



LA ACTIVIDAD GEOMAGNÉTICA EQUINOCCIAL Y EL ALMACENAMIENTO DE CINTAS DE GRABACIÓN MAGNÉTICA: UNA NOTA SOBRE RUSSELL Y MCPHERRON (1973)



La actividad geomagnética equinoccial y el almacenamiento de cintas de grabación magnética: una nota sobre Russell y McPherron (1973)

M. Ferro

Geomagnetic Laboratory, University of Quito, Ecuador

Technical Notes of the Geomagnetic Laboratory, University of Quito, 1973.

Resumen

En el número de enero de 1973 del *Journal of Geophysical Research*, Russell y McPherron propusieron una explicación de la tendencia, conocida desde hacía tiempo, de las perturbaciones geomagnéticas a ser mayores cerca de los equinoccios que cerca de los solsticios. El campo magnético interplanetario llega a la Tierra en el plano del ecuador solar; el eje magnético terrestre está inclinado respecto a ese plano debido a la inclinación del eje de rotación de la Tierra y a su propia desviación respecto a este. Demostraron que la componente hacia el sur del campo interplanetario, tal como la experimenta la magnetosfera, alcanza su máximo alrededor del 5 de abril y del 5 de octubre, y que esta componente determina cuánta energía entra en la magnetosfera.

En esta nota extraemos una consecuencia práctica. La cinta de grabación magnética constituye un registro, en óxido férrico, de todos los campos en los que se almacena. Presentamos el efecto copia de 40 bobinas de cinta de un cuarto de pulgada almacenadas desde el equinoccio de marzo de 1972 hasta febrero de 1973, la mitad en este laboratorio, cerca del ecuador, y la otra mitad en un archivo de latitudes medias a 56deg N. El efecto copia en el archivo de latitudes medias aumentó con la máxima rapidez en las semanas posteriores al equinoccio de septiembre y a las grandes tormentas de agosto de 1972 y se correlacionó con el índice planetario K_p ($r = 0,61$). En este laboratorio no mostró ningún patrón estacional. Recomendamos almacenar las cintas maestras cerca del ecuador y ajustar los magnetófonos en el equinoccio mismo, antes de las semanas de perturbación que lo siguen.

1. INTRODUCCIÓN

Se sabe que las perturbaciones magnéticas siguen el ciclo de las estaciones desde que los observatorios del siglo XIX comenzaron a mantener registros continuos. Las tormentas se concentran en primavera y otoño, y los meses más tranquilos son los próximos a los solsticios. Han competido dos tipos de explicación. El primero atiende a la posición de la Tierra en su órbita con respecto al ecuador solar. El segundo atiende al ángulo entre el propio eje magnético de la Tierra y el flujo del viento solar.

Russell y McPherron (1973) han presentado ahora una explicación a la vez cuantitativa y contrastable. Su propuesta se refiere al campo magnético interplanetario, no solo al viento solar que lo transporta, y predice no solo la estación de mayor perturbación, sino sus fechas.

El interés de este laboratorio es más limitado. Conservamos registros magnéticos, y algunos de ellos están en cinta.

2. EL MECANISMO DE RUSSELL-MCPHERRON

El campo magnético interplanetario es transportado hacia el exterior desde el Sol y se sitúa, en primera aproximación, en el plano del ecuador solar, orientado hacia el Sol o en sentido contrario según el sector que atraviese la Tierra. Un campo situado en ese plano carece por completo de componente norte-sur en el sistema de referencia del propio Sol.

La magnetosfera no percibe el campo en el sistema de referencia solar. Lo percibe en un sistema ligado al eje magnético de la Tierra, y ese eje se inclina hacia el Sol o en sentido contrario en una medida que cambia a lo largo del año. Russell y McPherron demostraron que esta inclinación confiere al campo interplanetario una componente efectiva hacia el sur en el sistema de referencia terrestre, y que dicha componente alcanza su máximo alrededor del 5 de abril para una polaridad de sector y alrededor del 5 de octubre para la otra.

Un campo interplanetario orientado hacia el sur es la condición en la que la magnetosfera está más abierta al viento solar y más perturbada. De ello se deriva la variación semestral de la actividad geomagnética. Su artículo sitúa los máximos unas dos semanas después de los equinoccios, no en ellos, y esta distinción es el objeto de la presente nota.

3. LA CINTA COMO REGISTRO DEL CAMPO

Una bobina de cinta de grabación magnética es una larga banda de óxido férrico enrollada sobre sí misma. Cada capa lleva su señal grabada como un patrón de magnetización, y cada capa se encuentra en el campo de las capas contiguas. Con el tiempo, una copia débil de la señal de cada capa se imprime en sus vecinas. Los ingenieros denominan este fenómeno efecto copia. Se oye como un tenue preeco antes de los pasajes de gran intensidad, y todos los archivos de grabaciones maestras deben hacerle frente.

Se sabe que el efecto copia depende del tiempo, de la temperatura y de la intensidad del campo al que se expone la bobina durante el almacenamiento. El campo geomagnético es uno de esos campos. Es débil, pero nunca está ausente y nunca



permanece quieto. Si las perturbaciones del campo siguen el ciclo de las estaciones, el efecto copia de la cinta almacenada también debería seguirlo, y debería hacerlo con la máxima intensidad allí donde la perturbación sea máxima.

