

ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD DEL EFECTO DIPOLAR DEL GEODINAMO

Julio César Gianibelli

Departamento de Geomagnetismo y Aeronomía de la Fac. de Cs. Astronómicas y Geofísicas,
UNLP.

E-mail: geofisicogianibelli@yahoo.com.ar -TE: (0221)4236593/4 int 132.

RESUMEN

Los análisis de observaciones de los elementos del campo magnético terrestre y su representación mediante un análisis en armónicos esféricos se remontan al año 1550. Los coeficientes que caracterizan el efecto dipolar del geodínamo residente en el núcleo externo de la Tierra son el $g_{1,0}$, $g_{1,1}$ y $h_{1,1}$, de ellos se desprende el momento dipolar reducido y la posición e inclinación del eje dipolar. La energía de este efecto es notablemente mayor que el efecto de los órdenes superiores del desarrollo en armónicos esféricos del campo magnético observado. En el presente estudio se analiza la velocidad, aceleración y pulsos de las magnitudes dipolares desde 1550 hasta 2005, fecha ésta de cálculo del último modelo del Campo Internacional Geomagnético de Referencia. La metodología utilizada consistió en hallar funciones de ajuste no lineales para las coeficientes dipolares determinados en el intervalo 1550-2005. Se reconstruye una serie temporal para cada uno de los coeficientes del dipolo a intervalos de 5 años de acuerdo con la metodología actual de análisis y publicación de los modelos. Se determinan las velocidades de cambio, aceleraciones y pulsos y se analizan su correlación con los cambios en el ciclo solar (1700-2007) y la actividad magnética determinada por el índice de actividad aa (1868-2006). Los resultados muestran cambios en los tres parámetros de la variabilidad en relación con cambios en el ciclo solar y en la actividad magnética, producida por los sistemas de corrientes equivalentes producidas por la conexión Sol-Tierra. Se concluye que fenómenos importantes de inducción pueden ocurrir en el núcleo externo y la interface con el manto inferior de la Tierra generando cambios en la difusión del campo producido por el geodínamo.

Palabras clave: Geodínamo, Dipolo, Energía, Ciclo Solar, índice aa.

ABSTRACT

The analysis of the Earth Magnetic field elements measurements and its representation by means of an spherical harmonic analysis dates from year 1550. The coefficients characterizing the geodynamo dipolar component resident in the outer core of the Earth are $g_{1,0}$, $g_{1,1}$ and $h_{1,1}$, and starting from these can be obtained the reduced bipolar moment and the bipolar axis dip and position. The energy of this effect is notably greater than the effect of the superior orders of the magnetic field spherical harmonic analysis development. In this work, bipolar magnitudes velocity, acceleration and pulses are analyzed from 1550 up to 2005, date corresponding to the newest International Reference Geomagnetic Field Model available. The used methodology consists in found no linear fitting functions for bipolar coefficients determined for the time interval 1550-2005. A temporal serie for each dipole coefficient at 5

years intervals are reconstruct, following the present models methodologies and publications. Change velocities, accelerations and pulses are determined and its correlations with the changes in solar cycle (1700-2007) and with the magnetic activity given by activity index aa (1868-2006). The results shows changes in the three variability parameters in correlation with changes in solar cycle and magnetic activity wich represents the effect of the equivalent currents systems due to Earth-Sun connexion. It is concluded that important induction phenomena can occur in the outer core and its boundary with the lower mantle of the Earth generating changes in the diffusion of the field generated at the geodynamo.

Keywords: Geodynamo, Dipole, Energy, Solar Cycle, aa index.

INTRODUCCION

La recopilación de los datos de los diferentes modelos en esféricos armónicos las realizo Barraclough (1978), mientras que los fundamentos teóricos fueron desarrollados por Gauss (1839), Chapman y Bartels (1940), y Langel (1987) entre otros. Estudios sobre la evolución por el efecto dipolar producido por el geodynamo fueron realizados por Jackson et al (2000), mientras que estudios sobre su variación secular por De Michelis et al. (2000), Langel et al. (1995), Gianibelli y Kohn (2004) y Gianibelli (2006). Los coeficientes que caracterizan el efecto dipolar del geodynamo residente en el núcleo externo de la tierra son el $g_{1,0}$, $g_{1,1}$ y $h_{1,1}$ (Gianibelli 2006), de ellos se desprende el momento dipolar reducido y la posición e inclinación del eje dipolar. La energía de este efecto es notablemente mayor (Fig. 1) que el efecto de los órdenes superiores del desarrollo en armónicos esféricos del campo magnético observado (Gianibelli 2007). En el presente estudio se analiza la energía dipolar desde 1550 hasta 2005, fecha ésta de cálculo del último modelo del Campo Internacional Geomagnético de Referencia. El objetivo de este trabajo es determinar las velocidades de cambio, aceleraciones y cambios de la aceleración, y su relación con los cambios en el ciclo solar desde el año 1700 hasta 2007 y la actividad magnética determinada por el índice aa desde el año 1868 hasta 2006. Las características generales del campo magnético dipolar de la tierra y las peculiaridades en la superficie fueron descriptas por Gianibelli (2008a, 2008b).

