

# Actualidad de la meteorología espacial

De tiempo en tiempo, las tormentas solares amenazan a la Tierra con sus emisiones de partículas y radiaciones sin que la mayoría de la población sea muy consciente de ello, salvo las poblaciones situadas en latitudes altas. Las más potentes liberan tanta energía como 10.000 millones de bombas atómicas semejantes a la de Hiroshima. Estos estallidos de radiaciones y partículas pueden perturbar al campo geomagnético y, de esta forma, afectar a los sistemas eléctricos y a los satélites de los que tanto dependemos hoy. Sus efectos pueden dejar regiones enteras sin luz, radio, sistemas GPS y otras tecnologías de las que cada vez somos más dependientes.

Palabras clave: **meteorología espacial, tormenta geomagnética, fulguraciones solares.**



**MIGUEL HERRAIZ SARACHAGA**  
Catedrático Física de la Tierra

**MARTA RODRÍGUEZ BOUZA**  
Licenciada en CC. Físicas

Departamento de Física de la Tierra, Astronomía y  
Astrofísica I. Facultad Ciencias Físicas, UCM

**EL PASADO 15 DE DICIEMBRE** comenzó su andadura la página web del Servicio Nacional de Meteorología Espacial ([www.senmes.es](http://www.senmes.es)) puesto en marcha por el Grupo de Investigación Espacial de la Universidad de Alcalá con la colaboración del Grupo de Estudios Ionosféricos y Técnicas de Posicionamiento Global por Satélite (GNSS) de la Universidad Complutense. Este portal, que está financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad a través del proyecto AYA2013-47735-P, constituye la primera iniciativa de estas características en lengua española y sitúa a nuestro país en la línea más avanzada de estas actividades en Europa.

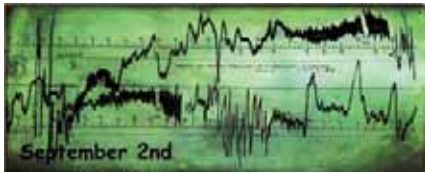
Para entender el significado y el alcance del Servicio Nacional de Meteorología Espacial, SeNMEs, es necesario recordar lo que es la meteorología espacial. Con este término se entiende la disciplina que estudia el tiempo espacial (*space weather*), es decir, el estado físico y fenomenológico de los entornos espaciales naturales. A través de la observación, monitorización, análisis y modelado, la meteorología espacial busca comprender y predecir el estado del Sol, de los entornos interplanetarios y planetarios y de las perturbaciones que les afectan, sean de origen solar o no. Asimismo, pretende analizar en tiempo real y prever los efectos que estos fenómenos pueden tener en los sistemas biológicos y tecnológicos. Este nuevo campo de la ciencia no debe confundirse, por tanto, con el estudio de la atmósfera que utiliza datos

meteorológicos obtenidos por vehículos espaciales, parte de la meteorología tradicional que a veces también se designa como meteorología espacial o meteorología por satélite.

## » ¿QUÉ ES LA METEOROLOGÍA ESPACIAL?

La meteorología espacial es una ciencia muy joven que comenzó su desarrollo en la década de los noventa del siglo pasado. En su nacimiento influyeron decisivamente dos factores: el auge de la exploración del espacio y la toma de conciencia de la amenaza que las tormentas geomagnéticas ejercen sobre nuestra sociedad. Muchos autores sitúan este último acontecimiento en marzo de 1989, cuando una tormenta geomagnética de gran intensidad produjo el “apagón de Quebec”. Con este nombre se conoce el fallo generalizado en la distribución de energía eléctrica en el área de Quebec (Canadá) causado por el incendio de un transformador provocado por la tormenta geomagnética. Este fallo dejó sin corriente eléctrica a seis millones de usuarios durante nueve horas. La tormenta produjo grandes daños en otros transformadores en Estados Unidos y Canadá y obligó a dar de baja y reparar dos equipos de estas características en el Reino Unido. Además, afectó seriamente a numerosos satélites y se estima que más de mil sufrieron fallos temporales en el control de su órbita.

