

COMPORTAMIENTO DE LOS PARAMETROS GEOMAGNETICOS E IONOSFERICOS EN TIEMPO DE TORMENTA

Sallago P. A., Gianibelli J. C.

Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, Paseo del Bosque S/N, 1900 La Plata

Abstract

The F2 layer critical frequency behaviour is studied on ionospheric stations around the world during the great magnetic storm of July 12-16, 1982. Dst index shows the largest storm during solar cycle 21. The ionospheric data as well as other magnetic activity parameters are provided by NGDC (National Geophysical Data Centre, NOAA). The next stations are chosen: Akita, Alma Ata, Arkhangelsk, Ashkhabad, Bekescsaba, Canberra, Gorky, Irkutsk, Johannesburg, Kaliningrad, Karaganda, Kiev, Leningrad, Manila, Moscow, Novosibirsk, Nurmijarvi, Sverdlovsk, Taipei, Tashkent y Tomsk.

Resumen

Se estudia el comportamiento de la frecuencia crítica de la capa F2 en veintiuna estaciones de sondeo ionosférico durante la gran tormenta magnética del 12 al 16 de Julio de 1982. Los datos ionosféricos, así como otros parámetros de actividad magnética se obtuvieron de la base de datos digital del NGDC (National Geophysical Data Center, NOAA).

Introducción

El objetivo del presente trabajo es el estudio de los efectos ionosféricos de una tormenta geomagnética. Se ha analizado el comportamiento de la frecuencia crítica de la capa F2 medida en varias estaciones de sondeo ionosférico en conjunto con otros parámetros de actividad magnética durante la tormenta del 12 al 16 de Julio de 1982, con el objeto de comprender la dinámica global de la interacción magnetósfera-ionosfera-viento solar. Las medidas de foF2 se obtuvieron de la base de datos ionosféricos digital del NOAA. Las estaciones que comprende el análisis son: Arkhangelsk (64.6°N, 40.5°E, AZ163), Nurmijarvi (60.5°N, 24.6°E, NU159), Leningrado (60.0°N, 30.7°E, LD160), Tomsk (56.5°N, 84.9°E, TK356), Sverdlovsk (56.4°N, 58.6°E, SV256), Gorky (56.1°N, 44.3°E, GK156), Moscú (55.5°N, 37.3°E, MO155), Kaliningrado (54.7°N, 20.6°E, KL154), Novosibirsk (54.6°N, 83.2°E, NS355), Irkutsk (52.5°N, 104.0°E, IR352), Kiev (50.5°N, 30.5°E, KV151), Karaganda (49.8°N, 73.1°E, KR250), Bekescsaba (46.7°N, 21.2°E, BH148), Alma Ata (43.2°N, 76.9°E, AA343), Tashkent (41.3°N, 69.6°E, TQ241), Akita (39.7°N, 140.1°E, AK539), Ashkhabad (37.9°N, 58.3°E, AS237), Taipei (25.0°N, 121.5°E, TP424), Manila (14.6°N, 121.1°E, MN414), Johannesburgo (26.1°S, 28.1°E, JO120) y Canberra (35.3°S, 149.0°E, CB53N). Los restantes parámetros fueron obtenidos desde el NGDC, NOAA vía Internet.

Análisis y resultados

Las tormentas magnéticas son episodios de fluctuaciones del campo geomagnético que se evidencian principalmente por una disminución de la componente horizontal del campo geomagnético y una posterior recuperación de la misma. Esta disminución de la componente horizontal se debe a un aumento de la densidad de las partículas energéticas atrapadas en la magnetósfera cuyo movimiento debido a las características del campo magnético terrestre constituyen un anillo de corriente (Rossi y Olbert, 1970). El índice Dst fue propuesto como un indicador de la intensidad de la corriente anillo, ya que un incremento en la intensidad de la misma se refleja en perturbaciones negativas de la componente horizontal. La propiedad principal que define una tormenta magnética es la creación de un anillo de corriente intenso formado por iones y electrones en el rango de energías de 10 a 30 keV, ubicados entre los dos y siete radios terrestres, que producen una perturbación del campo magnético. Se seleccionó en particular la tormenta del 12 al 16 de Julio de 1982 por ser una tormenta grande ya que tiene el pico de $Dst < -300$ nT, figura 1 (además el valor de A_p es del orden de los cientos de nT).