ANALISIS DE LOS DATOS Y RESULTADOS

La metodología utilizada fue hallar funciones de ajuste no lineales para las coeficientes dipolares determinados en el intervalo 1550-2005, cuyos resultados permitieron a Gianibelli (2006) preparar la base de datos para aplicar diferentes formas de ajustes no lineales. Se reconstruyó una serie temporal para cada uno de los coeficientes del dipolo a intervalos de 5 años de acuerdo con la metodología actual de análisis y publicación de los modelos (Barraclough 1978). El modelo correspondiente al cálculo de la energía del efecto dipolar está dado por la ecuación 1 y su representación temporal desde 1550 hasta 2005 se muestra en la figura 1.

$$W_n(t) = \frac{1}{2n+1} \sum_{m=0}^n \{ [g_n^m(t)]^2 + [h_n^m(t)]^2 \}$$

ec.(1)

con $n = 1$

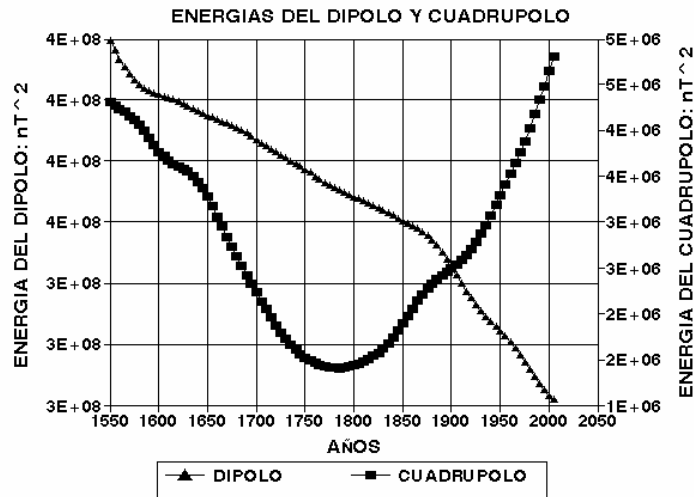


Figura 1.

Se calcularon numéricamente las derivadas temporales de 1°, 2° y 3° orden para W1 en este estudio, mientras que el ciclo solar está representado por el número promedio anual de Manchas Solares R (1700-2007). A esta serie de tiempo se le aplicó un filtro pasabajo de tal manera que los períodos menores que 30 años fueron eliminados. Asimismo se confeccionó la serie promedio anual de índices geomagnético aa desde 1868 hasta 2006. Los resultados se muestran en las figuras 2, 3 y 4 para su relación con las variaciones del ciclo solar.