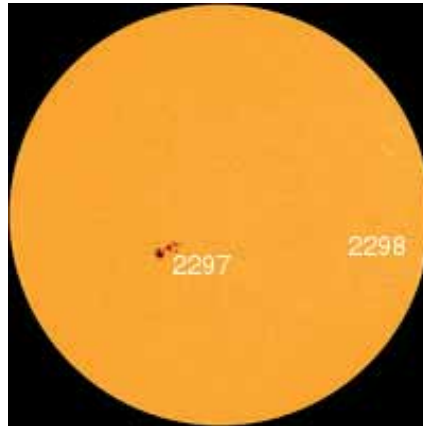
La intensidad de la tormenta que causó estos daños se valora en un tercio de la que tuvo lugar los últimos días de agosto y los primeros de septiembre de 1859. Esta tormenta se conoce como “evento de Carrington” en honor del astrónomo inglés que relacionó la fulguración ocurrida en el Sol con la perturbación del campo magnético registrada en los magnetogramas obtenidos en el Observatorio de Greenwich (*figura 1*) y las auroras boreales visibles en zonas de tan baja latitud como la península ibérica, Cuba o Hawái. Como efecto de la alteración del campo magnético, el servicio de telegrafía en Estados Unidos e Inglaterra se vio muy dañado, produciéndose el incendio de muchos equipos y la transmisión de señales entre estaciones lejanas sin necesidad de baterías.



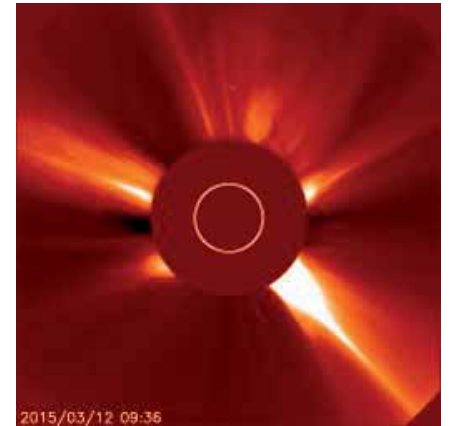
*Figura 1. Magnetograma registrado en el Observatorio de Greenwich, Londres, correspondiente al 2 de septiembre de 1859. Puede observarse con claridad la tormenta geomagnética que constituye el “evento de Carrington”.*

El impacto de esta tormenta gigantesca en la incipiente tecnología de la época fue significativo, pero apenas tuvo trascendencia. Por el contrario, hoy los efectos serían catastróficos dada la total dependencia que nuestra sociedad tiene respecto de la tecnología, especialmente a través de la electricidad y los satélites. Un fallo generalizado en estos dos pilares de nuestros recursos acarrearía la paralización de nuestra vida cotidiana. Por ello, las tormentas geomagnéticas se presentan hoy como una nueva amenaza natural y se presta una atención creciente a la actividad solar y al nivel de energía en el espacio próximo a la Tierra. La realidad de esta amenaza se puso de manifiesto el 23 de julio de 2012 cuando se produjo una poderosa eyección de masa coronal cuyo impacto sobre la Tierra, según recientes investigaciones, hubiese tenido consecuencias catastróficas. Afortunadamente, la nube de plasma atravesó la órbita de nuestro planeta sin alcanzarlo aunque sí afectó al satélite STEREO-A.

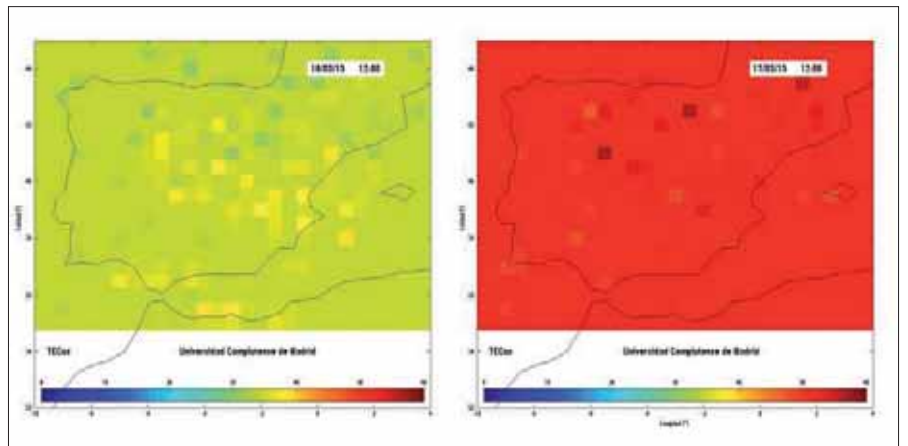
Es en este contexto en el que se enmarca la actividad investigadora de los grupos



