

LA AMPLITUD TÉRMICA EN LA ESTACION METEOROLÓGICA DE LA PLATA Y SU RELACION CON EL CICLO SOLAR Y LA ACTIVIDAD GEOMAGNÉTICA.

Julio César Gianibelli¹, Nicolás Quaglino² y Mónica Mac William³

^{1,2,3} Dep. de Geomagnetismo y Aeronomía de la Fac. de Cs. Astronómicas y Geofísicas, UNLP.
geofisicogianibelli@yahoo.com.ar TE: (0221)4236593/4 int 132

RESUMEN

En este trabajo se analiza la amplitud térmica promedio en la estación Meteorológica La Plata ($-34^{\circ} 54' 24''$; $-57^{\circ} 55' 56''$) caracterizada por la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo diarios, desde el año 1944 hasta la actualidad. Esta serie se promedia según el ciclo de rotación solar de Carrington de 27 días. Se estudia la serie temporal por medio de un análisis espectral clásico por Transformada Rápida de Fourier. Los resultados muestran los siguientes períodos largos presentes en las series de la amplitud térmica promedio (At), en la amplitud de la actividad magnética promedio (ap), y número de manchas solares (R) de: 37.9 años, 25.2 años, 18.9 años, 15.1 años, 12.6 años y 9.5 años; y los siguientes períodos cortos en las bandas centradas de 0.5, años y 1 año en At y ap; 2 años en At; de 3 años a 6 años en At y ap; y entre 6 hasta 11 años en At, ap y R. Se puede inferir que la coexistencia de períodos son un indicador de sincronismo en los procesos de los fenómenos de acoplamiento del sistema Sol-Tierra. Esto también se observa en la determinación de las tendencias de crecimiento de los máximos del ciclo solar que permite determinar intervalos de tiempo no equidistantes del ciclo solar. Para baja actividad solar se detecta amplitudes medias térmicas altas y para alta actividad solar se detecta amplitudes medias térmicas apreciablemente menores. Estos efectos se observan en los siguientes intervalos determinados por los ciclos solares 17 a 19; 20 a 22; y se comienzan a evidenciar nuevamente a partir del ciclo solar 23.

Palabras clave: Climatología, Ciclo Solar, Índice ap, Amplitud térmica, Numero de Manchas Solares

ABSTRACT

In this work we analyzed the average thermal amplitudes in the Meteorological Station at La Plata city ($-34^{\circ} 54' 24''$; $-57^{\circ} 55' 56''$) characterized by the difference between the daily maximum value and the minimum value, from the year 1944 to the present time. This serie is averaged according to the Carrington Solar Rotation Cycle of 27 days. The temporal series are studied by means of a clasical spectral analysis given by the Fourier Fast Transform method. The results shows the following long periods found in the average thermal amplitude (At), average magnetic activity amplitude (ap) and Sun's Spot Number (R) series: 37.9 years, 25.2 years, 18.9 years, 15.1 years, 12,6 years and 9.5 years; and the following short periods: in At and ap series , in the bands centered in 0.5 year and 1 year; in At serie , a period of 2 years; in At and ap series , between 3 years and 6 years; and in At, ap and R series , between 6 years and 11 years.

We can infer that the coexistence of periods indicates a synchronism in the Earth-Sun coupling processes. This is observed too in the determination of the solar cycle maximum growing tendencies, wich allows to determine time intervals not equidistant of the solar cycle. High thermal mean amplitudes for low solar activity, and appreciably smaller mean thermal amplitudes for high solar activity, are detected. These effects are observed in the following intervals determined by the solar cycles 17th to 19th; 20th to 22nd; and newly begin to make evident starting from the 23rd solar cycle.

Keywords: Climatology, Solar cycle, ap index, Thermal amplitude, Sunspot number.

INTRODUCCION

Las variables meteorológicas comunmente más observadas son la temperatura, presión y lluvia caída. De ellas, la temperatura representa los efectos termodinámicos de origen endógeno y exógeno. Recientemente estudios recopilados por Benestad (2006) mostraron que la conexión Sol-Tierra tiene un comportamiento muy importante dentro de la evolución de la cavidad heliosférica, regulada por una climatología espacial (Sherer *et al.*, 2005). La Estación Meteorológica La Plata ($-34^{\circ} 54' 24''$; $-57^{\circ} 55' 56''$) se encuentra ubicada en el medio ambiente gobernado por una gran anomalía geo-magnética llamada "Anomalía del Atlántico Sur" (Gianibelli *et al.*, 2005). Esta posee los valores de Intensidad Total del Campo Geomagnético más pequeños en todo el planeta y se manifiesta como una región donde los satélites artificiales sufren de la pérdida de datos de memoria cuando pasan sobre ella. Asimismo es una región donde las partículas cargadas provenientes de los anillos de radiación de Van Allen penetran más profundamente, hasta niveles atmosféricos, debido a los valores mínimos del campo magnético en esta región.

Haig (2004) analiza la respuesta del clima terrestre a la variabilidad solar y Gianibelli *et al.* (2001) mostraron la respuesta de la pluviometría registrada en la Estación Meteorológica de La Plata, respecto de su posible relación con la actividad geomagnética.

Un aspecto importante es examinar las tasas de cambio en grandes intervalos de tiempo de las variables involucradas en el sistema heliofísico. Para este trabajo se utilizaron el Numero de manchas solares "R" diarias, la amplitud de la actividad geomagnética dada por el índice "ap" y la amplitud térmica "At" diaria (valor máximo menos valor mínimo) registrada en la Estación Meteorológica de La Plata a partir de registros bihorarios.