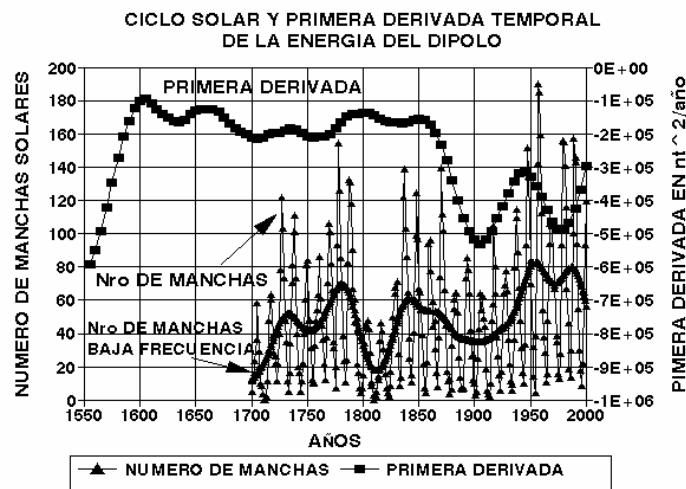


Figura 2

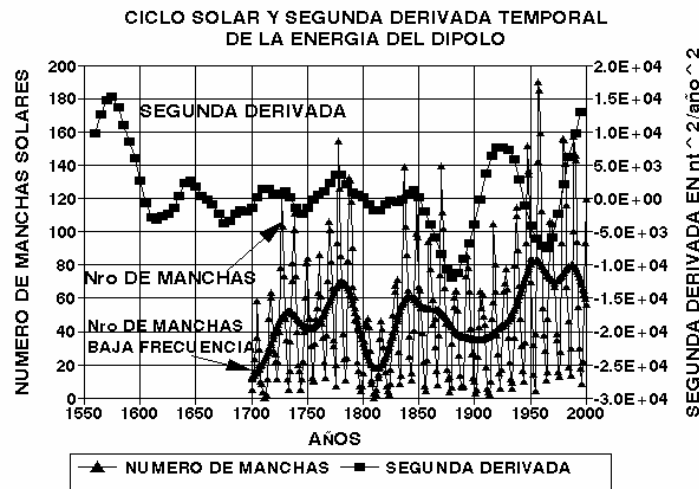


Figura 3

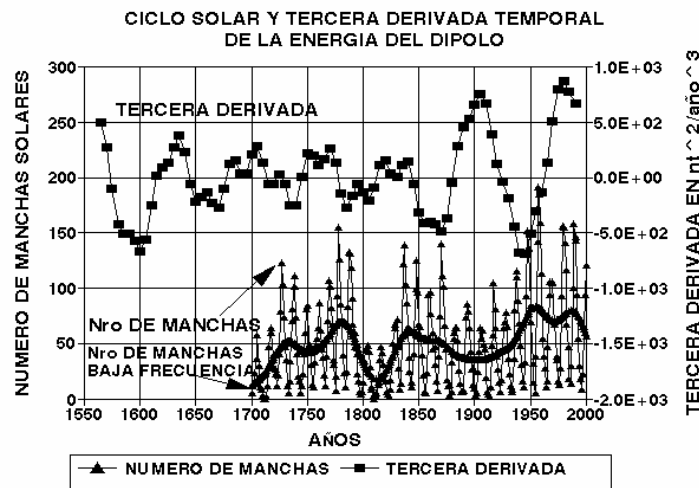


Figura 4

Podemos observar de estos resultados procesos sincrónicos en las 3 derivadas temporales del dipolo con el comportamiento en baja frecuencia de R cuya cuantificación depende de la aplicación de un filtrado sobre las series de R que excede el objetivo de este trabajo. Las figuras 5, 6 y 7 relacionan la derivada 1°, 2° y 3° de la energía dipolar con la actividad magnética representada por el índice aa.

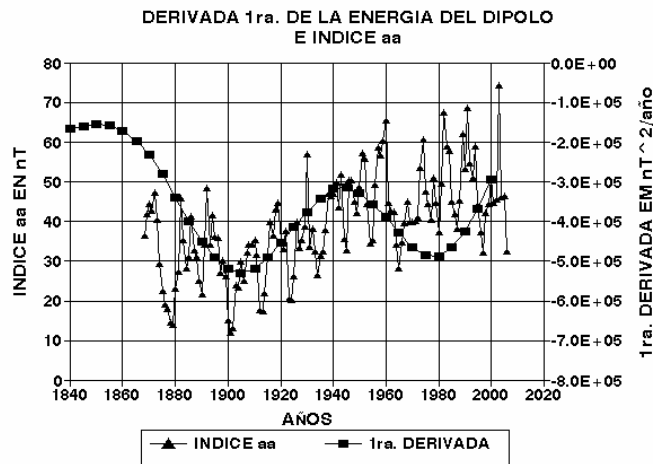


Figura 5.

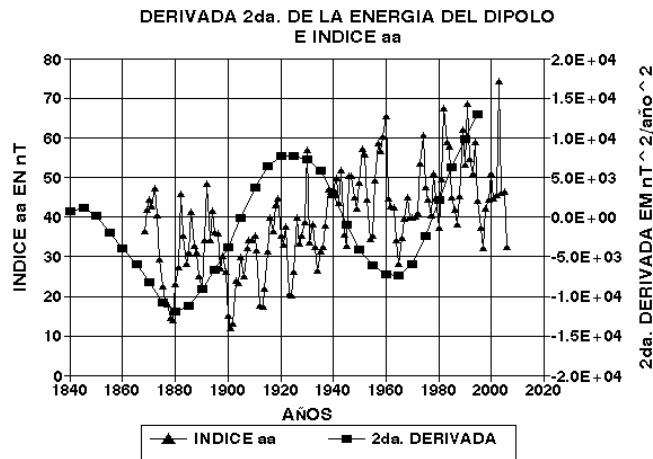


Figura 6.

