

LA ACTIVIDAD MAGNETICA EN LA ZONA AURORAL SUD
Horacio Cazeneuve, Héctor Tabocchini y Mercedes Piran

Instituto Antártico Argentino
Buenos Aires, República Argentina

RESUMEN

La actividad magnética observada en la Base Belgrano, está caracterizada por una secuencia de períodos calmos y activos, que ocurren en forma alternada. Cada período activo dura varios días, y coincide con sectores del campo magnético interplanetario. Dentro de cada período, se observan sub-períodos activos, perfectamente de finidos. Esos rasgos indican que en Belgrano la actividad mangética es altamente estructurada, y depende de las condiciones interplanetarias.

ABSTRACT

The magnetic activity observed at Base Belgrano (Belgrano Base) is characterized by a sequence of still and active periods that occur alternatively. Each active period lasts for several days, and coincides with sectors of the interplanetary magnetic field. Within each period, perfectly defined active sub-periods are observed. The se features show that, in Belgrano, the magnetic activity is highly structured, and depends on the interplanetary conditions.

INTRODUCCION

Se considera que un número creciente de fenómenos terrestres es excitado por la estructura de sectores del campo magnético interplanetario (CMI). La transferencia de energía desde el medio interplanetario hacia la cola magnética puede ser explicada mediante la conexión entre los campos magnéticos interplanetario y terrestre. Wilcox y Ness (1965) hallaron que la polaridad predominante del CMI (desde el sol, o hacia el sol), tiene gran importancia en la generación de la actividad magnética.

Los efectos de la polaridad del CMI sobre las perturbaciones magnéticas en altas latitudes, fueron inicialmente estudiados por Svalgaard (1968) y Mansurov (1969), y fueron analizados por Friis-Christensen et al. (1970).

Las asimetrías en la interacción del medio interplanetario con ambos hemisferios no han sido aún bien estudiadas, tal vez por no disponerse de datos en cantidad adecuada, y en escala suficientemente fina.

Tales asimetrías fueron sugeridas por Wilcox (1968) y por Forbes y Speiser (1971).

En este artículo presentamos los primeros resultados de nuestro estudio sobre la actividad magnética registrada en la Base Belgrano, el cual continúa con el análisis espectral e interespectral de los datos geomagnéticos e interplanetarios.

LOS DATOS

En este estudio se emplearon magnetogramas obtenidos en la Base Belgrano (lat. geom. 67.3 S; long. geom. 15.8 E). En los períodos de intensa perturbación esta estación está ubicada en plena zona auroral. En los períodos calmos o poco perturbados, está ubicada en el límite de la zona auroral y la plasmapausa.

Se han empleado registros de la componente H del campo geomagnético y datos sobre la estructura del espacio interplanetario, provistos por la NASA. Se analizaron datos de 51 rotaciones solares de Bartels, correspondiente a los años 1972-77 y 1979.

PERIODOS Y SUBPERIODOS DE ACTIVIDAD

En esta sección presentamos dos ejemplos de períodos magnéticamente activos, cada uno de los cuales dura varios días. Ante la imposibilidad de presentar un gran número de ejemplos, los hemos seleccionado

dos entre los más representativos empleados en este estudio.

Los periodos activos.

Las figuras 1 y 2 contienen los magnetogramas del período de actividad magnética 14-25 de mayo de 1974, y 23-30 de Julio de 1974, respectivamente.

Mayo 14-25. Este período activo está vinculado con el sector de polaridad solar 14-26 de mayo. Para conservar la descripción usual en física solar-terrestre lo designamos período "hacia". Hasta las 18.45 TU del 14 de mayo persistieron las condiciones calmas. Luego, la componente H experimentó una pequeña depresión que duró 90 minutos (figura 1). Esta depresión puede ser identificada con la fase de crecimiento. (McPherron 1970), puesto que esa fase se manifiesta en un observatorio de la zona auroral, como un decrecimiento gradual de la componente H. No obstante, pocas veces puede identificarse una fase de crecimiento en los magnetogramas de Belgrano. La perturbación positiva después de las 21.00 TU indica el comienzo del período activo. Durante todo el período mencionado se observa una notable recurrencia diaria. Se observan ciclos diarios de actividad que consisten de fases negativas durante la mañana, y positivas al anochecer, las cuales son regularmente repetidas. Los días 19, 20 y 21 la actividad decrece, y la fase positiva desaparece. El día 22 el período se reactiva, y reaparece la fase positiva. Otra reactivación se observa el día 27.

Julio 23-30. El día 23 comienza un sector del CMI del tipo "desde" La depresión observada entre las 0600 y las 0900 TU del día 22, (fig 2), es considerada un anuncio del período activo subsiguiente. Entre las 0130 y las 1700 TU del día 23 se desarrolló una fase negativa de gran intensidad. A través de todo el período activo se observan los ciclos diarios de actividad. Después del 29 la actividad decae. El 2 de agosto comienza un nuevo sector.

Los Sub-períodos.

Los valores medios horarios de los períodos descriptos, y del período julio 4-16, son presentados en la figura 3. Puede distinguirse claramente una modulación en la intensidad de las perturbaciones. Se aprecia que el período mayo 14-25 está formado por tres subperíodos, cuyos límites están en los días 20 y 25.