El intervalo temporal cubierto para el número de manchas solares y amplitud del índice de actividad geomagnética ap es desde 1932.0 a 2005.0 mientras que la amplitud térmica cubre el período 1944.0 a 2005.0 .

El objetivo del presente trabajo consiste en determinar la posible relación entre las tendencias de estas series temporales, con el fin de analizar en los modelos conceptuales los mecanismos que vinculan la actividad solar con los eventos de actividad magnética global (Hockwood, 2005) y con la amplitud térmica en la Estación Meteorológica La Plata, y observar si existen períodos similares en los espectros de potencia.

ANALISIS DE LOS DATOS

Se confeccionaron tres series de tiempo, tomando como parámetro de selección a los intervalos de 27 días que corresponden a una rotación solar y caracterizadas por el llamado " Número de Rotación de Carrington". Los datos de temperatura fueron cedidos por la Estación Meteorológica La Plata, del Departamento de Información Meteorológica y Sismología, Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de La Plata, a través de los libros de registro en su mayor parte. Todos los datos de temperatura se volcaron a planilla de cálculo. Los índices globales de actividad magnética están a disposición de la comunidad científica en la página web del Centro de Información Geomagnética Nacional de EE.UU (National Geomagnetic Data Center), a través de sus páginas web "<http://www.ngdc.noaa.gov/seg/geomag/data.shtml>" y "<ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/>". Los datos de "R" fueron obtenidos de la página de FTP (protocolo de transferencia de archivos) "ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR_DATA/SUNSPOT_NUMBERS/" y los datos de "ap" de la página "ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/GEOMAGNETIC_DATA/INDICES/KP_AP/".

A partir de esta selección se promediaron todos los días cuyo número de Carrington fueron el mismo correspondiente al número de manchas solares (R), amplitud diaria térmica registrada en la Estación Meteorológica La Plata (At) y amplitud diaria de actividad magnética. Esta última caracterizada por el índice planetario trihorario de actividad ap, y se la llama en adelante como "ap". Estas amplitudes son determinadas a partir de los máximos menos los mínimos diarios en las series de At y ap.

Los ciclos solares comprendidos en este análisis son del 17 al 23 inclusive. Se tomaron los ciclos 17, 18 y 19, 20 y 21, 22 y 23 para la determinación de las tendencias de las series de manchas solares. Como límite temporal para el cálculo de las rectas de regresión se tomó el valor mínimo de R para el número de

Carrington del mínimo previo al ciclo 17 y a los mínimos entre los ciclos 19-20 y 21-22.

Estos Números de Carrington son tomados como intervalos para el cálculo de las tendencias (rectas de regresión) en la amplitud térmica At y el índice ap. También sobre la serie de tiempo At se aplica un análisis espectral por Transformada Rápida de Fourier. Este método está basado en la utilización de series temporales cuyos datos tengan una cantidad que sea una potencia entera de 2.

RESULTADOS

La Figura 1 muestra el comportamiento de la tendencia de la amplitud térmica At en conjunto con el de R observándose la oposición de tendencia entre ambos. La Figura 2 también muestra el comportamiento de la tendencia de At pero en conjunto con el de ap, con similar

