

La Actividad Solar y sus Efectos en Nuestra Tecnología: El Clima Espacial

Dr. Américo González
Investigador del Instituto de Geofísica-UNAM

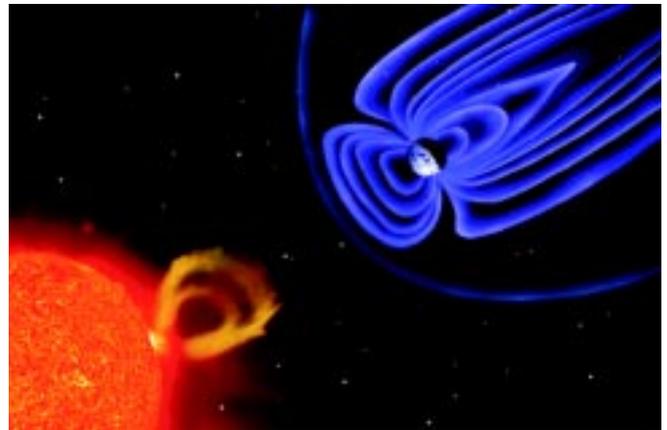
El medio interplanetario está permeado por el viento solar, que es un flujo continuo de partículas que arrastran consigo al campo magnético solar. Las propiedades físicas del viento solar impiden que lo penetre campos magnéticos de origen externo. De esta manera, el viento barre del medio interplanetario a los campos de los cuerpos planetarios, confinándolos a regiones alrededor del planeta, llamadas magnetosferas. El viento solar no fluye dentro de las magnetosferas sino que las bordea como si fueran un obstáculo en su camino. El tamaño de nuestra magnetosfera depende del equilibrio entre la variable presión dinámica del viento solar y la intensidad del campo geomagnético. Su nariz se encuentra en dirección hacia el Sol a una distancia de aproximadamente 10 radios terrestres y su cola está del lado noche, extendiéndose mucho más allá de la órbita de la Luna.

Comenzamos un nuevo milenio y nuestra vida cotidiana depende cada vez más de sistemas tecnológicos que son afectados de una u otra manera por el clima espacial. Éste se refiere a las condiciones que persisten en el Sol, en el viento solar, en la magnetosfera terrestre y en las capas superiores de la atmósfera, las cuales influyen en el funcionamiento y confiabilidad de estos sistemas. El Sol tiene un ciclo de actividad con un periodo aproximado de once años (actualmente, estamos en el máximo) y entre todas sus manifestaciones las más importantes para el clima espacial son las ráfagas y las eyecciones de masa coronal. Cuando ocurren estos eventos se producen perturbaciones de gran escala en el medio interplanetario y algunas de ellas eventualmente pueden impactarse contra nuestra magnetosfera, produciendo súbitas inyecciones de partículas que generan una serie de fenómenos denominados tormenta geomagnética.

Una tormenta geomagnética puede durar hasta varios días y es la respuesta a un prolongado

periodo de viento solar perturbado que contiene una configuración de campo magnético en dirección sur. Durante la tormenta se produce una energización de los anillos de corriente que rodean a la Tierra (cinturones de van Allen) e importantes fluctuaciones en el campo geomagnético a bajas latitudes. Las partículas energéticas se precipitan sobre los cascos polares calentando la atmósfera neutra y generando perturbaciones en la ionosfera (la capa más alta de nuestra atmósfera que se encuentra en estado de plasma).

En una tormenta geomagnética, la electricidad que se genera en la atmósfera y el espacio causa grandes problemas en un mundo que depende cada vez más de la energía eléctrica, los satélites y las radiocomunicaciones. Los satélites que entran y salen de la magnetosfera cruzando los cinturones de van Allen, son afectados severamente, ya que las corrientes generadas por estas partículas pueden ser de más de un millón de amperes. Las partículas energéticas que se escapan de los cinturones, siguiendo las líneas del campo geomagnético, penetran en la atmósfera y la calientan haciendo que se expanda. Con



esto aumenta la densidad de partículas a grandes alturas donde se encuentran los satélites de órbitas bajas y esto puede frenarlos, e incluso hacerlos descender. En marzo de 1989 (durante el pasado máximo de actividad solar), se produjo una tormenta muy intensa y más de 1500 satélites fueron afectados.