Durante el período activo julio 4-16 también se distinguen tres subperíodos: ellos son; 4-7; 7-11 y 11-16.

El último período "desde" comienza abruptamente el día 23, coincidiendo con el nuevo sector del CMI, Entre el 25 y el 30 se observa

un segundo subperíodo.

LOS CICLOS DE ACTIVIDAD

La actividad magnética registrada en Belgrano se desarrolla como una secuencia ordenada de etapas estructuradas. Los períodos activos originados en el límite entre sectores, los subperíodos y los ciclos diarios son sistemáticamente repetidos en los sectores del CMI prolongados.

En esta sección comparamos los períodos de actividad magnética, con la estructura de sectores del CMI. Las figuras 4 y 5 ilustran la relación entre los períodos magnéticamente activos y los sectores del CMI. En esas figuras se muestra la ocurrencia de períodos activos dentro del esquema de rotaciones solares de Bartels. La línea superior dentro de cada rotación solar indica la polaridad del CMI. Una línea gruesa indica polaridad "hacia", la línea delgada indica polaridad "desde". La línea punteada o guión corresponde a polaridad mixta.

Los guiones debajo de la traza superior indican la duración del período activo y su intensidad. Esto lo aclaramos en el caso de los días 5 y 6 de julio, figura 4. Las dos trazas superiores indican una fase positiva y las dos inferiores, una fase negativa. Un guión indica la ocurrencia de actividad, dos guiones indican una fase intensa, mayor que 500nT.

En las figuras 4 y 5 se aprecia que los períodos se desarrollan dentro de un dado sector del CMI, y comienzan abruptamente siguiendo la inversión de la polaridad del CMI.

Sin embargo, el comienzo de los períodos activos, dentro de un sector, muestra una disparidad de características, la cual es coherente con el resultado de Svalgaard (1975) quien notó que la naturaleza de las sucesivas inversiones de la polaridad varía notablemente de una a otra. Esto puede ser apreciado en los casos del 14 de mayo y julio 23, en figuras 1 y 2.

Además, la parte del sector del CMI abarcada por el período activo también muestra variaciones irregulares. Por ejemplo, el período mayo 14-26 (figura 1), abarca todo el sector, pero en la mayor parte de los casos, dura algo más de la mitad y es seguido por una fase de decaimiento.

SECTORES INTERPLANETARIOS DE DISTINTA DURACION

Los efectos de un dado sector del CMI difieren según su duración. En 1974 predominan los períodos de recurrencia de 27 días, juntamente con sectores igualmente espaciados.

Por el contrario, en 1975 predomina una distribución irregular de sectores de polaridad.

Con frecuencia se observan sectores de polaridad "mixta" que duran un día, intercalados entre los más prolongados.

En esos casos las variaciones magnéticas no muestran ciclos regulares y las perturbaciones son débiles, de acuerdo con las frecuentes inversionaes de la polaridad.

DISCUSION

La naturaleza recurrente de la actividad magnética observada en Belgrano admite una explicación en términos de su pasaje diario a través de cierta estructura espacial, en el curso de su rotación.

Algunos rasgos de la perturbación son fácilmente identificados durante varios días consecutivos, lo cual implicaría que esas supuestas estructuras espaciales deben permanecer localizadas en el espacio, durante cada período de actividad. Tales estructuras deben además desplazarse, puesto que los rasgos recurrentes observados en nuestros registros suelen desplazarse una o dos horas, de un día al siguiente. No obstante, este movimiento está restringido al sector en el cual se desarrolla la actividad magnética. En ciclos diarios muy activos este sector es $\sim 1900 - 1100$ TU, y aproximadamente $0200 - 0800$ TU en los ciclos diarios poco activos.

El número de líneas de campo en una región de la cola magnética es una función continuamente variable del tiempo. Las propuestas estructuras espaciales pueden ser concebidas como irregularidades en la distribución de flujo magnético, lo cual significa una concentración anómala de líneas de campo. Estas irregularidades probablemente actúan como canales para la precipitación de energía, y probablemente desaparecen durante los períodos calmos.

La distribución de líneas de flujo obtenida por Brice (1967) y el modelo de convección de Axford y Hines (1961), incluyendo los efectos de co-rotación magnetosférica y de convección inducida por el viento solar, indican una fuerte asimetría entre los sectores de la mañana y del anochecer. Este efecto es producido por la rotación terrestre, que produce la concentración del plasma en el sector del

amanecer. Estos resultados indican una fuerte asociación con la distribución asimétrica de actividad magnética a través del día local, descrita en este artículo.

Agregamos además que la actividad geomagnética en Belgrano es débil o nula durante el día polar y el día local. En esos periodos la alta conductividad de la ionósfera impide la convección.

La naturaleza cíclica de la actividad y su distribución asimétrica durante el día y el año, indican una notable coherencia con los principales resultados de la teoría de la convección magnetosférica.

CONCLUSIONES

En el curso de este estudio se encontró que la actividad magnética varía de un modo ordenado, dentro de cada sector del CMI. Las características más notorias pueden sintetizarse en lo siguiente:

1. La actividad magnética es generada en cada cruce de sectores del CMI.
2. Los periodos activos que se identifican con cada sector del CMI.
3. Los subperiodos de 4 a 5 días definidos dentro de cada periodo.
4. Los ciclos diarios de actividad.
5. La variación altamente estructurada de la actividad magnética dentro de los sectores del CMI.

