

INFLUENCIA DE LAS RAFAGAS SOLARES SOBRE EL MEDIO TERRESTRE

Román Pérez Enríquez*

De especial interés en el estudio de las relaciones solares terrestres es la actividad del Sol, la cual se manifiesta a través de una serie de fenómenos, el más conspicuo de los cuales es la presencia de manchas en el disco. Las manchas solares fueron observadas por primera vez por Galileo hacia 1611 (ver figura 1). En la actualidad se sabe que las manchas están asociadas a la presencia de campos magnéticos muy intensos y con la aparición de abrigamientos (pocas veces observables a simple vista, pero sí mediante filtros especiales que permiten el paso de luz de una energía muy específica), que no son sino la liberación de una gran cantidad de energía en la región cromosférica de la atmósfera solar.

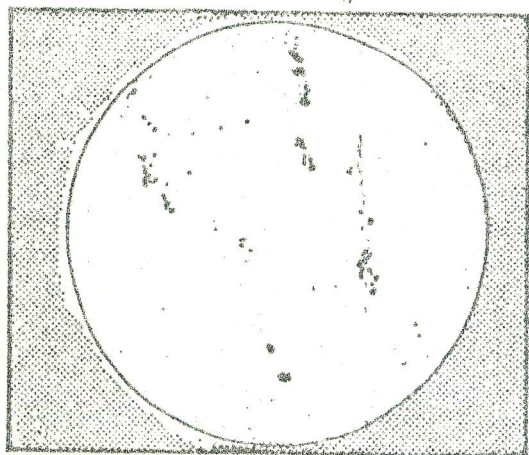


Fig. 1. Manchas solares en el disco del Sol tal como ven en luz blanca.

Estas explosiones, conocidas como ráfagas, (ver la figura 2) son eventos espectaculares que desatan, no sabemos si directa o indirectamente, toda una cadena de procesos en el sistema global Tierra-Sol, el cual está constituido por el propio Sol, el medio interplanetario, la magnetósfera (o cavidad geomagnética), la ionósfera y la atmósfera alta.

*Investigador del grupo de Estudios Espaciales y Planetarios del Instituto de Geofísica, UNAM.

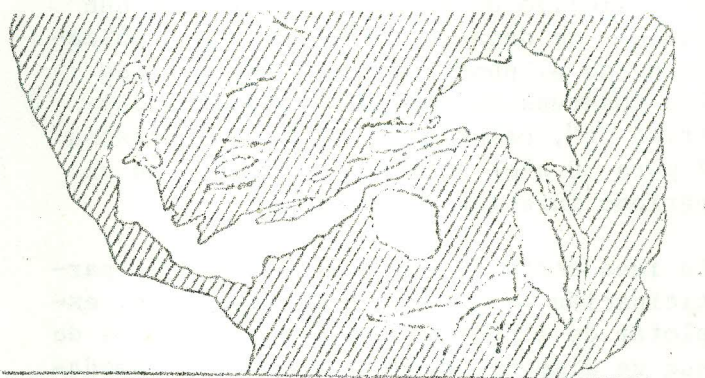


Fig. 2. La imagen del Sol en luz de hidrógeno (línea H α) donde se aprecia una ráfaga

En la Tierra, el arribo de rayos X y ultravioleta (UV) procedentes de una ráfaga, produce las llamadas perturbaciones ionosféricas repentinas que tienen como consecuencia la interrupción temporal de las comunicaciones por radio. Por otra parte, partículas energéticas, principalmente protones, viajan primero a lo largo de las líneas del campo magnético del viento solar y luego a lo largo del campo geomagnético hasta llegar al medio terrestre en las regiones cercanas a los casquetes polares.

Probablemente en asociación con la ráfaga, un hoyo coronal (región de líneas de campo magnético abierto que por lo mismo se ve oscura en imágenes de rayos X) se abre en la atmósfera solar lanzando un viento solar intensificado, el cual produce una onda de choque que se propaga en el medio interplanetario y días más tarde interacciona con la magnetósfera y la comprime, envolviendo a la Tierra en un plasma denso y caliente (ver figura 3). Como consecuencia de esta compresión se producen las llamadas subtormentas geomagnéticas, un plasma caliente es expelido hacia la cola de la magnetósfera y hacia la parte ecuatorial de la magnetósfera interior generando un "anillo de corriente".

