

## VARIACION DIURNA CALMA DURANTE EL CICLO SOLAR 23 EN TRELEW

*Julio César Gianibelli y Nicolás Quaglino*

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

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

### RESUMEN

El Observatorio Magnético de Trelew tiene registros digitales de la intensidad total F del campo magnético desde 1993 hasta la fecha. En el año 2000 es incorporado a la Red INTERMAGNET. Su información se utiliza para la corrección de relevamientos magnéticos terrestres, aéreos, marítimos y satelitales desde 1957. En este trabajo se analiza la evolución de la variación diurna en días calmos con el objetivo de analizar los intervalos nocturnos menos perturbados y la amplitud diurna observada en todo el ciclo solar 23. El método consiste en determinar según el número de manchas solares el inicio y el fin del ciclo 23 y luego comparar la amplitud diurna calma para los intervalos de muy baja actividad solar con las amplitudes de periodos de muy alta actividad solar. Los resultados muestran amplitudes de las variaciones diurnas de hasta 39,5 nT promedio en baja actividad solar mientras que en alta actividad llega a los 44 nT promedio con amplitudes diarias de hasta 54 nT. Se concluye que la disminución de la intensidad del campo magnético terrestre en trelew es de -68 nT por año, lo cual podría afectar a la variación diurna correspondiente al próximo ciclo solar 24 recién iniciado.

Palabras clave: variación diurna, días calmos, Trelew, ciclo solar, modulación anual.

### ABSTRACT

The Trelew Magnetic Observatory produce digital records of the magnetic field's total intensity F since year 1993 up to day. In year 2000 Trelew Observatory was incorporated to the INTERMAGNET network. Its information is used for terrestrial, air and marine magnetic corrections since year 1957. In this work it is analyzed the evolution of diurnal variations on quiet days to study the less disturbed nocturnal intervals and the diurnal amplitudes observed during the entire solar cycle 23. The used methodology consist in to find the beginning and the end of solar cycle 23 according to the sunspot number, and then to compare the quiet diurnal amplitudes during the very low solar activity intervals in relation with the diurnal amplitudes during very high solar activity intervals. The results show mean diurnal amplitudes of 39,5 nT in low solar activity and mean diurnal amplitudes of 44 nT, with amplitudes reaching 54 nT, during high solar activity. With the purpose of determine the best nocturnal reference level which represents the evolution of secular variation in this solar cycle 23, different selection criteria related to quiet days are analyzed. It is concluded that the decreasing of the total intensity in Trelew equals to -68 nT per year, which could have an effect on the diurnal variations corresponding to the recently started next solar cycle 24.

## INTRODUCCION

Las variaciones del campo magnético de la Tierra de origen externo fueron descritas en forma clara y extensa por Chapman y Bartels (1940), Kane (1976), Parkinson (1983) y Campbell (2003). Dentro de estas variaciones, las producidas por el efecto fotoionizante, térmico y gravitatorio del Sol, y gravitatorio de la luna, sobre las capas altas de la atmósfera, denominada ionosfera, generan un efecto dínamo (dínamo ionosférico) que se evidencia por una variación regular y continua denominada variación diurna. Esta variación, según la posición del observatorio magnético, presenta diferentes características, de acuerdo al comportamiento del circuito equivalente de corrientes ionosféricas. Campbell (1989) ha realizado un estudio importante y detallado de los campos de variación diaria quieta. Mientras que Onwumechili (1997) ha estudiado los efectos de estos sistemas en la región ecuatorial donde ocurre el fenómeno del electrochorro ecuatorial. En el presente trabajo se estudia la evolución de la variación diurna en días calmos con el objetivo de analizar los intervalos menos perturbados y la amplitud diurna observada en todo el ciclo solar 23. Los intervalos de menos actividad solar resultaron ser 1996 y 2007-2008, mientras que el máximo del ciclo solar (con dos picos) se desarrolló entre 1999 y 2003. El Observatorio Magnético Digital de Trelew (Lat: 43° 16.1' S; Long.: 65° 22.9' W) se encuentra ubicado en la región donde el foco de los sistemas de corrientes ionosféricas equivalentes oscila con las estaciones del año. Asimismo se encuentra en el borde Sur-Oeste de la Anomalía Magnética del Atlántico Sur, caracterizada por tener valores de la Intensidad de campo en superficie menores a los esperados si fuera el Campo Magnético de la Tierra totalmente dipolar. Un ejemplo de ello es que, el campo magnético de la Tierra en el Ecuador es de 32000 nT mientras que para Trelew es de 25950 nT. La representación matemática de este efecto por un desarrollo multipolar del Campo Magnético (Straton 1941; Campbell, 2003) está dada por un incremento de la energía cuadrupolar (Campbell 2000; Gianibelli 2007) que involucra un agran anomalía de valor mínimo en la región del Atlántico sur. Esta característica produce asimetrías en la conformación de las regiones de atrapamiento de partículas cargadas (Anillos de Van Allen) para la región de la Anomalía, la que se traduce en un abultamiento del anillo interno dirigido hacia la superficie, produciendo características aeronómicas de acoplamiento ionosfera-magnetósfera..