La generación de la actividad magnética parece depender intrínsecamente de las inversiones del CMI. Los procesos de acoplamiento dinámico entre el medio interplanetario y la magnetosfera son drásticamente activados en cada inversión.

La atmósfera polar en el área de la Base Belgrano, está acoplada a la cola magnética en el sector del anochecer y de la mañana. Fuera del mismo, las perturbaciones magnetosféricas no producen ningún efecto en nuestra zona de observación.

Estos resultados tienen una fuerte implicancia en la teoría de la actividad magnetosférica. Las características descritas en los puntos 1 al 5 indican que la actividad magnética en la zona auroral Sur no depende de la formación de la corriente de anillo y su corto circuito en la ionósfera. Las bahías magnéticas con una hora o dos de duración, unicamente aparecen en nuestros registros en la fase de decaimiento de los periodos activos, cuando la actividad decrece al nivel mínimo.

Los periodos activos revelan una dependencia de fenómenos que deben desarrollarse y mantenerse en la magnetósfera durante prolongados

períodos, y cuyos efectos son permanentes durante cada sector CMI. La secuencia ordenada que caracteriza la actividad magnética en Belgrano puede ser entendida en base a la convección magnetosférica inducida por el viento solar. Este mecanismo aparenta ser dominante en la aceleración del plasma de la cola magnética. Los ciclos diarios de actividad son generados en el pasaje diario de nuestro observatorio, a través de la región de acumulación de flujo magnético. De este modo, la actividad magnética se comporta como un fenómeno recurrente, cuyas variaciones son más espaciales que temporales.

Agradecimientos. Los autores agradecen a los Técnicos A. Mateucci y L. Pacini por su asistencia en la elaboración de los datos, en el curso de este estudio. Asimismo agradecen a la NASA por facilitar datos sobre el medio interplanetario, y al Prof. L. Svalgaard por ceder datos no publicados sobre la estructura de sectores.

BIBLIOGRAFIA

- Axford, W. I. and Hines, C.O., 1961: A unifying theory of high latitude geophysical phenomena and geomagnetic storms. *Can. J. Phys.*, 1433.
- Brice, N. N., 1967: Bulk motion of the magnetosphere. *J. Geophys. Res.*, 72, 5193.
- Forbes, T.G. and Speiser, T.W., 1971: Mathematical Models of the open magnetosphere; application to dayside auroras. *J. Geophys. Res.*, 76, 7542.
- Friis-Christensen, E., Lassen, K. Wilcox, J. M., Gonzalez, W., and Colburn, D. S., 1971: Interplanetary magnetic sector polarity from polar geomagnetic field observations. *Nature*, 233, 48.
- Mansurov, S. M., 1969: New evidence of a relationship between magnetic fields in space and on earth. *Geomagn. Aeron.*, 9, 622.
- McPherron, R. L., 1970: Growth phase of magnetospheric substorms *J. Geophys. Res.* 75, 5592.
- Svalgaard, L., 1968: Sector structure of the interplanetary magnetic field and daily variation of the geomagnetic field at high latitudes. Pap. 6, Danish. Meteorol. Inst. Geophys Charlottenlund, Demark.

- Svalgaard, L., 1975: An Atlas Interplanetary Sector Structures
Institute for Plasma Research, Stanford University Report
N°629.
- Wilcox, J. M. and Ness, N. F., 1965: Quasi-Stationary corotating
structure in the interplanetary medium. J. Geophys. Res.
70. 5793.
- Wilcox, J. M., 1968: Asymmetry in geomagnetic response to the
polarity of the interplanetary magnetic field. J. Geophys.
Res. 73. 6835.

TEXTO DE LAS FIGURAS

- Figura 1.- El período activo mayo 14-25 de 1974 que corresponde al sector de polaridad "hacia el sol", del campo magnético interplanetario. Los ciclos diarios de actividad son sistemáticamente observados durante los 12 días de este período.
- Figura 2.- El período julio 23-30 de 1974, correspondiente al sector "desde el sol", julio 23-agosto 2. La naturaleza recurrente de la actividad magnética es claramente notada.
- Figura 3.- Valores medios horarios de la componente H. Las marcas verticales indican la inversión de polaridad del CMI. Se indica también la polaridad de cada sector.
- Figura 4.- Distribución de períodos activos y ciclos diarios de actividad dentro de los sectores del CMI. El número de cada rotación solar de Bartels está indicado a la izquierda de cada período de 27 días (año 1974). Se observa la correspondencia entre cada sector del CMI (explicado en el texto), y cada período de actividad magnética. La segunda línea hacia abajo indica una velocidad del viento solar mayor que 550 km/seg. La traza siguiente indica un intensidad de campo mayor que 15 nT. La línea ondulada indica falta de datos.
- Figura 5.- Igual que la anterior, con datos de 1975. No hay datos en los períodos junio 24-26, julio 18-21 y octubre 10.