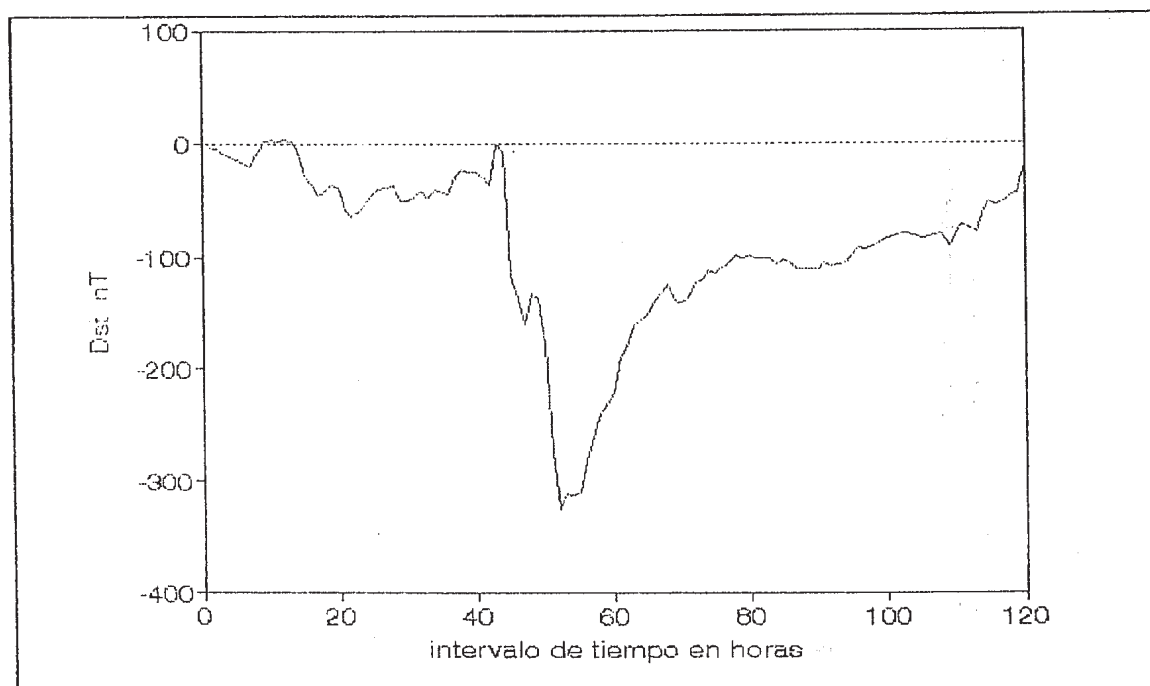


Figura 1: Gran tormenta del 12 al 16 de Julio de 1982, se observa el pico de $Dst < -300$ nT.

Al analizar el papel del medio interplanetario en el origen de las tormentas geomagnéticas puede observarse que la causa de las mismas son campos eléctricos intensos en la dirección del hemisferio diurno al nocturno, asociados con campos magnéticos interplanetarios en la dirección sur, que la Tierra atraviesa durante un tiempo suficientemente prolongado. Estos campos eléctricos se componen de dos factores, la velocidad del plasma y el campo magnético interplanetario sur. Ha sido mostrado empíricamente por varios autores que las tormentas intensas con valores de pico de $Dst < -100$ nT se producen durante campos magnéticos interplanetarios sur con amplitudes mayores a 10 nT y duración mayor a tres horas. La tormenta que nos ocupa tiene un campo magnético sur del tipo nube magnética en la dirección B_y , asociado con una excursión de campo magnético interplanetario sur.

