

NACIMIENTO DE UNA SUPERNOVA, TRANSICIÓN GAUSS-MATUYAMA Y LÍMITE PLIO-PLEISTOCENO

Orgeira M.J.¹, Sinito A.M.² y Compagnucci R.H.³

¹ Universidad de Buenos Aires y CONICET (IGEBA), Buenos Aires, Argentina

³ Universidad del Centro de la Provincia de Buenos Aires y CONICET; Tandil, Argentina

² Universidad Católica Argentina, Buenos Aires, Argentina

* email: orgeira@gl.fcen.uba.ar

ABSTRACT

This contribution considers that there is an increase of Galactic Cosmic Rays (GCR) in space due to the birth of a supernova near our solar system. This event would have started around 2.8 to 2.6 Ma and finished between 1.7 and 1.5 Ma with a peak around 2.2 Ma; a consequent increase of radiation input to Earth took place. This increase is favored by the weakening and even suspension of the Earth's magnetic field during the reversion between the Gauss and Matuyama Chrones. All these factors generated a relative maximum of the GCR flux on the earth, which could act as trigger of the beginning of the first Quaternary glaciation and the appearance of the oscillations between warm and cold stages that characterized the Pleistocene.

Key words: Paleoclimate, galactic cosmic ray, geomagnetic field, Plio-Pleistocene boundary, supernova.

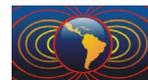
RESUMEN

El análisis de esta contribución considera que, hay un aumento de Rayos Cósmicos Galácticos (RCG) en el espacio por el nacimiento de una supernova cercana a nuestro sistema solar. Este evento se habría iniciado en torno a los 2.8 a 2.6 Ma y finalizado entre 1.7 y 1.5 Ma con un pico alrededor de los 2.2 Ma; ello conllevaría a un mayor ingreso de radiación a la Tierra. Ese aumento se ve favorecido por el debilitamiento y hasta suspensión del Campo magnético Terrestre durante la reversión entre los Cronos Gauss y Matuyama. Todos estos factores sumados generaron un máximo relativo del flujo de RCG sobre la tierra, el cual pudo gatillar el comienzo de la primera glaciación cuaternaria y la aparición de las oscilaciones entre estadios calientes y fríos que caracterizaron el Pleistoceno.

Palabras clave: Paleoclima, rayos cósmicos galácticos, campo magnético terrestre, transición Plio-Pleistocena, supernova.

En los últimos años la comunidad científica se ha interesado en detectar y comprender los forzantes que han actuado y están actuando sobre el sistema Tierra en todos y cada uno de sus componentes. Se trata de cambios climáticos de bajas frecuencias en escalas de millones de años, a altas frecuencias en escala de la vida humana. En esta contribución se pretende dar una visión integradora de algunos de los procesos y los forzantes que pudieron estar involucrados en el período comprendido en el límite Pleistoceno-Plioceno.

Orgeira *et al* (2016) propusieron una conexión entre las variaciones del Campo magnético terrestre (CMT) durante la reversión de su polaridad y cambios climáticos ocurridos en el Cenozoico tardío. El mecanismo, por el cual las variaciones del campo magnético interno podrían provocar cambios climáticos, estaría vinculado a la influencia de dicho campo en la entrada a la atmósfera de Rayos



Cósmicos Galácticos (RCG). Esta relación se establece debido a que el CMT proporciona blindaje a tal radiación; a su vez, los RCG favorecen la formación de un manto de nubes bajas, lo que promovería el enfriamiento del planeta. Esta relación parecería posible, en principio, según las primeras estimaciones efectuadas para el lapso comprendido durante el Cron Brunhes (Fig. 1). Recientemente, Kitaba *et al* (2017) presentaron evidencia geológica de que el cambio de flujo de RCG durante reversiones del CMT, tuvo un mayor impacto climático en regiones continentales que en el clima oceánico. Los datos de polen provenientes de sedimentos de la Bahía de Osaka, Japón, les permitieron realizar inferencias climáticas. Los citados autores propusieron que el decrecimiento de la temperatura de la masa de aire de Siberia fue mayor que el de la de la masa de aire del Pacífico, durante las reversiones geomagnéticas ocurridas durante los estadios de isótopos marinos (MIS) 19 y 31. En consecuencia el gradiente térmico de verano fue menor y el monzón estival más débil; ello se relaciona con una transición a climas más fríos. Luego, según los citados autores, un mayor enfriamiento terrestre indica que la reducción de la insolación por efecto de las nubes bajas desempeñaría un papel clave en el vínculo entre el debilitamiento del campo geomagnético y el cambio climático hacia un enfriamiento.