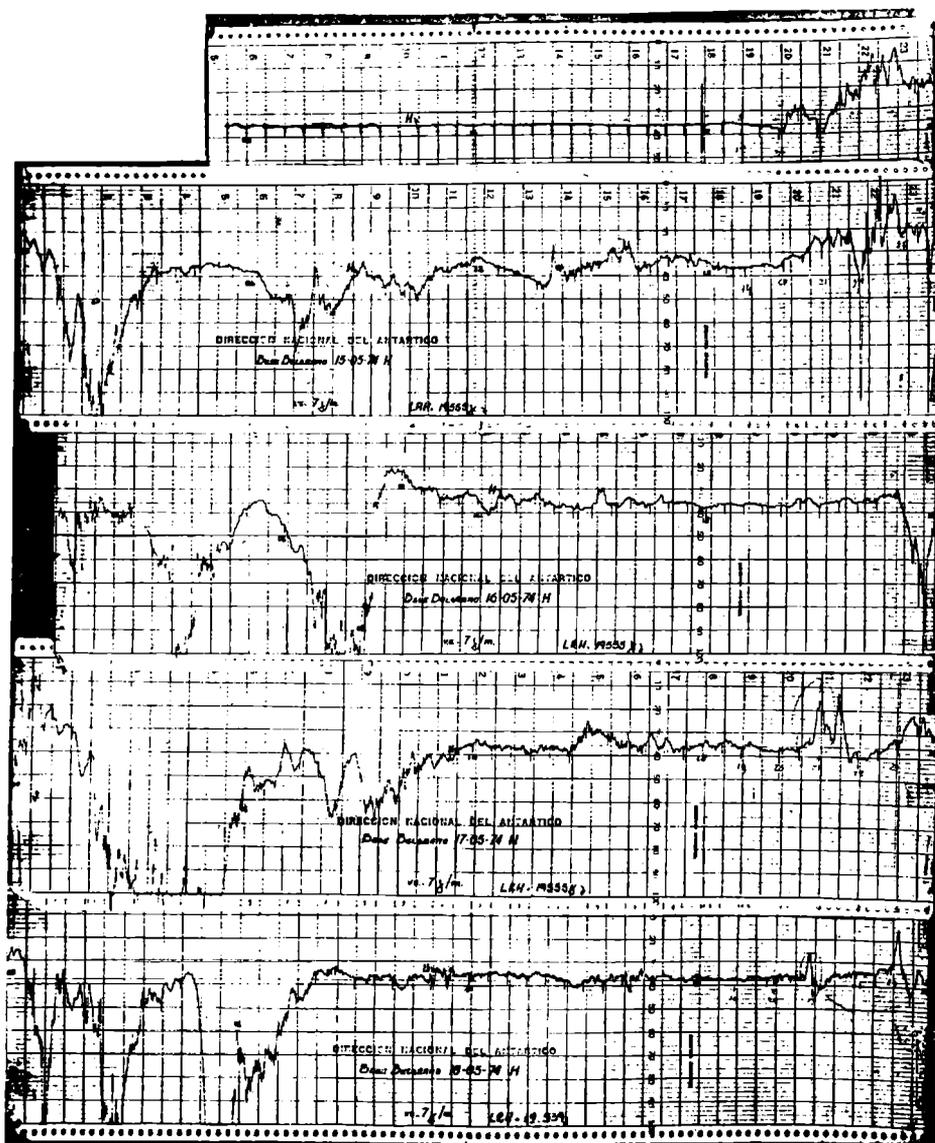


Figura 1a

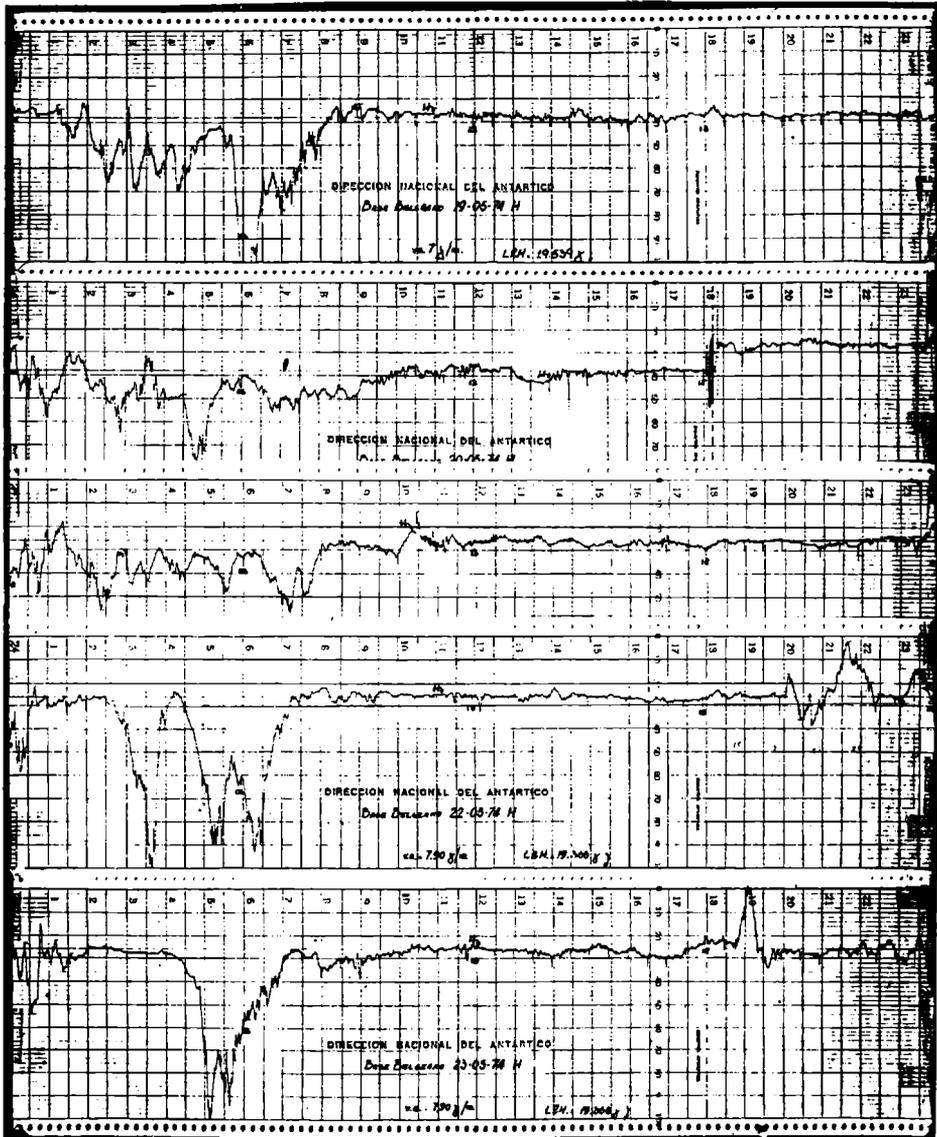