## ANALISIS DE LOS DATOS Y RESULTADOS

La forma clásica de analizar las variaciones diurnas consiste en seleccionar los días quietos (Q) reportados por la IAGA (Internacional Association of Geomagnetism and Aeronomy) de las bases de datos producidas por los Observatorios Magnéticos Permanentes. La cantidad de días Q que reporta la IAGA son 5 por mes. El hecho de disponer de 5 días Q al mes no garantiza que los días sean calmos, en especial en alta actividad solar. Para ello se tomó otro criterio de selección basado en el rango absoluto acumulativo, respecto del valor medio calculado mediante una ventana móvil de una hora, centrada en el minuto medio. Por lo tanto cada minuto tendrá un rango y la actividad del día, en tiempo solar local (que denominaremos P1F) será la suma en valor absoluto de dichos rangos. Los registros digitales de Trelew son cada 1 minuto (en tiempo solar local) y el elemento geomagnético en este estudio es la intensidad total del campo F. La importancia de este estudio radica en la evaluación de un nuevo sistema de análisis de las correcciones por variación diurna de los relevamientos que contemple tanto la variación diurna como su modulación estacional y solar.

Los días seleccionados para este estudio fueron aquellos cuya actividad fue menor o igual a 700nT según P1F desde 1994 hasta 2008 inclusive. De este conjunto de días se tomaron los años 1999 al 2003 como representativos del máximo del ciclo solar 23, y los años 2007 y 2008 como la transición del ciclo solar 23 al 24. Para el estudio de la modulación estacional se tomo el criterio basado en el número estacional de Bartels (Chapman and Linzen, 1970) sigma, basado en la longitud media del sol y que mediante la fórmula  $48 \cdot (h^\circ - 90^\circ) / 360^\circ$ , y tomando al valor entero impar mas próximo, divide al año en escala gregoriana en un sistema de intervalos cuasiquincenales que comienzan en el solsticio de verano caracterizado por el día 22 de Diciembre. Los números sigmas se muestran en la tabla 1. La figura 1 muestra las amplitudes diarias de los días seleccionados determinadas para los intervalos de alta actividad y baja actividad.

SIGMA	Fecha	SIGMA	Fecha	SIGMA	Fecha
01	DIC 22	17	ABR 22	33	AGO 21
03	ENE 06	19	MAY 07	35	SEP 06
05	ENE 21	21	MAY 22	37	SEP 21
07	FEB 05	23	JUN 06	39	OCT 06
09	FEB 20	25	JUN 21	41	OCT 22
11	MAR 07	27	JUL 06	43	NOV 07
13	MAR 23	29	JUL 21	45	NOV 22
15	ABR 07	31	AGO 06	47	DIC 07

TABLA 1.

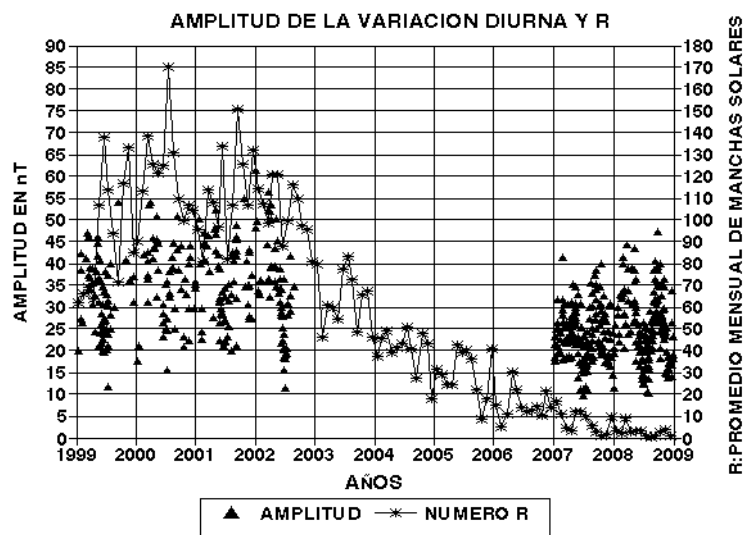


Figura 1.

De estos resultados podemos apreciar que la amplitud diurna es notablemente mayor en el máximo del Ciclo Solar 23 respecto del mínimo del ciclo 23 al 24. Las figuras 2 y 3 fueron calculadas mediante la representación promedio de los días calmos según P1F a los que se les substrajo previamente la variación no cíclica (Chapman and Bartels , 1940).