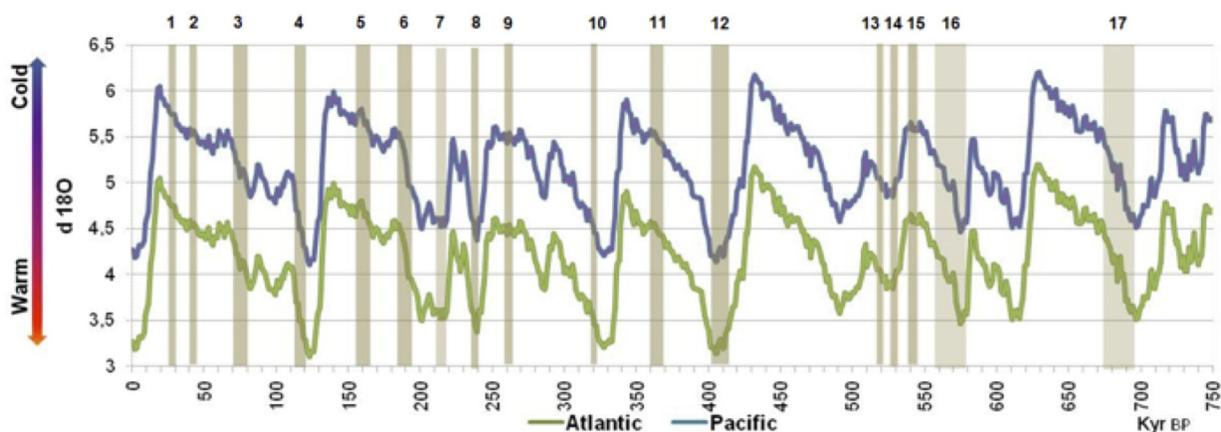


Figura 1. Posible relación entre cambios climáticos y reversiones del Campo Magnético terrestre durante el Cron Brunhes (modificado de Orgeira *et al* 2016)

Por otra parte, varias contribuciones (Wallner *et al*, 2004; Ludwig *et al*, 2016; Fry *et al*, 2016; Breitschwerdt *et al*, 2016; entre otras) encuentran evidencia de depositación de ^{60}Fe en sedimentos de fondo oceánico lo que confirma el nacimiento de una supernova en las cercanías de nuestro Sistema Solar. Se destaca que el colapso asociado a la Supernova no solo genera la expulsión de isótopos pesados, sino también una fuerte emisión de RCG. De acuerdo a los diferentes autores, el evento pudo haberse iniciado en torno a los 2.8 a 2.6 Ma y finalizado entre 1.7 y 1.5 Ma con un pico alrededor de los 2.2 Ma. Varios de estos mismos autores señalan la coincidencia de la supernova con el límite Plio-Pleistoceno. Esta transición está caracterizada por el inicio de las glaciaciones que caracterizan al Cuaternario, así como también con masivas extinciones faunísticas claramente relacionadas con un enfriamiento en los océanos (Stanley, Campbell, 1981, entre otros).

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 como efecto relevante un incremento muy importante de la ionización atmosférica, por efecto de la presencia de una 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”.



Sumado a lo anteriormente expuesto, aquí se analiza la simultaneidad de todos los procesos hasta aquí descritos, a los que debe sumarse la reversión de polaridad del CMT Gauss-Matuyama. Este cambio de polaridad de produjo en torno a los 2.58 Ma (Ohno *et al* 2012), y es coincidente con el inicio de un período glaciario a nivel global. Resulta claro a nuestro entender, que la entrada de RCG a la atmósfera terrestre por el nacimiento de la supernova se ve fuertemente incrementada por el decrecimiento del blindaje del CMT durante la reversión de su polaridad.