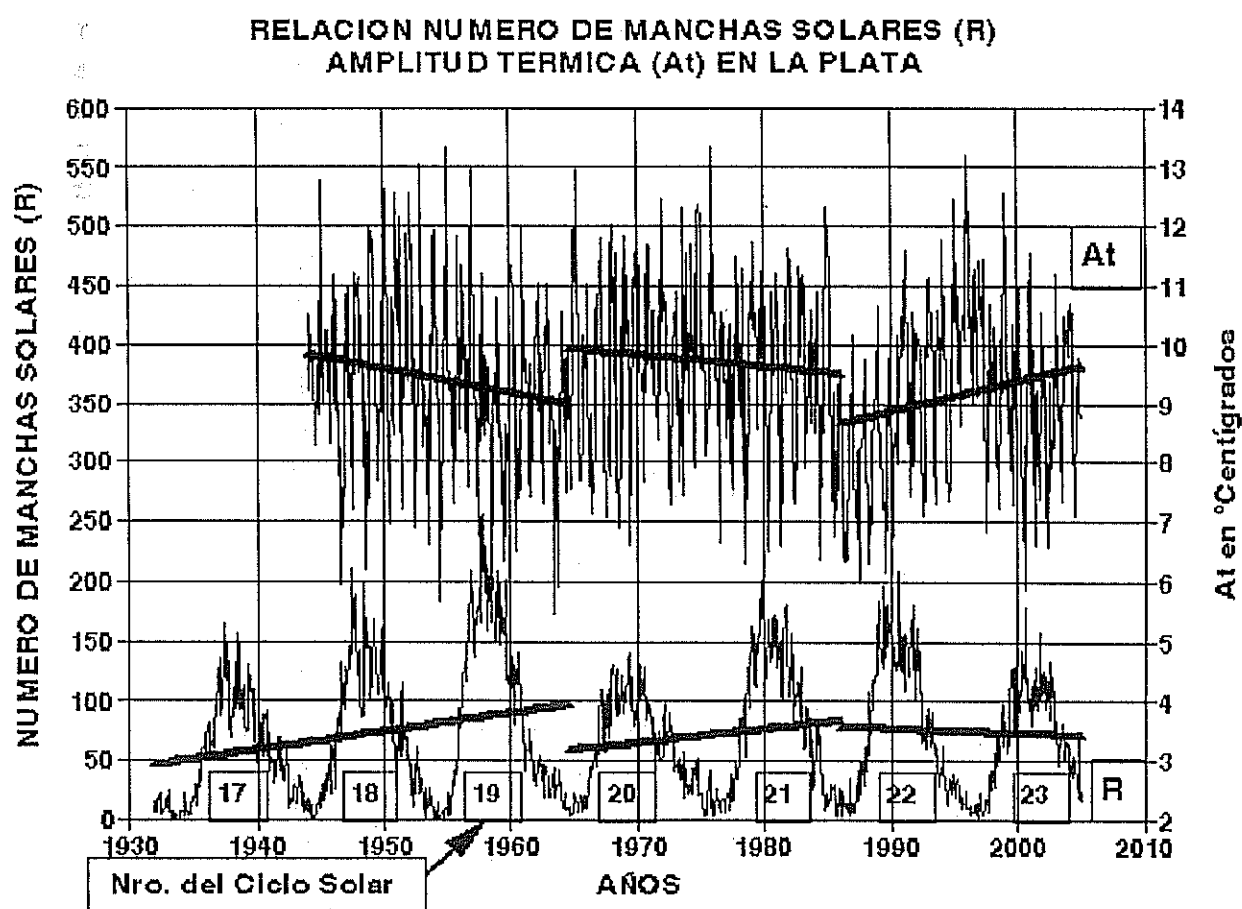


Figura 1. Amplitud térmica At y número de manchas solares R promediadas según el Número de Carrington. Se grafican las rectas de regresión, que se comportan con tendencias de sentidos opuestos.

RELACION ACTIVIDAD MAGNETICA(indice ap) AMPLITUD TERMICA (At) EN LA PLATA

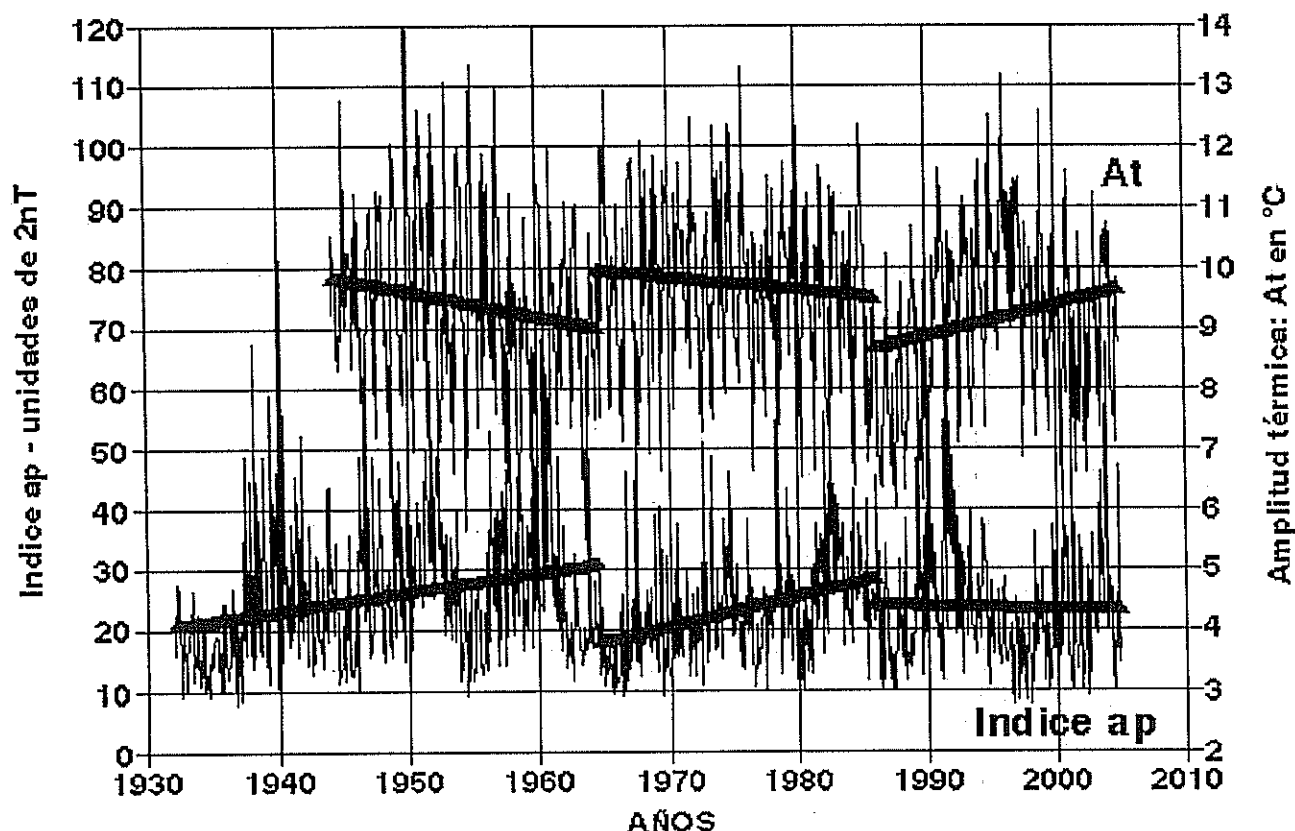


Figura 2. Amplitud térmica At e índice de actividad magnética planetario ap promediado según el Número de Carrington. Se grafican las rectas que se comportan con tendencias de sentidos opuestos. En este caso es más evidente que en la relación At con R.

respuesta en cuanto a la oposición al desarrollo de la tendencia. Pero si comparamos las tendencias de las series de R y ap son casi paralela con tasa de crecimiento o de crecimiento similares.

