinción de mamíferos Plio-Pleistocenos tuvieron lugar en pulsos coordinados por cambios orbitales, los que generaron fuertes cambios climáticos y ambientales. La opinión generalizada indica que el cambio ambiental hacia la aridificación del Plioceno tardío cerca de 3.2 - 2.6 Ma ha favorecido la evolución de fauna adaptada a estos ambientes.



Según Demenocal (2004), estos mismos cambios ambientales deben tenerse en cuenta en la evolución y el comportamiento de los primeros homínidos. Una característica distintiva es la tendencia hacia un incremento en el tamaño del cerebro de los homínidos (Calvin, 2016), y aparece el género *Homo* a medida que comienza el enfriamiento del Pleistoceno (Figura 2)

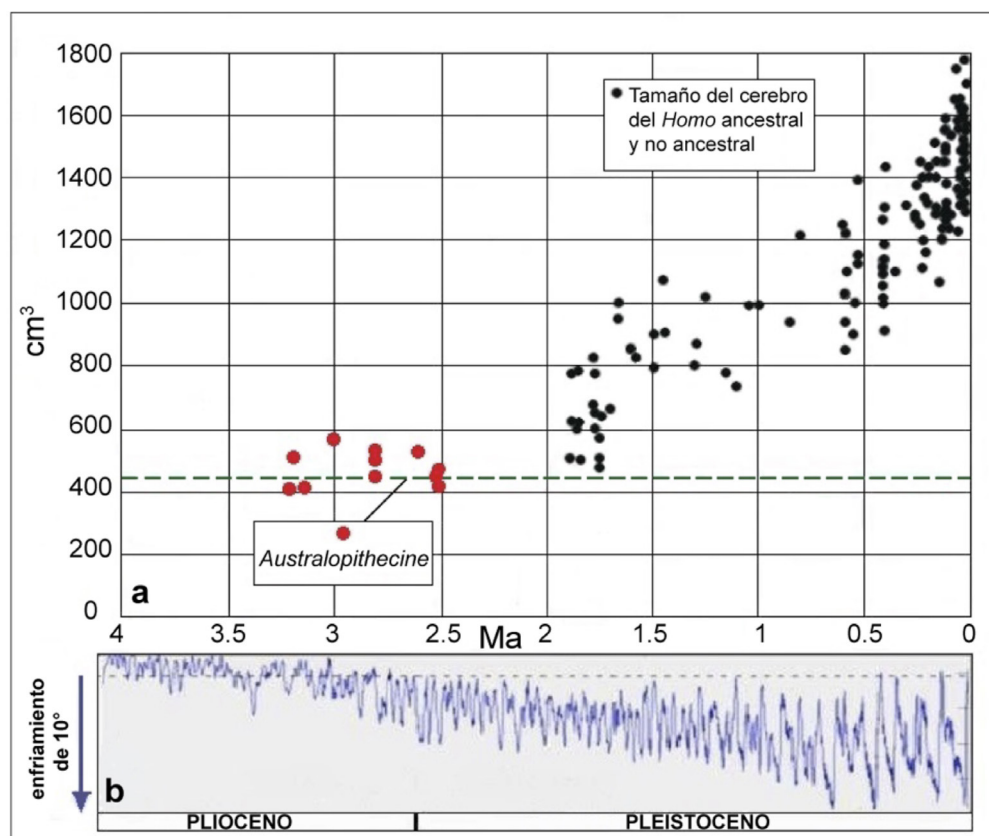


Figura 2. a) Evolución del cerebro de los homínidos (Adaptado de Calvin, 2016). b) Temperaturas promedio del océano (Adaptado de Lisiecki y Raymo, 2005)

Sin embargo, los registros fósiles de mamíferos del este de África ahora indicarían que el impacto de estos cambios ambientales fue a niveles locales y regionales, sugiriendo múltiples episodios de renovación faunística Plio-Pleistocena, algunos de los cuales corresponden a eventos de especiación en homínidos (Campisano *et al.*, 2017).

Numerosos autores han propuesto cambios evolutivos adaptativos a períodos de mayor variabilidad ambiental (selección de variabilidad). Con la incorporación de nuevos fósiles de homínidos y mejores dataciones, se ha sugerido que el forzamiento climático y los períodos de alta variabilidad climática podrían correlacionarse con la aparición de los primeros y últimos taxones de homínidos (Campisano *et al.*, 2017). Sin embargo, habiéndose analizado otras múltiples causas climáticas-ambientales, hasta el presente no se han formulado hipótesis sobre el posible efecto directo de la RCG extrema recibida en la superficie del planeta en el límite Plio-Pleistoceno en la evolución de los homínidos.