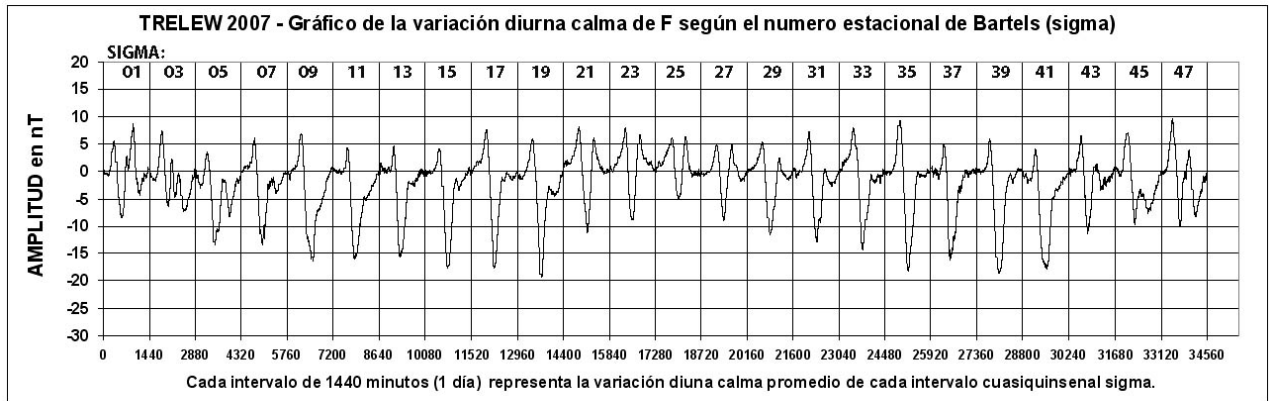


Figura 2.

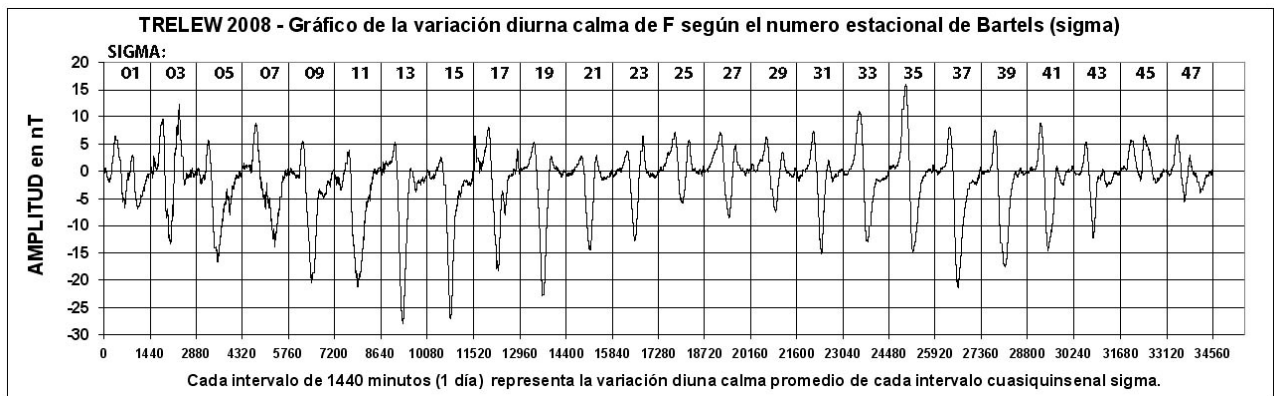


Figura 3.

El año 1996 comparativamente con 2007 y 2008, tuvo una mayor actividad registrada por el rango diario P1F, debido a que el ciclo solar y su actividad fue notablemente mayor que el actual que transcurrió durante los años 2007 y 2008. La cantidad de días calmos en conjunto fueron del orden de 300 lo cual permitió agruparlos por sigma según la tabla 1. Este criterio se diferencia notablemente que las selecciones días Q propuestos por la IAGA. Se obtuvieron amplitudes de las variaciones diurnas de hasta 39,5 nT promedio en baja actividad solar mientras que en alta actividad llega a los 44 nT promedio con amplitudes diarias de hasta 54 nT (Fig 1.). Como es de esperar las amplitudes son menores en el solsticio de invierno respecto del de verano, tanto en baja como en alta actividad. La variación secular calculada con el método de determinar los días calmos con un rango  $P1F \leq 700nT$  permitió evaluar a través de los niveles nocturnos una variación secular de  $-68nT$ . Los niveles de referencia nocturno tuvieron una importante actividad en durante el máximo del ciclo solar con valores entre los 5 a 7 nT mientras que la para baja actividad la variación es menor que 3 nT determinados en tiempo solar local.