El hecho de que el ciclo solar 23 no haya finalizado, hace que la recta calculada aparezca con menos tendencia que cuando se tenga el mínimo de este ciclo, tanto en R como en ap. Por lo tanto también será posible que la tendencia de At sea menor ya que, para mínimos finales de dos ciclos consecutivos de R, es esperable grandes valores de At.

Resultados importantes que relacionan la temperatura con los procesos del ciclo solar y actividad magnética, se obtuvieron del análisis espectral clásico de Fourier de cada una de las series. Del espectro de potencia mostrado en la Figura 3 se detectaron los siguientes

períodos destacables en las bandas comprendidas entre 0.1 y 10 años, entre 1.15 años y 3 años, y entre 3.4 años y 40 años, con potencia normalizada mayor que el 10 % del máximo de cada espectro. En la Figura 3 se muestran los períodos obtenidos en las series de At, R y ap. En la primera banda son apreciables los períodos de 0.33 años, 0.93 años y 0.98 años en At, indicando que la variación anual posee un retraso y cambio de fase en los análisis a intervalos puramente anuales. En esta banda aparecen dos períodos, el semianual de 0.5 años y uno de potencia pequeña de 1.08 años en ap, con su correspondiente en At de 1.11 años, por lo que podría inferirse que existiría una sincronización de fenómenos en esta banda. La banda de 1.15 años a 3 años, está sólo dominada por la variación cuasibienial de At, con los picos correspondientes a los períodos de 1.85 años, 2.10 años y 2.70 años.

En la última banda, para períodos mayores a 3.4 años, coexisten los largos períodos en las tres series At, ap y R, siendo relevantes los períodos de 37.9 años, 25.2 años, 18.9 años, 15.1 años, 12.6 años y 9.5 años. Entre 6 y 9 años se tienen períodos coincidentes para ap y R de 7.6 años, 6.9 años; y un período de 6.31 años para At solamente. Entonces es posible también que existan procesos de fenómenos sincrónicos en esta banda.

Otro resultado desde el punto de vista de la estadística clásica son los gráficos de dispersión de At versus R (Fig. 4), ap versus R (Fig. 5) y At versus ap (Fig. 6). De estas relaciones de la figura 4 resulta que, para $R < 50$, la amplitud térmica oscila entre 5,4 y 13,6 °C, centrándose la nube con más población en los 10°C para $0 \leq R \leq 20$. Para $R > 50$ la dispersión disminuye en At.

La relación de dispersión ap frente a R (Fig. 5) es más interesante, pues muestra un máximo de acumulación para $0 < R < 40$, con $8nT < ap < 30nT$, pero aparecen direcciones de dispersión marcada con "1" y "2", que estarían vinculadas a una relación casi lineal del fenómeno mancha solar-actividad geomagnética. Lo interesante es que aparece una dirección notable y preferencial marcada con "3", indicando que a mayor actividad, con $40 < R < 130$, la actividad geomagnética de ap disminuye de un valor 20 a uno de 10. Esta figura prueba la irregularidad de la respuesta del índice ap al comportamiento de R.

La Figura 6 es el resultado de la relación de dispersión de dos variables dentro de la cavidad magnetosférica en el que se encuentra el geosistema.

La dispersión de At versus R muestra una similitud con la Figura 6 en cuanto se pueden

