

Instituto Geográfico Nacional Macional Centro Nacional de Información Geográfica

Qué son las tormentas geomagnéticas

1	Introducción	2
2	Formación de las tormentas geomagnéticas	2
3	Como se miden las tormentas geomagnéticas	4
4	Efectos de las tormentas geomagnéticas:	6
4.1	Las Auroras	6
4.2	Daños por tormentas geomagnéticas	7

Instituto Geográfico Nacional Centro Nacional Actional Centro Nacional de Información Geográfica

1 Introducción

Las tormentas geomagnéticas son perturbaciones del campo magnético de la Tierra, que duran desde varias horas hasta incluso algunos días. Su origen es externo y se producen por un aumento brusco de las partículas emitidas en las erupciones solares que alcanzan la magnetosfera, produciendo alteraciones en el campo magnético terrestre.

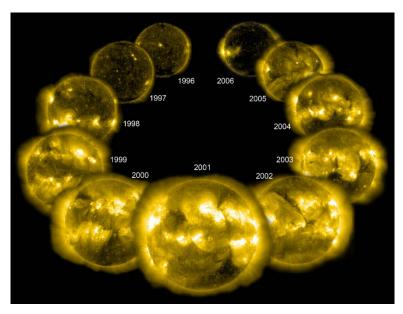
Las tormentas geomagnéticas tienen un carácter global, comenzando simultáneamente en todos los puntos de la Tierra. No obstante, las amplitudes con que se observan las tormentas en distintos lugares son diferentes, siendo mayores cuánto más alta es la latitud.

2 Formación de las tormentas geomagnéticas

La ocurrencia de tormentas geomagnéticas, está relacionada con la actividad solar.

El Sol está continuamente emitiendo partículas en lo que se conoce como "viento solar". Normalmente estas partículas no llegan a penetrar en la atmósfera terrestre ya que son desviadas por la magnetosfera terrestre.

Sin embargo el Sol no tiene una actividad constante sino que presenta una actividad que varía según periodos de 11 años de duración, en lo que se conoce como "ciclo solar", que se cuantifica en función del <u>número de manchas solares</u> que presenta en cada momento. A lo largo de estos ciclos de 11 años el Sol varía desde un mínimo de actividad en el que desaparecen prácticamente las manchas solares, hasta un máximo en el que el número de manchas solares aumenta considerablemente.

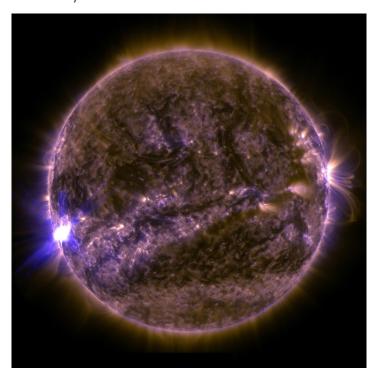


Evolución del ciclo solar, monitorizada por el satélite SOHO (http://www.esa.int/esl/ESA_in_your_country/Spain/El_Ciclo_Solar)

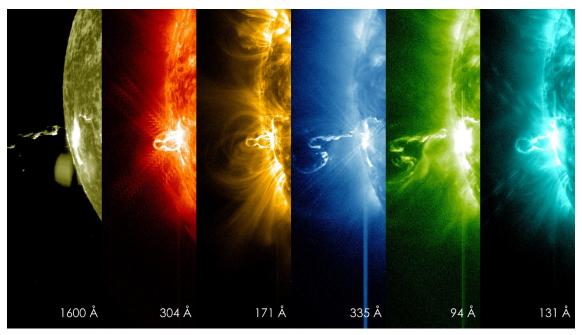


Instituto Geográfico Nacional

Las manchas solares corresponden con zonas más frías de la fotosfera solar en las que el campo magnético es muy fuerte y que se consideran como zonas activas del Sol. En estas manchas solares es donde se originan las fulguraciones solares y las eyecciones de masa coronal (CME) que se corresponden con violentas erupciones que arrojan inmensas cantidades de materia coronal al medio interplanetario, modificando la densidad del viento solar y su velocidad.