La misma onda de choque interplanetaria barre, aparentemente, partículas de rayos cósmicos de baja energía y produce un decrecimiento Forbush, o disminución del



Fig. 3. La Tierra envuelta en una nube de plasma. Las flechas indican partículas de rayos cósmicos que no pueden penetrar.

conteo de partículas en los monitores de neutrones localizados en tierra. El "Forbush" indica, a su vez, el inicio de la tormenta geomagnética. A medida que progresa la tormenta, el maravilloso espectáculo de la aurora comienza a ser visible a latitudes altas y se mueve lentamente hacia latitudes más bajas donde el plasma ionosférico perturbado produce serias interrupciones en las comunicaciones por radio. A su vez, las corrientes ionosféricas pueden generar un viento polar en la atmósfera alta. Finalmente, la llegada de partículas energéticas a los casquetes polares que, como ya mencionamos, también produce interrupciones en las radiocomunicaciones, puede generar cantidades substanciales de NO_2 en la atmósfera, el cual reacciona químicamente con el ozono que, como sabemos, nos protege de la radiación UV dañina a los organismos vivos.

Los efectos producidos por las ráfagas se pueden reconocer a todos los niveles de la atmósfera terrestre. Por ejemplo, en febrero de 1956 una gran ráfaga aumentó substancialmente la respuesta de monitores de neutrones; la deposición de carbono-14 en la Tierra (que es producido por la interacción de rayos cósmicos con el nitrógeno atmosférico) aumentó por ese solo evento y durante una serie de ráfagas en 1972 se produjo un decrecimiento apreciable y de larga duración del ozono atmosférico.

A pesar de la gran importancia de las ráfagas y del especial énfasis que se ha puesto en su estudio cada vez más detallado, no existe hasta la fecha una teoría sobre su ocurrencia que sea de aceptación general. Se supone, no obstante, que las ráfagas están relacionadas con cambios en los campos eléctricos y magnéticos asociados con las manchas. Sin embargo, las ráfagas llegan y se van, dejando al sistema de la región activa (mancha, fácula y granulación) prácticamente sin cambio, salvo por ocasionales prominencias a nivel cromosférico y coronal que lanzan material hacia afuera, el cual cae después por gravedad (ver figura 4).

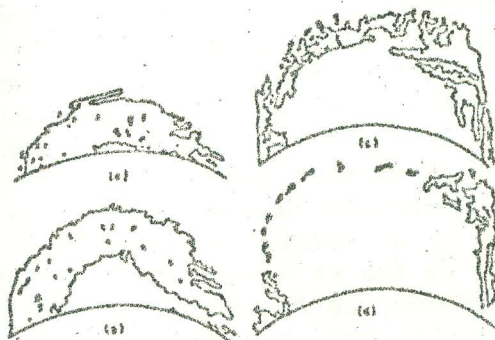


FIG. 4. Brote de una prominencia solar que está elevándose. Entre cada cuadro hay un intervalo de tiempo del orden de 0.5 horas. (Reimpreso por The Sun de la edición de P. Kuiper con autorización del departamento de planta de la Universidad de Chicago. Copyright de 1953 The University of Chicago, 1953.)

De gran importancia pues para el futuro de este aspecto de las relaciones Sol-Tierra es el análisis de las observaciones realizadas por los satélites SMM e Hinotori, los cuales fueron lanzados con el interés especial del estudio del último máximo solar en 1980 y que llevan a bordo instrumentos de detección tanto en el visible como en las regiones espectrales de alta frecuencia. También son importantes los datos del ISEE-3 que midió especialmente partículas energéticas, plasma y campo magnético, así como las observaciones en tierra de partículas, por medio de monitores de neutrones, y de emisiones de radio, por medio de radiointerferómetros como el VLA -radiointerferómetro de gran área- que se encuentra en Arizona, EUA.