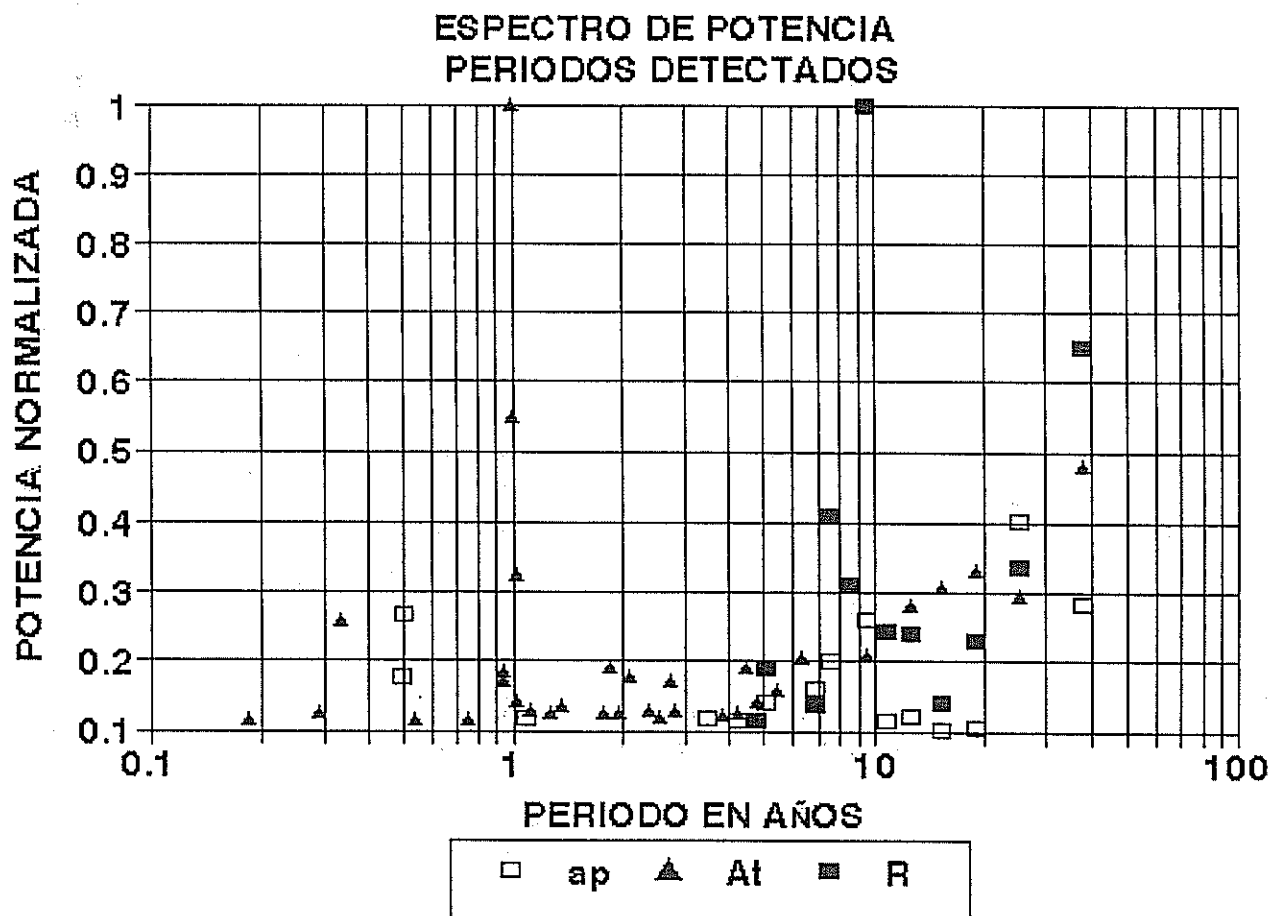


Figura 3. Períodos detectados en las series de At, ap y R con el método espectral clásico de Fourier.

RELACION AMPLITUD TERMICA EN LA PLATA
NUMERO DE MANCHAS SOLARES

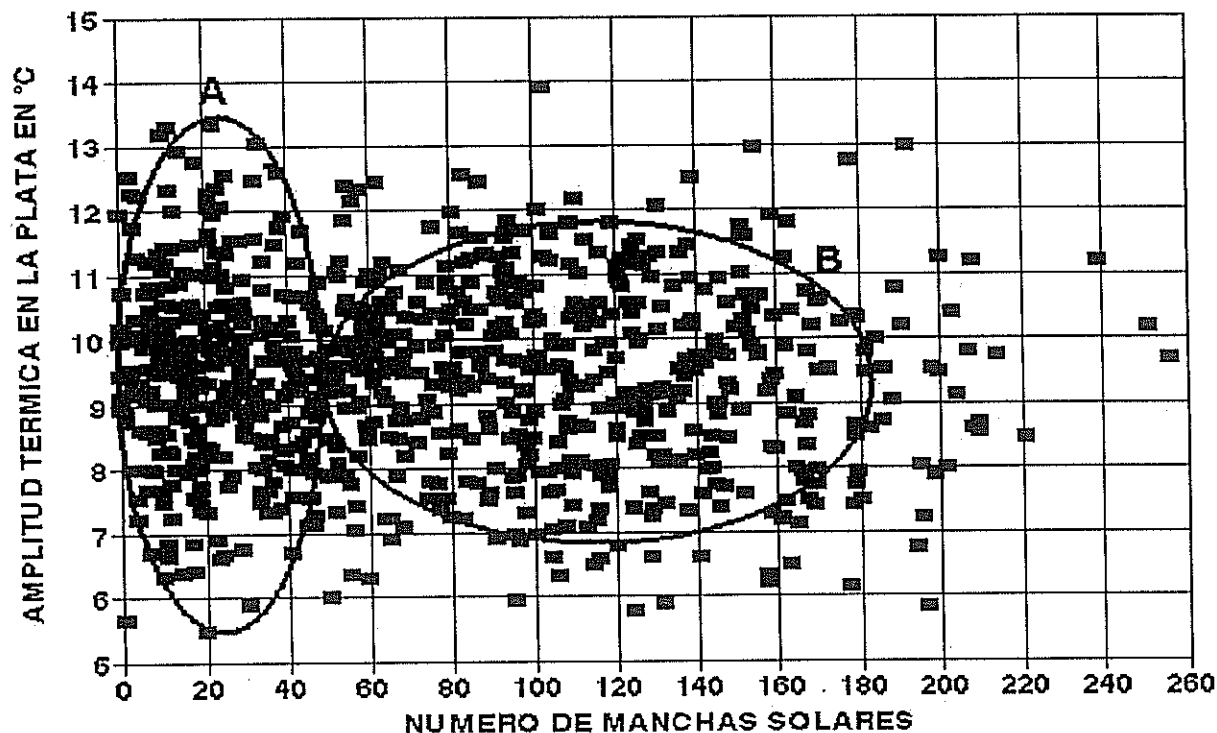


Figura 4. Plano de dispersión At-R donde se observa la notable dispersión para bajos valores de R para la región A, con una zona particular de concentración de valores de At entre 9.3 y 10.2 °C para $10 < R < 20$, y dispersiones menores en la región B.