Referencias:

- Ahn, H.S., Kidane, T., Yamamoto, Y., Otofujii, Y.I., 2016. Low geomagnetic field intensity in the Matuyama Chron: palaeomagnetic study of a lava sequence from Afar depression, East Africa. *Geophysical Journal International*, 204, 1, 127-146.
- Black, D.I., 1967. Cosmic ray effects and faunal extinctions at geomagnetic field reversals. *Earth and Planetary Science Letters*, 3, 225-236.



- Breitschwerdt, D., Feige, J., Schulreich, M.M., de Avillez, M.A., Dettbarn, C., Fuchs, B., 2016 The locations of recent supernovae near the Sun from modelling 60Fe transport. *Nature*, 532,7597: 73-76.
- Calvin, W.H., 2016. A feedback loop able to enlarge the brain for 2.4 Ma without Darwin's selective survival. bioRxiv, p. 053827.
- Campisano, C.J., Cohen, A.S., Arrowsmith, J.R., Asrat, A., Behrensmeyer, A.K., Brown, E.T., Lamb, H.F., 2017. The hominin sites and paleolakes drilling project: high-resolution paleoclimate records from the east African rift system and their implications for understanding the environmental context of hominin evolution. *PaleoAnthropology*, 1, 43.
- Channell, J.E.T., y Vigliotti, L., 2019. The role of geomagnetic field intensity in late Quaternary evolution of humans and large mammals. *Reviews of Geophysics*. <https://doi.org/10.1029/2018RG000629>
- Compagnucci R.H., Orgeira M.J., Sinito A.M., Cappellotto L., Plastani S., 2019. Relationship among a Supernova, a transition of polarity of the Geomagnetic Field and the Plio-Pleistocene boundary. In book: Advances in Geomorphology and Quaternary Studies in Argentina: Special Symposium from the Argentine Association of Geomorphology and Quaternary Studies, Springer Earth System Sciences. Chapter 1,72 pp.
- Cucinotta, F.A., Durante, M., 2006. Cancer risk from exposure to galactic cosmic rays; implications for space exploration by human beings. *The lancet oncology*, 7, 5, 431-435
- Demenocal, P.B., 2004. African climate change and faunal evolution during the Pliocene–Pleistocene. *Earth and Planetary Science Letters*, 220, (1-2), 3-24.
- Kitaba I., Hyodo M., Katoh S., Dettman D.L., Sato H., 2013. Midlatitude cooling caused by geomagnetic field minimum during polarity reversal. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110 , (4), 1215-1220.
- Kitaba I., Hyodo M., Nakagawa T., Katoh S., Dettman D.L., Sato H., 2017. Geological support for the Umbrella Effect as a link between geomagnetic field and climate. *Scientific reports*, 7, 40682
- Lisiecki, L.E., Raymo, M.E. 2005. A Pliocene- Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic $\delta^{18}\text{O}$ records. *Paleoceanography*, 20, 1.
- Melott, A.L., Thomas, B.C., 2018. Terrestrial effects of moderately nearby supernovae. *Lethaia*, 5(3), 325-329.
- Melott, A. L., Marinho, F., Paulucci, L. 2019. Hypothesis: Muon radiation dose and marine megafaunal extinction at the End-Pliocene supernova. *Astrobiology*, 19, 6, 825-830.
- Thomas, B.C., Engler, E.E., Kachelrieß, M., Melott, A.L., Overholt, A.C., Semikoz, D.V., 2016. Terrestrial effects of nearby supernovae in the early Pleistocene. *The Astrophysical Journal Letters*, 826, 1, L3.
- Ogg J.G, Ogg G., Gradstein F.M., 2016. A concise geologic time scale: 2016. Elsevier, Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, 234 pp.
- Orgeira, M.J., Sinito A.M., Compagnucci R.H., 2016. The Influence of GF in climate Changes. In Marine Isotope Stage 3 in Southern South America, 60 Ka B.P.-30 Ka B.P. Springer Earth System Sciences, Suiza, 49-80 pp.
- Vrba, E.S., 1988. Late Pliocene climatic events and hominid evolution. In: Grine, F.E. (ed.), Evolutionary History of the “Robust” Australopithecines. Aldine de Gruyter, New York, 405–426 pp.