Figura 1b

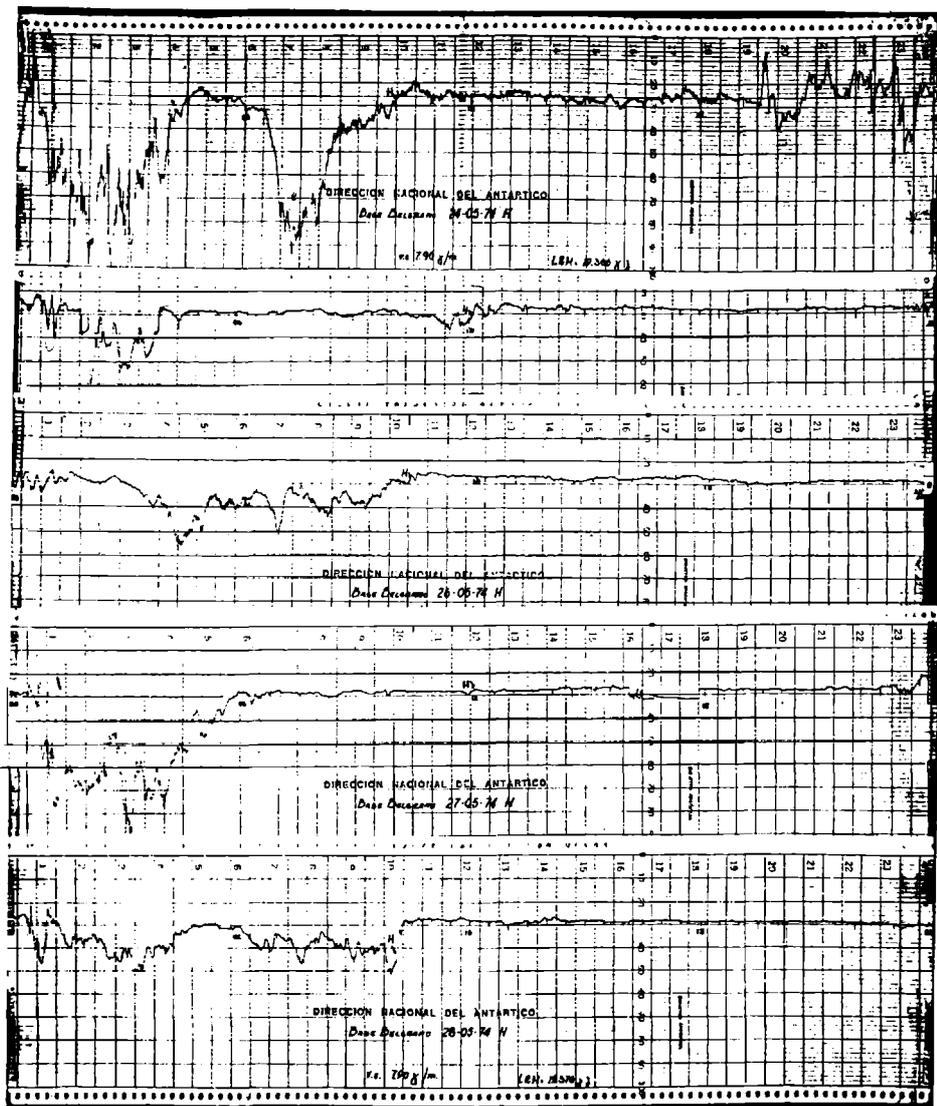


Figura 1c

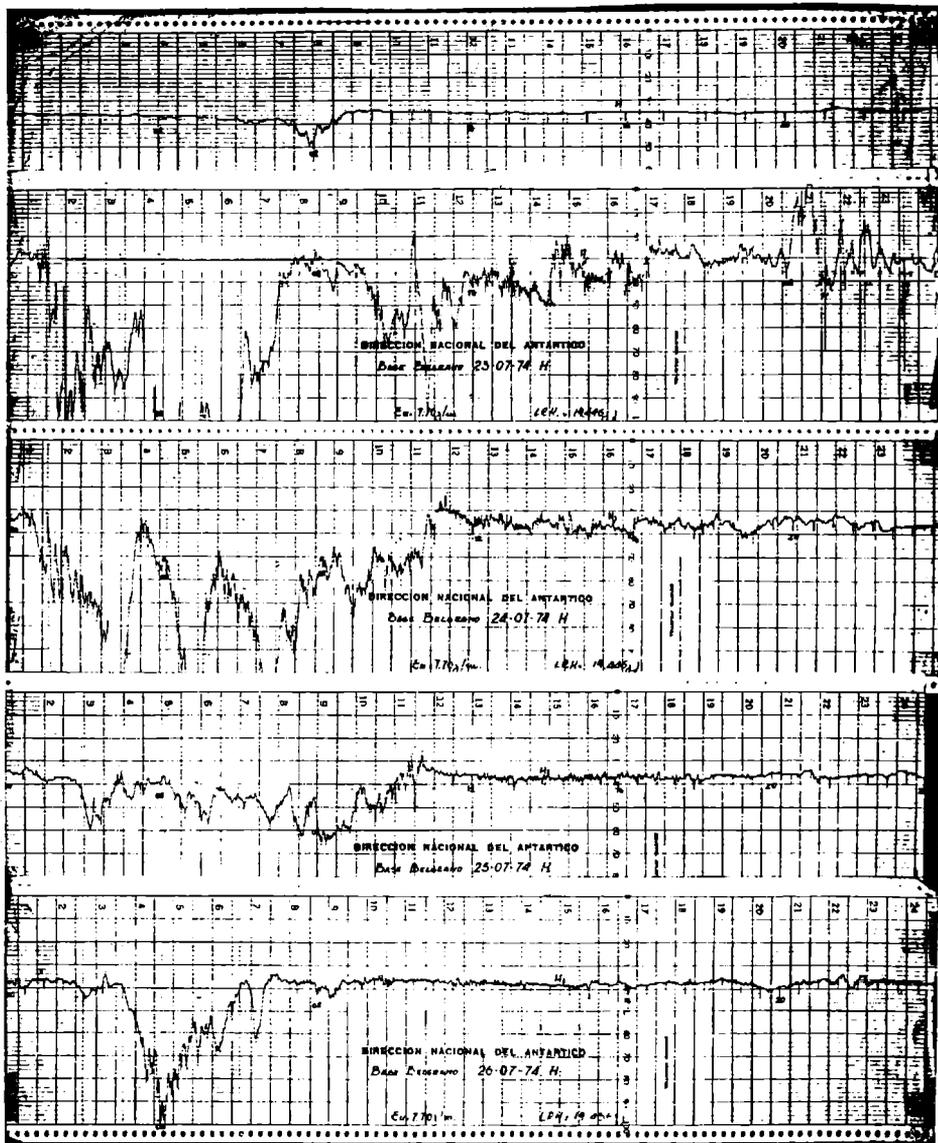