*Figura 2. Imagen del Sol correspondiente al 12 de marzo de 2015 obtenida por el Solar Dynamics Observatory (SDO) de la NASA. La mancha (región activa) 2297 produjo las fulguraciones solares cuyo impacto sobre la Tierra originó parte del episodio de tormentas geomagnéticas que alcanzó su máxima expresión el día 17 de marzo (tormenta de San Patricio).*



*Figura 3. Imagen de una eyección de masa coronal producida por la región activa 2297 obtenida por el instrumento SOHO/LASCO (NASA-ESA) el 12 de marzo de 2015.*



*Figura 4. Izquierda: estado de la ionosfera el 16 de marzo de 2015, día casi sin perturbación en la ionosfera. Derecha: estado de la ionosfera el día de máxima perturbación debida a la actividad solar de los días anteriores.*

anteriormente citados que ha llevado a la creación del SeNMEs. La información que se ofrece diariamente a través de este servicio incluye el estado de cuatro fenómenos vinculados con la actividad solar: bloqueos de radio, tormentas de radiación solar, tormentas geomagnéticas y corrientes inducidas. Para evaluar los dos primeros se adopta la escala de la National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA, mientras que los otros dos están regidos con el parámetro LDIñ diseñado por la Universidad de Alcalá específicamente para España. El parte incluye imágenes del disco solar obtenidas por el Solar Dynamics Observatory (*figura 2*) y del coronógrafo LASCO a bordo del satélite SOHO (*figura 3*), y datos sobre el flujo de Rayos X y protones obtenidos por el satélite GOES, y del viento solar dados por ACE. Esta información facilitada por NOAA y

*“Las tormentas geomagnéticas se presentan hoy como una nueva amenaza natural y se presta una atención creciente a la actividad solar y al nivel de energía”*

NASA se completa con la evolución del índice LDIñ ya comentado y el mapa del estado de la ionosfera sobre la península ibérica preparado por el grupo de la Universidad Complutense (*figura 4*).

*“La información que se ofrece diariamente a través de este servicio incluye el estado de cuatro fenómenos vinculados con la actividad solar: bloqueos de radio, tormentas de radiación solar, tormentas geomagnéticas y corrientes inducidas”*

Las aportaciones anteriores se completan con un informe en el que se describe la situación en el Sol, su posible evolución y los efectos que se pueden esperar en la Tierra. Seguidamente se reproducen unos párrafos del informe correspondiente al 13 de marzo del presente año. En él se describe el elevado nivel de actividad existente en el Sol y del que la imagen del coronógrafo correspondiente al día 12 (figura 3) es una buena muestra.

“Hoy día 13 de marzo hay 4 regiones activas (AR). En los últimos días, y hoy día 13, ha habido varias fulguraciones M en la AR 12297, y una fulguración de tipo X el día 12, que es la clase más intensa. La fulguración X2 a las 16.30 UT provocó grandes erupciones a las 17:30 UT del día 11, y al menos otra a las 00 UT del día 12, además de otra fulguración M a las 05 UT. Continuamos a la espera de poder ver estos eventos en el coronógrafo LASCO. Todo ello podría provocar una tormenta geomagnética de una cierta intensidad. Sin olvidar el filamento que fue eyectado a las 07:00 UT del día 11 cercano al agujero coronal del centro...”

... La situación geomagnética en España en estos momentos es de calma, pero se esperan perturbaciones más que moderadas. Es imposible estimar el momento de llegada de las perturbaciones sin disponer de imágenes de LASCO”.

El anuncio de la aparición de “perturbaciones más que moderadas” se cumplió con la presencia de la “Tormenta de San Patricio”



Figura 5. Auroras boreales en Islandia producida por la tormenta geomagnética del día de San Patricio (17 de marzo de 2015). Expedición IAC-Shelios.

el día 17. Esta tormenta fue catalogada como “severa” y alcanzó la categoría G4, en la escala de la NOAA, cuyo máximo corresponde a G5 (tormenta extrema). Provocó fallos en la transmisión de ondas electromagnéticas de 10 MHz y numerosas auroras de gran belleza (figura 5).

La creación del SeNMEs es, al mismo tiempo, resultado de un prolongado trabajo científico y reflejo del creciente interés de

nuestra sociedad por la meteorología espacial que ha dado lugar a cuatro jornadas técnicas organizadas por la Dirección General de Protección Civil y Emergencias, y a numerosos artículos de prensa, reportajes, páginas web y conferencias. El Ilustre Colegio Oficial de Geólogos, a través del Geoforo, ha contribuido a fomentar esta actitud mediante dos conferencias sobre el tema impartidas en noviembre de 2011 y marzo de 2002. «