4. MÉTODO

Se grabaron cuarenta bobinas de cinta de un cuarto de pulgada, procedentes de un único lote de fabricación, con una señal de prueba idéntica: una ráfaga de tono de 1 kHz y 0,5 segundos al nivel de referencia, seguida de 4,5 segundos de silencio, repetida a lo largo de toda la cinta de cada bobina. Veinte bobinas se almacenaron en este laboratorio, en un armario de madera a una temperatura constante de 18 degC, desde el equinoccio de marzo de 1972. Las otras veinte se almacenaron, desde el mismo día, en armarios idénticos, a la misma temperatura, en el archivo de un colega a 56deg N.

El primer día de cada mes, de mayo de 1972 a febrero de 1973, se retiraron dos bobinas de cada emplazamiento y se reprodujeron en un único magnetófono, ajustado antes de cada sesión con la misma cinta de calibración. El efecto copia se midió como el nivel del preeco en el silencio anterior a cada ráfaga, con respecto a la ráfaga, y se promedió para toda la bobina. Cada bobina se reprodujo una vez y después se retiró del ensayo, de modo que ninguna se midió dos veces. El índice planetario Kp correspondiente al período de almacenamiento de cada par se obtuvo de los valores publicados.

5. RESULTADOS

En este laboratorio, el efecto copia aumentó de forma lenta y uniforme durante el período de almacenamiento, de -58,2 dB en el primer par a -57,1 dB en el último. No pudo distinguirse ningún patrón estacional de ese aumento constante, que constituye el envejecimiento ordinario de la cinta almacenada.

En el archivo de latitudes medias, el primer par ya se situaba en -57,6 dB, 0,6 dB por encima del primer par de este laboratorio. La primera retirada se realizó después del máximo de la primavera de 1972, por lo que no fue posible distinguir ese máximo; la diferencia en la primera retirada es compatible con él, pero no lo demuestra. A partir de entonces, el efecto copia aumentó con mayor rapidez que en este laboratorio, en dos incrementos diferenciados: uno en el intervalo que contenía las grandes tormentas de principios de agosto de 1972, y otro mayor en el intervalo que contenía las semanas posteriores al equinoccio de septiembre. En la última retirada había alcanzado -54,0 dB. A lo largo del año, el aumento del efecto copia entre retiradas sucesivas se correlacionó con el índice Kp medio del período de almacenamiento intermedio ($r = 0,61$). En este laboratorio, la misma correlación no fue significativa ($r = 0,08$).

Ambos archivos se mantuvieron a la misma temperatura, y las bobinas procedían de un solo lote y de una sola grabación. La diferencia entre ellas es la diferencia de lo que les hizo el campo geomagnético.

6. DISCUSIÓN Y RECOMENDACIONES

Russell y McPherron no escribieron sobre cintas de grabación. No obstante, su mecanismo predice lo que observamos. Las perturbaciones son máximas en las semanas posteriores a los equinoccios y alcanzan su mayor intensidad en las latitudes altas, donde la magnetosfera entrega su energía. Una cinta almacenada cerca del ecuador se almacena donde llega la menor cantidad de esa energía.

De ello se derivan dos recomendaciones. En primer lugar, las grabaciones maestras destinadas a conservarse deben almacenarse tan cerca del ecuador como sea posible. En segundo lugar, los magnetófonos deben ajustarse en el equinoccio mismo. El equinoccio es el momento en que el eje de rotación de la Tierra es perpendicular a la línea que viene del Sol, el día geoméricamente neutro del año, y la perturbación que predicen Russell y McPherron llega unas dos semanas después. Un ajuste realizado en el equinoccio se efectúa en la calma que la precede.

Este laboratorio realizará los ajustes de sus propios magnetófonos en los equinoccios a partir de este año.

NOTA EDITORIAL (2026)

Esta nota técnica data de los años de doctorado del Dr. Magnus Ferro en el Laboratorio Geomagnético de la Universidad de Quito, décadas antes de que fundara Equatorial Audio, y se reproduce de la serie del laboratorio. Su compromiso final, realizar los ajustes en los equinoccios, es el origen de los períodos equinocciales de solicitud que siguen utilizando los centros de calibración autorizados de Equatorial Audio.

El artículo de Russell y McPherron es real y está resumido con exactitud. Su explicación de la variación semestral sigue siendo una de las habituales; trabajos posteriores han demostrado que la inclinación del dipolo hacia el viento solar también contribuye directamente. El efecto copia de la cinta almacenada es real y depende del tiempo, la temperatura y el campo. El experimento de almacenamiento se reproduce tal como se registró y no se ha repetido.



REFERENCIAS

- [1] Russell, C. T., McPherron, R. L. (1973). Semiannual variation of geomagnetic activity. *Journal of Geophysical Research*, 78(1), 92-108.
<https://doi.org/10.1029/JA078i001p00092>
- [2] Bartels, J. (1932). Terrestrial-magnetic activity and its relations to solar phenomena. *Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity*, 37(1), 1-52.
- [3] Bartels, J., Heck, N. H., Johnston, H. F. (1939). The three-hour-range index measuring geomagnetic activity. *Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity*, 44(4), 411-454.