La figura 4 muestra la cantidad de días Q de la IAGA distribuidos según el índice P1F para el

período 1993-2008 donde se observa claramente que la cantidad de días Q es notablemente menor que los días calmos determinados para el Observatorio de Trelew. Los días Q son determinados por la IAGA mediante la elección asimétrica de la distribución de Observatorios Magnéticos que afecta notablemente los intervalos de baja actividad magnética. Existen meses donde no se debería seleccionar días Q pues se encuentran contaminados por la actividad geomagnética producida por la actividad particulada del Sol.

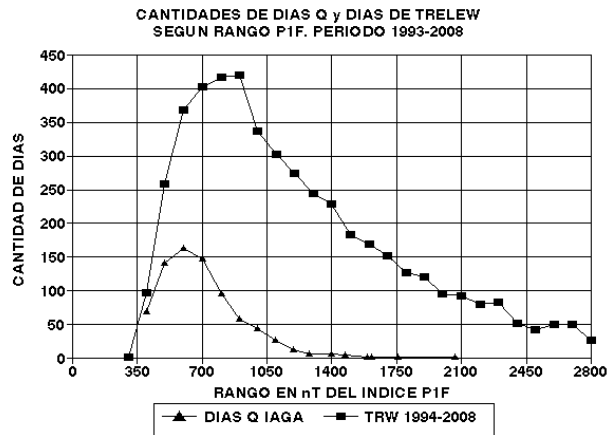


Figura 4.

## CONCLUSION

El método utilizado en la selección de los días calmos tiene una mejor resolución que la adoptada por los días Q internacionales de la IAGA como se observa en la figura 4. La disminución de las amplitudes de la variación diurna calma en el solsticio de invierno respecto del solsticio de verano podría tener un aporte de la corriente anillo cuya dirección es opuesta a los sistemas de corriente ionosféricas que se encuentran sobre el Observatorio de Trelew, ya que el foco de dicho sistema se encuentra debajo de la latitud de Trelew. La componente moduladora anua tiene relación con el posicionamiento mecánico del eje terrestre respecto de la eclíptica mientras que la componente semianual está relacionada con la actividad geomagnética, que para este caso de días calmos en baja actividad solar se observa claramente (Gianibelli et al. 1989). Asimismo la disminución de la intensidad del campo magnético terrestre en Trelew de  $-68$  nT por año, a medida que se agranda la Anomalía Magnética del Atlántico Sur, podría afectar los sistemas de corrientes ionosféricas, su interacción con los anillos de radiación y a la variación diurna, en concordancia con lo acaecido por Heirtzler (1997).

## REFERENCIAS

- Campbell W. H. 1989. (Editor) Quiet Daily Geomagnetic fields. Reprint from Pure and Applied Geophysics. Vol 131 N° 3. Birkhauser Verlag . Pp: 315-349.
- Campbell W. H. 1989. The Regular Geomagnetic Field Variation During Quiet Solar Condition. In Geomagnetism Vol 2. Ed. By J. A. Jacobs. Academic Press. Pp: 385-460.

- Campbell, W. H. 2000. Earth Magnetism. Academic Press. N.Y. pp:1-129.
- Campbell W. H. 2003. Introduction to Geomagnetic Fields. (2<sup>nd</sup> Ed). Cambridge University Press. Cambridge. Pp: 67-110.
- Chapman S. and Bartels J. 1940. Geomagnetism .Vol II .Oxford University Press. London. Pp.:543-845.
- Chapman S. And Linzen R. 1970. Atmospheric Tides. D. Reidel Pub. Pp: 1-200.
- Gianibelli, J. C. 2007. La Variación Secular de los Observatorios Magnéticos de Islas Argentinas, Orcadas, Trelew y Pilar. Actas
- Gianibelli, J. C. , Weisz S. G., y Pecuch D. E. 1989. Variación Anual y Semianual en el Observatorio Geomagnético de Pilar (Córdoba). GEOACTA Vol 19 N° 1. pp:39-51.
- Heirtzler, J. R. 1997. Future Radiation Damage in Space due to the South Atlantic Anomaly. NASA/Goddard Space Flight Center Greenbelt-USA. Pp:1-12.
- Kane R. P. 1976. Geomagnetic Field Variation. Space Science Review. Vol 18. pp: 413-540.
- Onwumechili C. A. 1997. The Equatorial Electrojet. Gordon and Breach. Pp: 1-627
- Parkinson W. D. 1983. Introduction to Geomagnetism. Scottish Academic Press. Pp: 220-307.
- Stratton, J. A. 1941. Electromagnetic Theory. McGraw-Hill Book Company. N.Y. pp: 1-217.