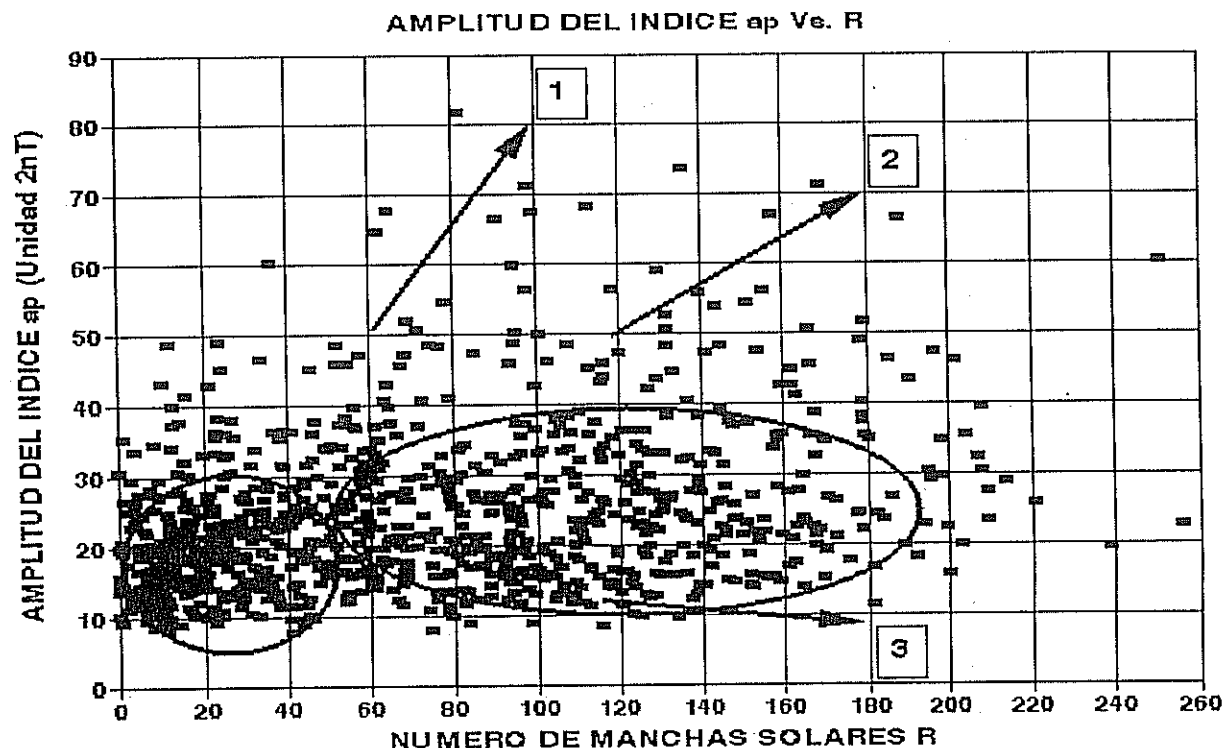


Figura 5. Plano de dispersión que corresponde a la relación amplitud de ap-R, que vincula la actividad del Campo Geomagnético con la actividad solar, a través del número de manchas