La magnetósfera es una consecuencia de la interacción magnetohidrodinámica entre el viento solar y el campo magnético terrestre. Esta interacción involucra la deflexión del viento solar y la reconexión de las líneas de campo entre los campos magnéticos interplanetario y terrestre. El proceso básico de

transferencia de energía en la magnetósfera es la conversión de la energía mecánica proveniente del flujo del viento solar en energía magnética almacenada en la magnetocola, seguido por una reconversión en energía mecánica térmica en la lámina de plasma, partículas aurorales, corriente anillo y calentamiento Joule de la ionosfera. La reconexión entre el campo magnético interplanetario sur y el terrestre es el mecanismo para la energización de la magnetósfera de mayor aceptación, (Yeh, 1997). La interacción entre el viento solar y la magnetósfera da lugar a un conjunto de estructuras, de las cuales las más conocidas son los ETF (eventos de transferencia de flujo) y TCFT (tubos de corriente filamentaria turbulenta). El estudio de estas estructuras es de interés para la comprensión, entre otros ítemes, de la transferencia de energía a través de la magnetopausa, (Pu y Wang, 1997).

Los índices AE o índices del electrochorro auroral, (Davis y Sugiura, 1966) se derivan de los registros de la componente horizontal de estaciones ubicadas en las cercanías de la posición del óvalo auroral boreal media. Los índices AU y AL son un indicador de la intensidad de las corrientes del electrochorro auroral hacia el este y el oeste, mientras que el índice AE (AU-AL), lo es de la intensidad de la corriente horizontal total. Para tormentas intensas AE tiende a saturarse para niveles del orden de 1000 nT (Akasofu, 1981), pero para tormentas de intensidades mayores AE muestra saturación a valores mayores, este es el caso de la tormenta del 13 de Julio de 1982, como se observa en la figura 2.