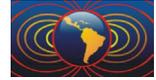
Asimismo, se analizan algunas hipótesis, como la influencia del pasaje por el plano de la galaxia del sistema solar y la influencia del ambiente galáctico en general, las que podrían haber afectada al dinamo terrestre (Bahcall, Bahcall, 1985; Wendler, 2004) durante la transición del CMT bajo análisis.

En forma sucinta, el análisis de esta contribución considera que, hay un aumento de RCG en el espacio por influencia de la supernova lo cual conllevaría a un mayor ingreso de los mismos a la Tierra. Ese aumento se ve favorecido por el debilitamiento y hasta suspensión del CMT durante la reversión. Todos estos factores sumados generaron un máximo relativo del flujo de RCG sobre la tierra, el cual pudo actuar como gatillo del comienzo de la primera glaciación cuaternaria y la aparición de las oscilaciones entre estadios calientes y fríos que caracterizaron el Pleistoceno.

Finalmente, dados los conocidos efectos mutagenéticos de los RCG (Cucinotta, F. A., Durante, M. 2006; entre otros), se analizan otras posibles coincidencias notables a investigar sobre la influencia de los RCG en la biota (Medvedev M. V., Melott A. L., 2007).

Referencias

- Bahcall, J. N., Bahcall, S., 1985. The sun's motion perpendicular to the galactic plane. *Nature* 316, 706-708.
- 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 ^{60}Fe transport. *Nature* 532(7597), 73-76.
- 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.
- Fry, B. J., Fields, B. D., Ellis, J. R., 2016. Radioactive Iron Rain: Transporting ^{60}Fe in Supernova Dust to the Ocean Floor. *arXiv* preprint arXiv:1604.00958.
- 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. *Nature, Scientific reports* 7, doi: 10.1038/srep40682
- Ludwig, P., Bishop, S., Egli, R., Chernenko, V., Deneva, B., Faestermann, T., Famuloka N., Fimiania L., Gómez-Guzmán J.M., Haina K., Korschineka G., Hanzlike M., Mercheld S., Rugeld G., 2016. Time-resolved 2-million-year-old supernova activity discovered in Earth's microfossil record. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 201601040.
- Medvedev, M. V., Melott, A. L. 2007. Do extragalactic cosmic rays induce cycles in fossil diversity?. *The Astrophysical Journal* 664(2); 879.
- Ohno, M., T. Hayashi T., Komatsu F., Murakami F., Zhao M., Guyodo Y., Acton G., Evans H.F., Kanamatsu T., 2012, A detailed paleomagnetic record between 2.1 and 2.75 Ma at IODP Site U1314 in the North Atlantic: Geomagnetic excursions and the Gauss-Matuyama transition, *Geochemistry. Geophysics. Geosystems* 13, Q12Z39, doi:[10.1029/2012GC004080](https://doi.org/10.1029/2012GC004080).
- Orgeira, M. J., Sinito, A. M., Compagnucci, R. H., 2016. The Influence of the Geomagnetic Field in Climate Changes. In *Marine Isotope Stage 3 in Southern South America*, 60 KA BP-30 KA BP. Ed Gasparini G.M., Rabassa J., Deschamp C., Tonni E. *Springer earth system series*. 354pp



- Stanley, S. M., Campbell, L. D., 1981. Neogene mass extinction of Western Atlantic molluscs. *Nature* 293(5832), 457-459.
- 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. *arXiv* preprint arXiv:1605.04926.
- Wallner, C., Faestermann, T., Gerstmann, U., Knie, K., Korschinek, G., Lierse, C., Rugel, G., 2004. Supernova produced and anthropogenic ²⁴⁴Pu in deep sea manganese encrustations. *New Astronomy Reviews* 48(1): 145-150.
- Wendler, J., 2004. External forcing of the geomagnetic field? Implications for the cosmic ray flux—climate variability. *Journal of Atmospheric and Solar-terrestrial Physics* 66(13): 1195-1203.