Figura 2a

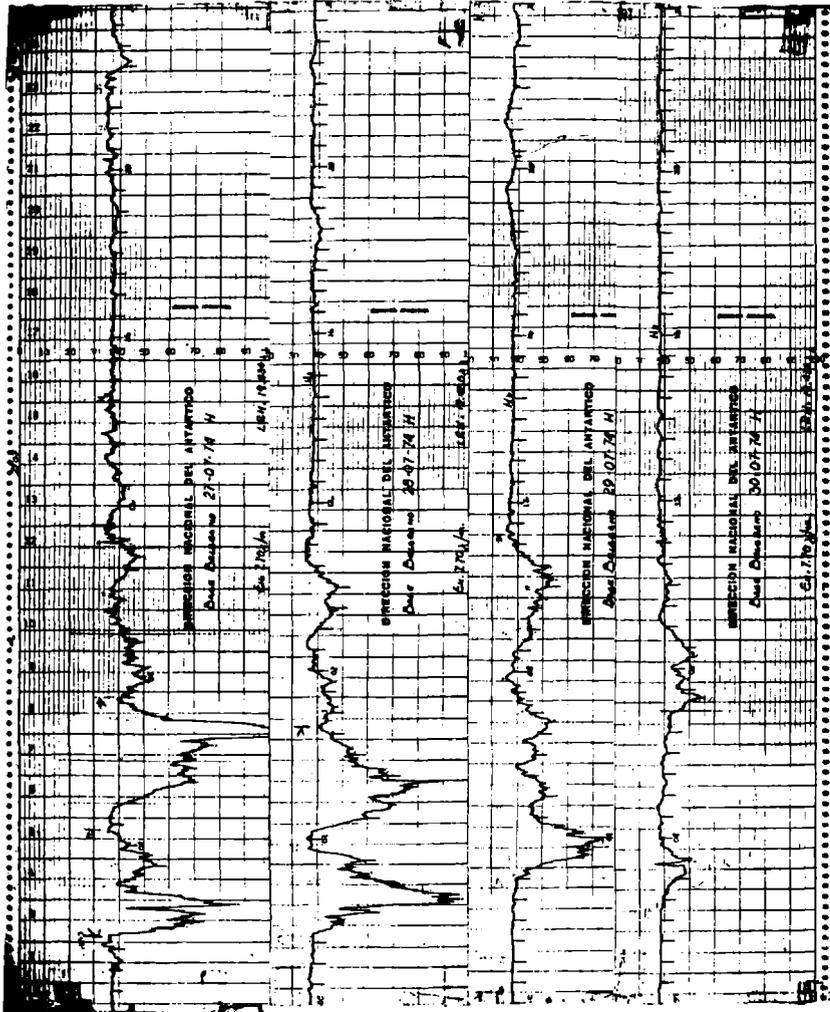


Figura 2b

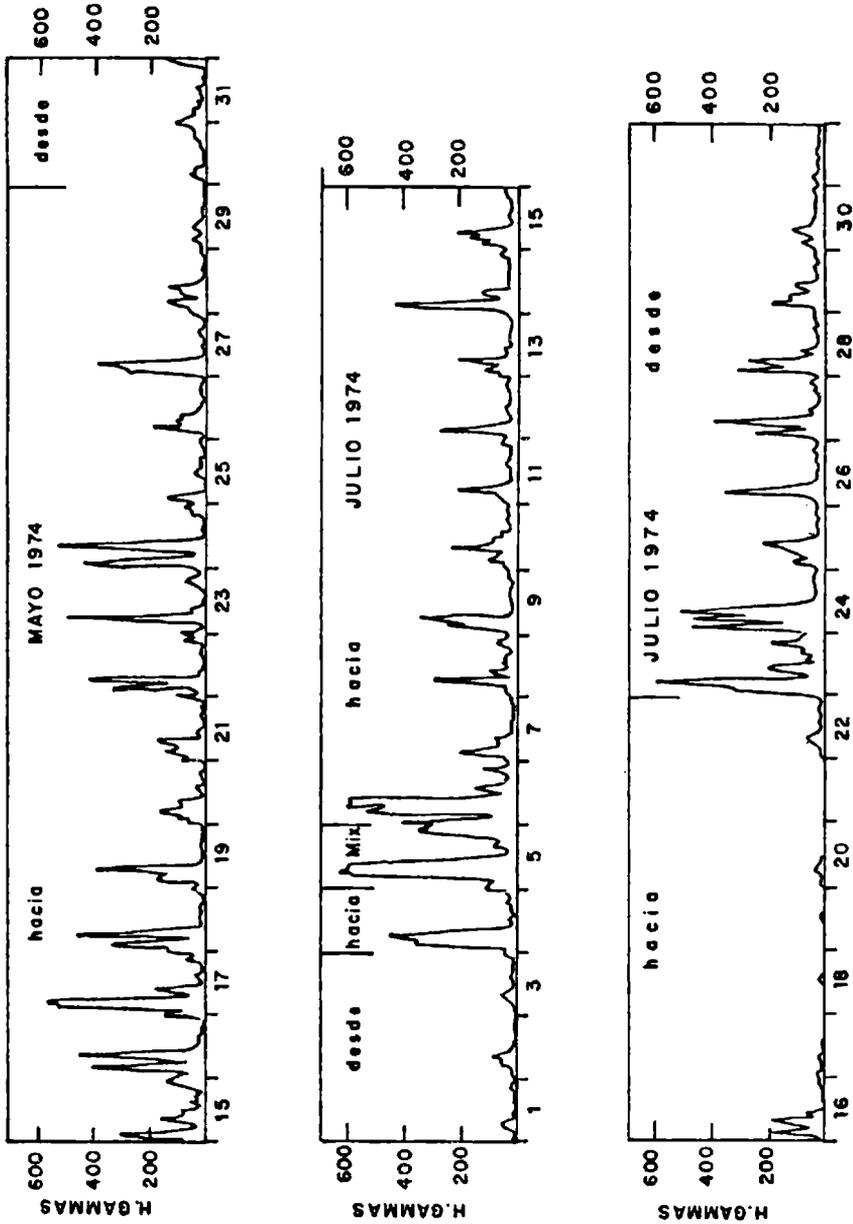