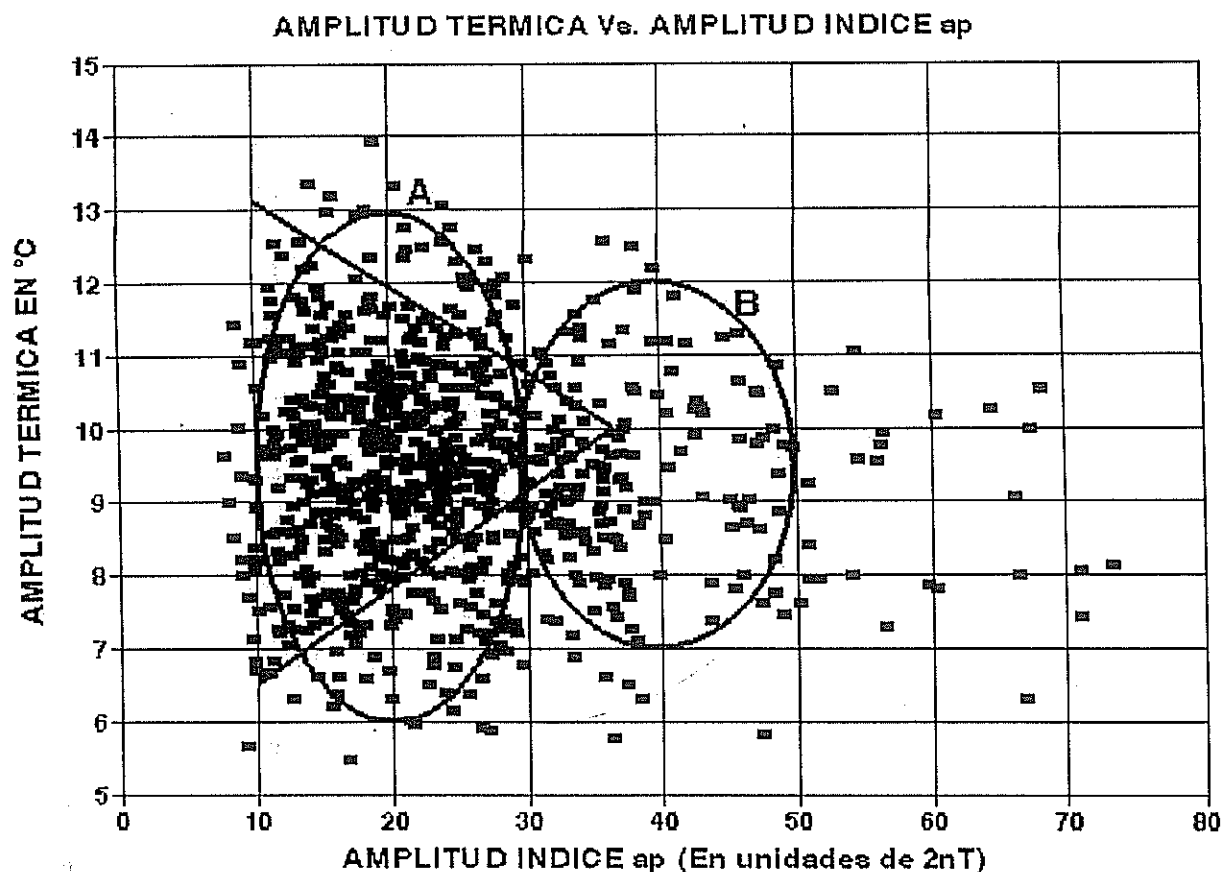


Figura 6. Plano de dispersión At-ap que vincula los fenómenos de actividad geomagnética representados por ap con una de las variables climatológicas caracterizadas por la amplitud térmica At.

determinar dos nubes de puntos con distribuciones diferentes A y B y amplitudes de dispersión que disminuyen con el crecimiento de R. Pero en este caso se marca una región triangular donde la dispersión es menor y confluyente a un valor medio de At de aproximadamente 10°C para $10\text{nT} \leq \text{ap} \leq 38\text{nT}$.

En las Figuras 4 y 5 se dibujaron elipses y circunferencias con el fin de mostrar el agrupamiento de las relaciones At según R, y ap según R. Las mismas resultaron de determinar las dispersiones según los ejes de cada una, con la propiedad de que la cantidad de puntos que se encuentran encerrados sea mayor que 70 % para $R \leq 50$, ya que $R=50$ puede ser adoptado como un valor límite entre actividad solar baja y alta (Fig. 1).

Para la Figura 6 que relaciona At con ap, se utiliza el resultado de que el valor máximo en el círculo de la relación ap con R (Fig. 5),

se tiene que ap llega a un valor del orden de 30 nT, que se toma para dibujar la elipse A en la Figura 6. Esto indica una posible bimodalidad de la distribución. Pero la zona triangular es la que siguiendo dos tendencias casi opuestas, contiene el 60 % de los puntos. Las rectas se trazaron determinando puntos de regiones casi lineales del gráfico, denominadas calles vacías de puntos. Se utilizó el método de mínimos cuadrados para el ajuste. También en la Figura 6 se puede notar que existen puntos que bordean a la elipse A para $8\text{nT} \leq \text{ap} \leq 20\text{nT}$, lo que podría indicar que para esta actividad magnética la amplitud térmica es estadísticamente mayor que para $R \leq 20$. Debido a esto se podría suponer que la ubicación de la Estación Meteorológica La Plata en la zona central de la Anomalía del Atlántico Sur juega un rol regulador de At.

CONCLUSIONES

Los resultados muestran que los procesos solares, que se transmiten a través del medio interplanetario, regulan la cavidad magnetosférica. Se evidencian en la actividad geomagnética y posiblemente en regiones más profundas del geosistema, en los procesos atmosféricos y en algunas de sus variables, tal como la temperatura de las estaciones meteorológicas. El índice de actividad magnética a_p es un valor global del acoplamiento Viento Solar - Campo Magnético Terrestre a través de la cavidad magnetosférica. Refleja a través del análisis espectral de su amplitud promedio según el Numero de rotación solar de Carrington coincidencias en los períodos detectados en A_t y R , en dos bandas, cortos períodos y largos períodos.

Estos evidencian lo que se denominó sincronización de procesos, donde la fuente solar regula a través de su ciclo, la transmisión energética a la cavidad magnetoférica. La actividad particulada representada a través de a_p tiene injerencia sobre los procesos de las distintas partes de la atmósfera terrestre, ionósfera, mesósfera, estratósfera y tropósfera. A través de este trabajo podemos concluir que en la región donde se encuentra ubicada la Estación Meteorológica La Plata, el comportamiento de la Amplitud térmica se encuentra principalmente regulado por los largos períodos detectados en a_p y R . Es importante que siguiendo las ideas de Lockwood M. (2005), es posible aplicar el diagrama conceptual mostrado en la Figura 7, como un mecanismo posible de la conexión Sol-Tierra para las variables A_t , a_p y R analizadas en este trabajo.