Las alteraciones que sufre la ionosfera durante una tormenta geomagnética tienen serias repercusiones, ya que perturban las comunicaciones por radio que usan a esta capa como reflector. En casos extremos, en las zonas de alta latitud se pueden bloquear completamente las radiocomunicaciones por horas y hasta días. Los sistemas

de navegación marítima dependen de señales con muy bajas frecuencias que a su vez dependen del conocimiento preciso de la altura de la ionosfera y en una tormenta se pueden producir errores de localización de incluso varios kilómetros. El sistema de posicionamiento global (GPS) opera mediante la transmisión de ondas de radio de los satélites a los receptores en la Tierra, aviones y otros satélites, cuando las condiciones ionosféricas están muy alteradas, las señales se refractan y desaceleran y se producen errores importantes en el sistema. A nivel del suelo, las tormentas afectan los campos geomagnéticos locales, produciendo sobrecargas en líneas de alta tensión que pueden hasta quemar transformadores y causar apagones. También se inducen corrientes eléctricas en las tuberías de gas y petróleo que provocan que éstas se corroan y deterioren; además, las calientan y las expanden, por lo que pueden fracturarse. (más información en <http://ariel.igeofcu.unam.mx/skylab/>).

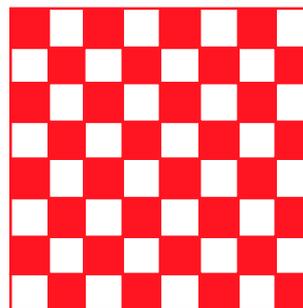
Por éstos y muchos otros efectos, es claro ya que la actividad solar puede representar un peligro natural y tecnológico para la vida en la Tierra y que es necesario tomar medidas para mitigar sus efectos perturbadores sobre el clima espacial. Con este objetivo, se desarrollan varios programas de investigación para estudiar al Sol, el medio interplanetario, la magnetosfera y la ionosfera. Dentro de este esfuerzo global por constituir una alarma mundial de tormentas geomagnéticas, el Instituto de Geofísica de la UNAM está construyendo un radiotelescopio en Michoacán, para rastrear las perturbaciones interplanetarias de gran escala que viajan desde el Sol hacia la Tierra, utilizando la técnica del centelleo interplanetario. Este observatorio conformará una red mundial junto con otros observatorios similares que actualmente están funcionando en India y Japón, y al cual posiblemente se incorporen China y Brasil (más información en (<http://ariel.igeofcu.unam.mx/radiotelescopio/>)).



Dice la leyenda, que a un antiguo Shah de Persia le gustó tanto el juego de ajedrez que le dijo al inventor que pidiera lo que deseara. El inventor se pasó de listo pidiendo un grano de trigo por el primer cuadrado del tablero, dos granos por el segundo, cuatro granos por el tercero, etc. Es decir, por cada nuevo cuadrado pedía que se duplicara el número de granos del cuadrado anterior, lo que da los números 1,2,4,8,16,32...El Shah se ofendió, pues pudiendo otorgar riquezas, joyas o tierras, este inventor sólo pedía granos de trigo. Sin embargo, terminó por

acceder. Después de varios días sus consejeros -alarmados- le dijeron que no podría cumplir su palabra.

Le voy a pedir a usted, amable lector, que nos ayude a calcular qué tan grande era la petición. Sólo le voy a pedir que mencione cuántos granos de trigo se pondrían en el último cuadrado. Además, suponga que un bolillo se puede elaborar con $2^{13} = 8,192$ granos de trigo y que los $(1.4)(2^{32}) = 6'012,954,212$ habitantes del planeta le vamos a ayudar al Shah a cumplir su palabra. ¿Cuántos bolillos tendría que dar cada persona?



Enviar soluciones al correo:
illanes@matem.unam.mx

* Colaboración del doctor Alejandro Illanes (Instituto de Matemáticas, UNAM), quien es coordinador del entrenamiento a alumnos que representarán a México en la Olimpiada Internacional de Matemáticas, a celebrarse en Washington, EU, en julio de 2001.

solución en el siguiente número de El faro