Figura 3

CICLOS DE ACTIVIDAD MAGNETICA 1974

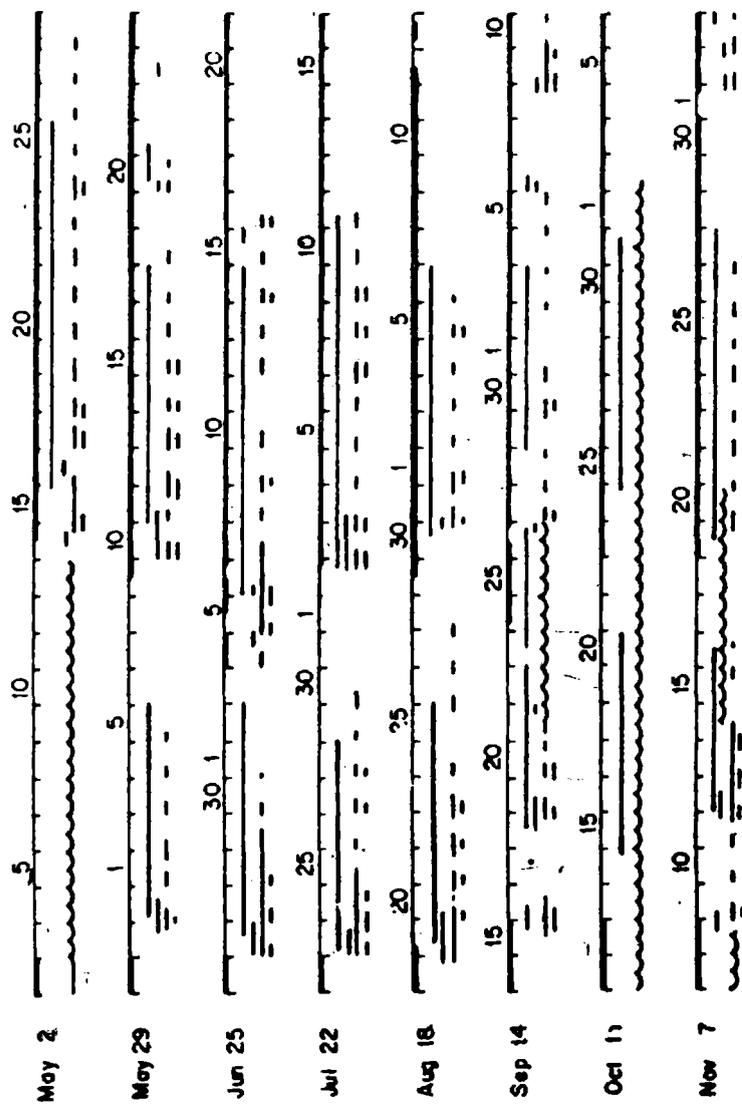