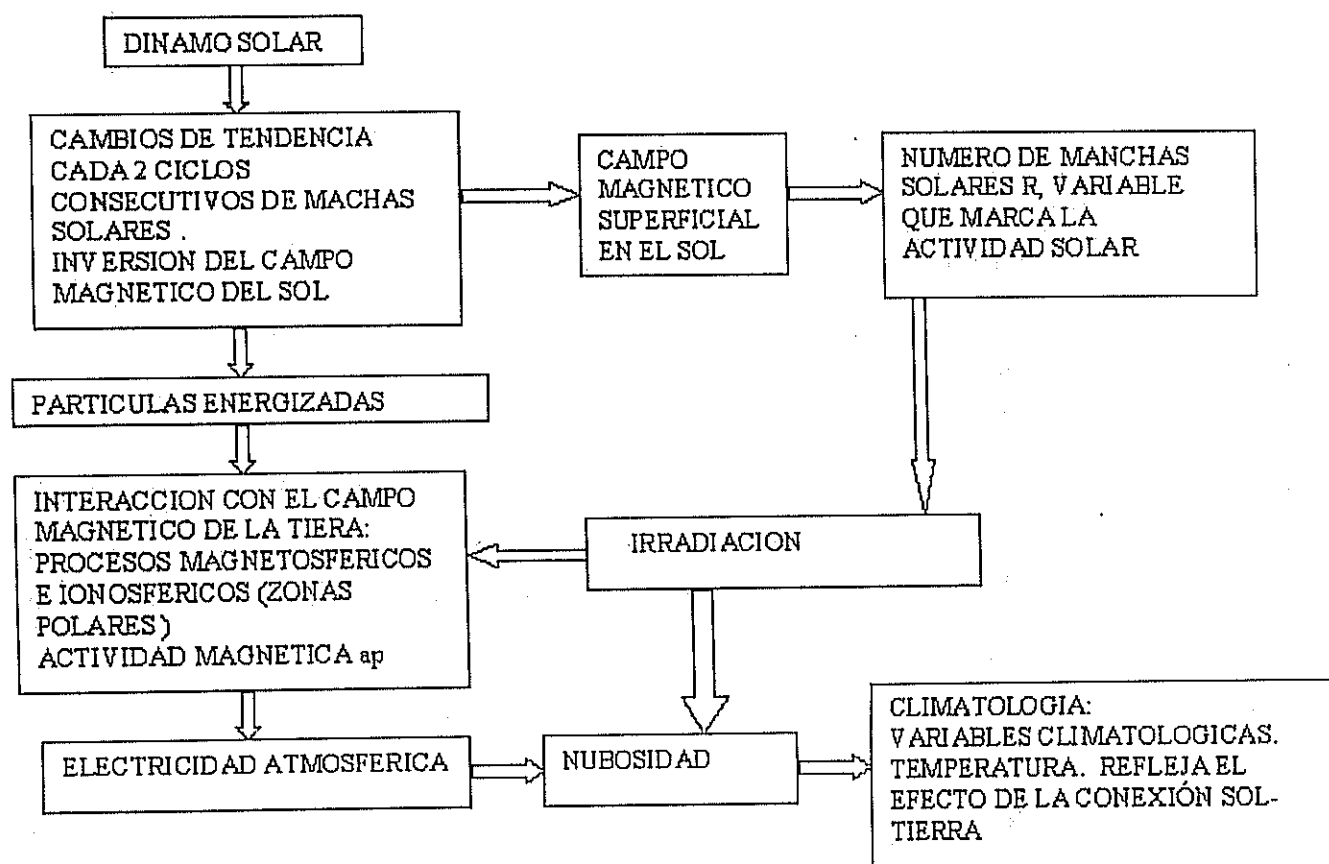


Figura 7. Interconexión de los procesos claves y mecanismos que actúan en la heliósfera, magnetósfera y atmósfera terrestre que evidencian la conexión Sol-Tierra.

Agradecimientos: Se agradece al Departamento de Sismología e Información Meteorológica de la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de la UNLP, su Jefe Geof. Nora Sabionne, y su personal técnico por la sesión de la información de temperatura en libros y archivos de la Estación Meteorológica La Plata perteneciente a dicho Departamento.

Se agradece al Centro de Información Geomagnética Nacional de los EE.UU. (NGDC) por la puesta en la red de internet de los datos globales geomagnéticos y solares, a disposición de la comunidad científica en general, en sus página web :

<http://www.ngdc.noaa.gov/seg/geomag/data.shtml>

<ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/>

REFERENCIAS

- Benestad R. E: (2006) Solar Activity and earth Climate (2nd Edition), Springer, Berlin , pp. 1-316.
- Gianibelli J. C., J. Köhn ., E. Kruse ., (2001) The precipitation series in La Plata , Argentina, and its posible relationship with geomagnetic activity . Geof. International 40 N° 4 , pp. 309-314.
- Gianibelli, J. C., N. Quaglino, I. R. Cabassi y M. Mac William. 2005 Sobre el Medio Ambiente Geomagnético en la Región del Río de La Plata. XVI Congreso Geológico Argentino. Actas, Tomo III, pp. 857-864.
- Haig J. D. (2004) The Earth Climate and its Response to Solar Variability in the Sun , Solar Analisis and the Climate. Ed. By Springer, Berlin, pp. 1-108.
- Lockwood M. (2005) Solar Outputs, Their Effects on Earth, in the Sun, Solar Analisis and the Climate. Ed. By Haigh J. O., Lockwood M. and Giampapa M. S., Springer, Berlin , pp. 109-306.
- National Geomagnetic Data Center NGDC (2006). <ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/>
- Scherer K., H. Fichtner, B. Heker and V. Mall. 2005. Space Weather (The Physics Behind a Slogan). Lectures Notes in Physics 656. Springer, Berlin. Pp. 1-297.