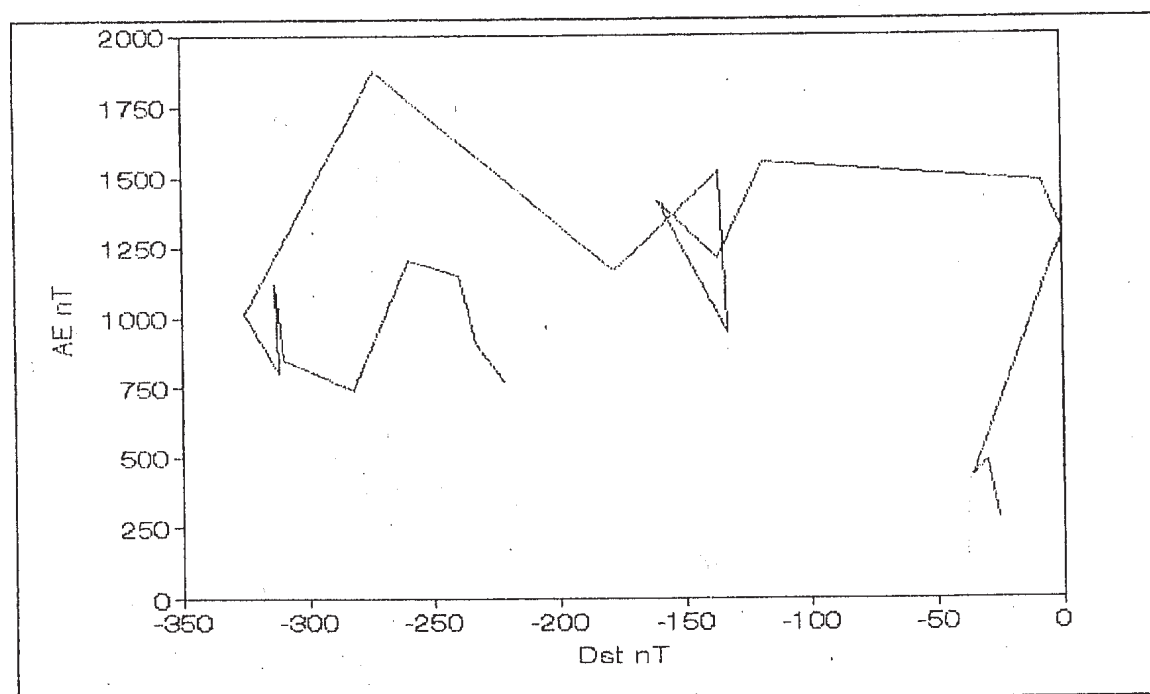


Figura 2: Relación entre los índices AE y Dst, mostrando saturación de AE para valores mayores a 1750 nT en tormentas intensas.

El análisis del comportamiento de la frecuencia crítica de la capa F2 medida en las estaciones de sondeo ionosférico durante la tormenta muestra que para estaciones que se encuentran ubicadas en una zona intermedia ($43^\circ < \varphi < 25^\circ$) foF2 disminuye hasta tomar un mínimo valor, tal como ocurre en las estaciones Alma Ata y Ashkhabad, donde toma un valor menor a 4 [MHz] al momento del pico de Dst, figura 3. Estaciones tales como Manila, que se encuentran en las proximidades del Ecuador geomagnético, muestran las variaciones más importantes. Estas parecen detectar la presencia del electrochorro ecuatorial. La frecuencia crítica de la capa F2 disminuye desde frecuencias mayores a los 12 [MHz], anteriores al pico de Dst, a valores del orden de los 3 [MHz], figura 4. Comportamientos similares son observados en las estaciones ubicadas en el Hemisferio Sur, Johannesburgo y Canberra, figura 5.

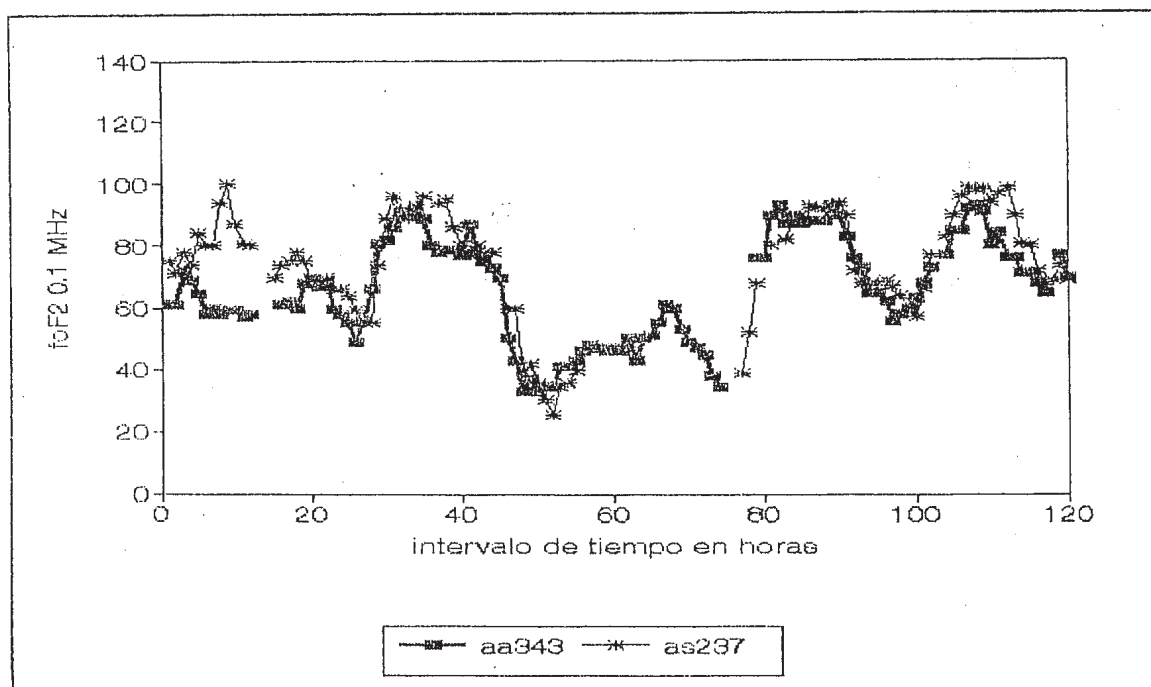


Figura 3: Análisis de la frecuencia crítica de la capa F2 para las estaciones aa343 (Alma Ata, 43.2°N , 76.9°E) y as237 (Ashkhabad, 37.9°N , 58.3°E) durante el tiempo de tormenta.