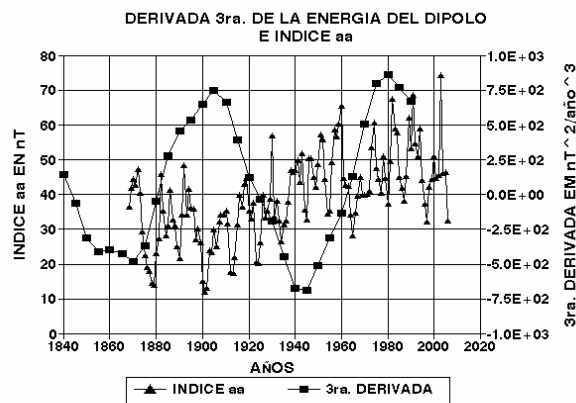


Figura 7.

De la misma forma, en la relación con las bajas frecuencias de R, se observa cierto sincronismo con los fenómenos de cambio del índice aa, en especial en su tendencia. La figura 7 muestra tres intervalos donde se producen la variación de la aceleración y desaceleración de la energía : 1870-1905; 1905-1945; y 1945-1980;

CONCLUSION

Los cambios de la primera derivada de W1 (velocidad) posee puntos de inflexión sincronizados con cambios en R, de la misma forma que la 2° y la 3° derivadas, no siendo tan claros estos con su relación con el índice aa por ser esta serie de menor extensión temporal que la de R. Pero es observable una onda de 80 años aproximadamente, período éste que se obtiene también en el análisis espectral del índice aa. Una posterior aplicación de este método será realizarla para el campo cuadrupolar, el que juega un rol importante en los efectos de asimetría producidos por un modelo de campo dipolar excéntrico (Campbell 2000). Otra posibilidad es que fenómenos importantes de inducción en la banda de largos períodos pueden ocurrir en el núcleo externo y en la interface con el manto inferior de la Tierra produciendo cambios en la conductividad que serán observables en la superficie como variaciones en la variación secular y pulsos (Buffett 2007).

REFERENCIAS

- Barraclough, D. R. 1978. Spherical Harmonic Models of the Geomagnetic Field. Institute of Geological Sciences. Geomagnetic Bulletin 8. 1-66.
- Buffett, B. A. 2007. Core-Mantle Interaction in Treatise on Geophysics. Vol 8. pp: 345-358. Elsevier. Netherlands.
- Campbell, W. H. 2000. Earth Magnetism. Academic Press. N.Y. pp:1-129.
- Chapman S. and Bartels J. 1940. Geomagnetism Vol I, and Vol II Oxford University Press. London.
- De Michelis, P., L. Cafarella, and A. Meloni. 2000. A Global Analysis of the 1991 Geomagnetic Jerk Geophys. J. Int. 143, 545-556.
- Gauss C. F. 1839. General theory of terrestrial magnetism . pp 184-251 in scientific memoirs selected from the transactions of foreign academies and learned societies and from foreign journals , Vol. 2. Taylor R. (editor). Translation into English by Mr. Sabine, revised by Sir John Herschel .
- Gianibelli, J. C . 2006. Sobre la Evolución temporal del Dipolo y Cuadrupolo del Campo Geomagnético. GEOACTA VOL 31. pp:175-181.
- Gianibelli, J. C. 2007. La variación secular de los Observatorios Magnéticos de Islas Argentinas, Orcadas, Trelew y Pilar. Actas VI Simposio Argentino y III Latinoamericano Sobre Investigaciones Antárticas. Actas electronicas: <http://www.dna.gov.ar/CIENCIA/SANTAR07/CD/PDF/CFQR>
- Gianibelli J.C. 2008a. El Campo Magnético Dipolar Terrestre. Actas del XVII Congreso Geológico Argentino. Pp:1085-1086.

Actas XXIV Reunión Científica de la AAGG
Geomagnetismo

- Gianibelli J. C. 2008b. Peculiaridades del Campo Magnético en la Superficie Terrestre. Actas del XVII Congreso Geológico Argentino. Pp.1087-1088.
- Gianibelli, J.C., y Kohn, J. 2004. Evolución de los Modelos IGRF y DGRF para el Observatorio Geomagnetico de Trelew (Argentina). Actas de la XXII Reunión Científica de la Asociación Argentina de Geofísicos y Geodestas, 6-10 de Septiembre de 2004.
- Jackson A., A. R. T. Jonkers and M. R. Walker. 2000. Four Centuries of Geomagnetic Secular Variation from Historical Records. Phil. Trans R. Soc London. Ser A. Vol 358, pp. 957-990.
- Langel R. A. 1987. Main Field in Geomagnetism. ED by Jacobs J. A. Academic Press N. Y., VOL I, pp 249-512.
- Langel R., A. R. T. Baldwin and A. W. Green. 1995. Toward and Improved Distribution of Magnetic Observatories for Modeling of the Main Geomagnetic Field and Its Temporal Change. J. Geomag. Geoelectr., 47, 475-508.