Figura 4

CICLOS DE ACTIVIDAD MAGNETICA 1975

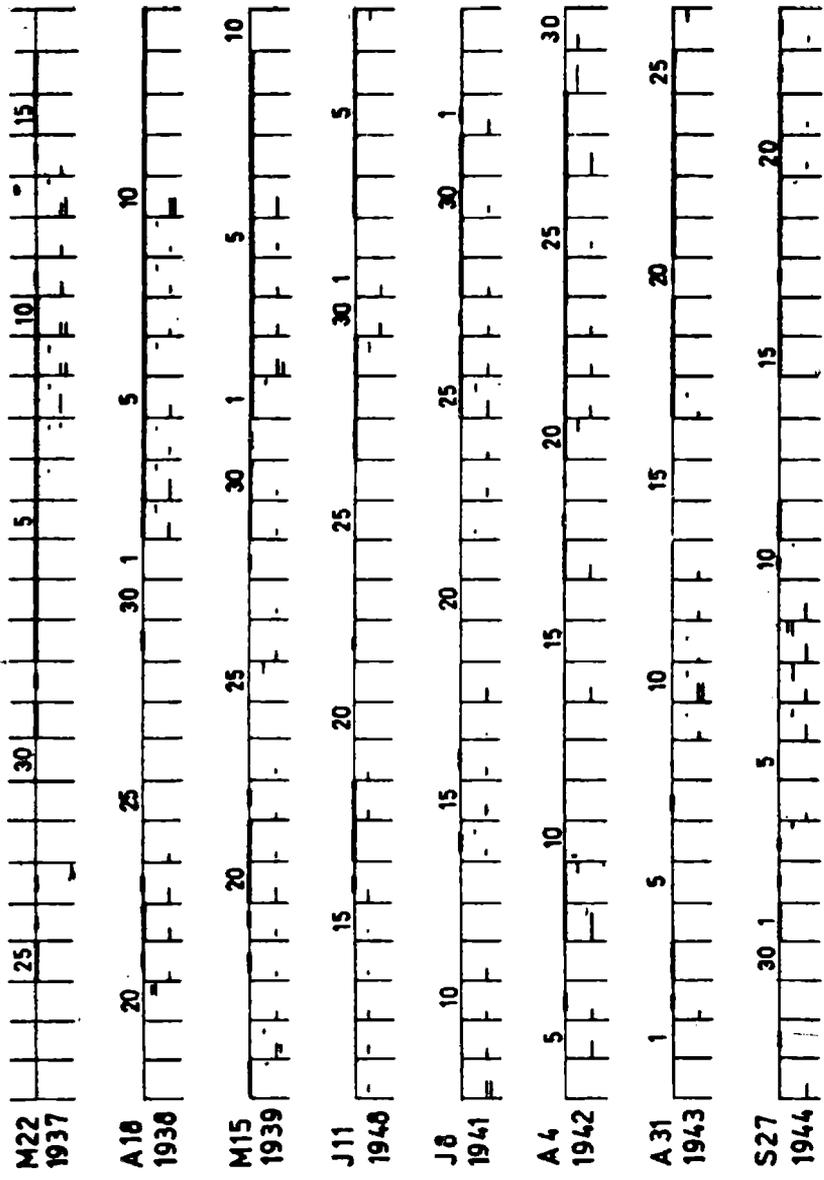


Figura 5

342