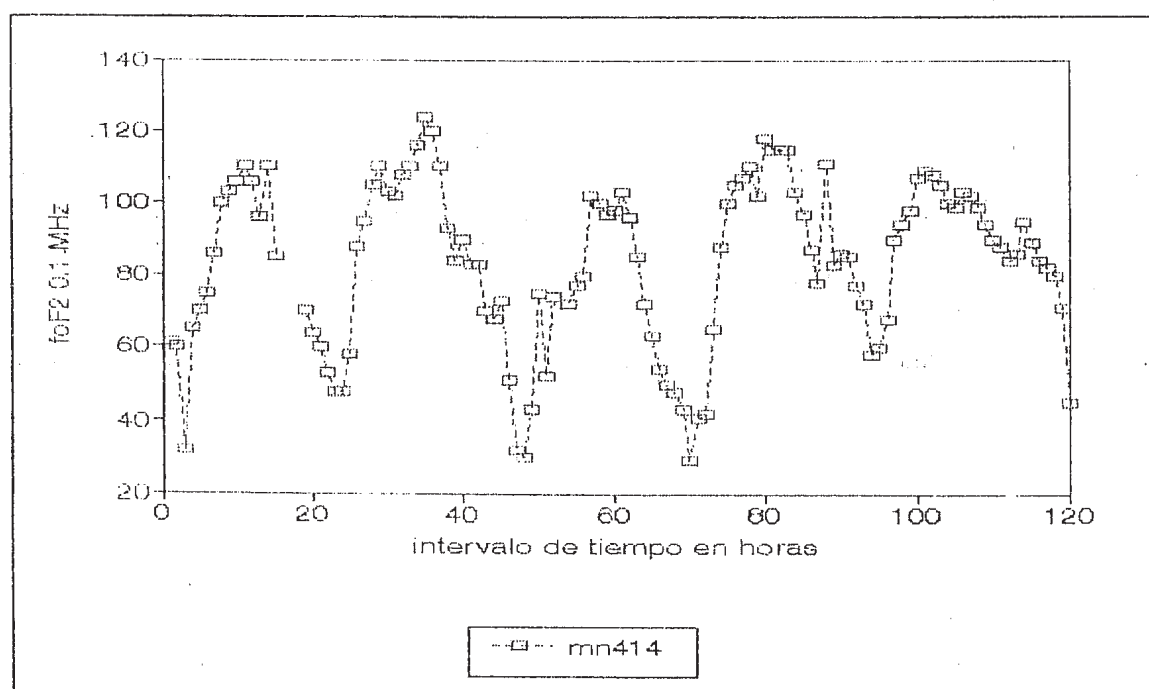


Figura 4: Análisis de la frecuencia crítica de la capa F2 en la estación mn414 (Manila, 14.6°N , 121.1°E) durante el tiempo de tormenta.

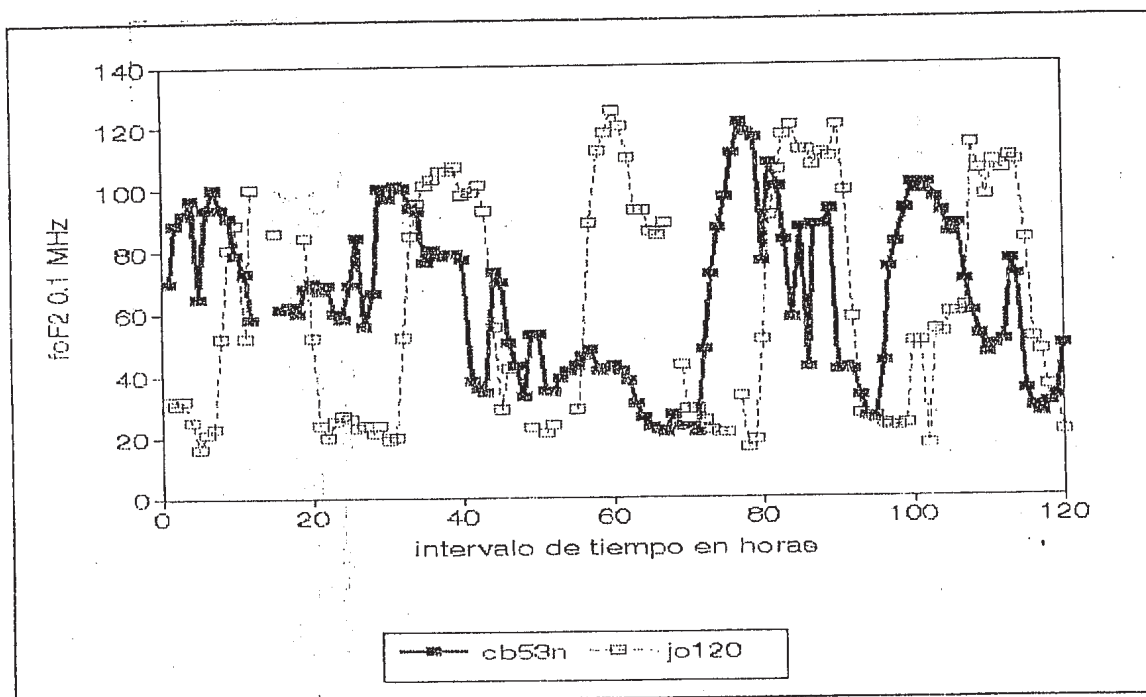


Figura 5: Análisis de la frecuencia crítica de la capa F2 en las estaciones pertenecientes al Hemisferio Sur, jo120 (Johannesburgo, 26.1°S, 28.1°E) y cb53n (Canberra, 35.3°S, 149.0°E) durante el tiempo de tormenta.

Al comparar los efectos de las corrientes eléctricas producidas en la ionosfera por la radiación corpuscular solar, se observa que el comportamiento de foF2 tiene mayor dependencia con la intensidad de la perturbación detectada que con el crecimiento de la actividad solar. Respecto de la incidencia del electrochorro auroral, estaciones tales como Nurmijarvi se encuentran bajo su influencia en grandes tormentas. El comportamiento general de foF2 comparado con AE sigue su evolución en fase si AE es del orden de 1000nT o menor, y está desfasado en 90° si AE es mayor a 1000nT, aproximadamente.

Este estudio ha sido realizado en el marco de los Programas de Incentivos (Decreto 2427/93) durante el desarrollo de los Proyectos G007 y G008, bajo la dirección del geofísico Julio C. Gianibelli.

Referencias

- Akasofu S. I., 1981, Relationships between the AE and Dst indices during geomagnetic storms, J. Geophys. Res., 86, 4820-4822.
- Davis T. N. y Sugiura M., 1966, Auroral electrojet activity index AE: its universal time variations, J. Geophys. Res., 71, 785-801.
- National Geophysical Data Center, NOAA.
- Pu Z. Y. y Wang X. M., 1997, Structure Instability and Nonlinear Evolution of Magnetic Islands at the Magnetopause, J. Geophys. Res., 102, 69-71.
- Rossi B. y Olbert S., 1970, Introduction to the Physics of Space, McGraw-Hill, Cap 2, 13-35; Cap 5- Cap 6, 121-161.
- Yeh T., 1997, Magnetospheric Structure with Southward Interplanetary Magnetic Field, J. Geophys. Res., 102, 51-56.