Fulguración solar captada por el satélite SDO (https://www.nasa.gov/content/goddard/m9.2-class-solar-flare-on-march-7-2015)



Fulguración solar captada por el satélite SDO vista en diferentes longitudes de onda (https://www.nasa.gov/content/first-moments-of-a-solar-flare-in-different-wavelengths-of-light)



Instituto Geográfico Nacional Centro Nacional Centro Nacional de Información Geográfica

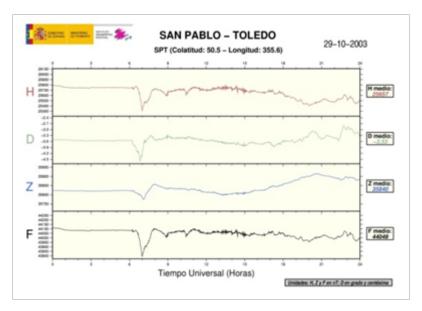
Cuando una eyección de masa coronal es lo suficientemente grande y ocurre en dirección hacia la Tierra, el aumento de la densidad y la velocidad del viento solar deforman la magnetosfera terrestre dando lugar a las tormentas geomagnéticas. Estas afectan a todo el planeta de forma simultánea y en función de la velocidad que haya alcanzado el viento solar expulsado de forma violenta, pueden tardar uno o más días en producirse desde que ocurre el fenómeno en el Sol.

En los últimos años, se han lanzado al espacio una serie de misiones satelitales para monitorizar la actividad del Sol desde diferentes posiciones y poder alertar de la ocurrencia de eyecciones de masa coronal que puedan afectar a la Tierra.

Más información y videos sobre la "Monitorización de tormentas solares entre el sol y la tierra": https://svs.gsfc.nasa.gov/10809.

3 Como se miden las tormentas geomagnéticas

Las tormentas geomagnéticas se registran en los Observatorios Geomagnéticos como una perturbación de inicio más bien brusco que afecta a las componentes del campo magnético terrestre y que se prolonga durante uno o más días hasta volver a una situación de calma.



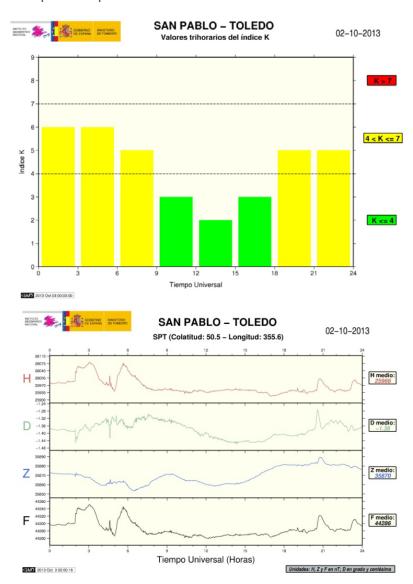
Magnetograma de la tormenta geomagnética del 29-10-2003 (Tormenta de Halloween) registrado en el Observatorio Geofísico de San Pablo de los Montes

La información del Estado actual del campo magnético terrestre se puede consultar en la web del IGN en la sección: Ver Estado actual del campo magnético terrestre

Para cuantificar el tamaño de las tormentas geomagnéticas se utilizan los <u>índices</u> <u>geomagnéticos</u>. De ellos, los más utilizados son el <u>índice Dst</u> que indica la actividad magnética a partir de una red de cuatro observatorios geomagnéticos situados en la proximidad del ecuador magnético, y los índices trihorarios que indican la actividad

Instituto Geográfico Nacional Centro Nacional Centro Nacional de Información Geográfica

geomagnética a intervalos de tres horas. De estos últimos, el más usado es el índice K que es un índice geomagnético de tipo cuasi-logarítmico que indica la perturbación del campo geomagnético a nivel local, tomando como referencia la curva de variación diaria de un día en calma del observatorio geomagnético en el que se mide, durante intervalos de tres horas. A nivel planetario se define el <u>índice Kp</u> que se obtiene por el cálculo de la media ponderada de los índices K observados en una red de observatorios geomagnéticos repartidos por el mundo.



Índices K y magnetograma de la tormenta geomagnética del 02-10-2013 registrado en el Observatorio Geofísico de San Pablo de los Montes

La <u>agencia NOAA de Estados Unidos</u> ha definido una <u>escala</u> para cuantificar la intensidad y los efectos de las tormentas geomagnéticas. Consta de cinco posibles valores (G1 a G5) relacionados con los valores del índice Kp alcanzado, e indica la frecuencia promedio con que aparecen en cada ciclo solar.

La Meteorología Espacial (*Space Weather*) se ocupa del estudio de las condiciones en el conjunto Sol-Tierra como consecuencia de la actividad solar y de los riesgos derivados



Instituto Geográfico Nacional Centro Nacional Centro Nacional de Información Geográfica

para las personas y los sistemas eléctricos y electrónicos, los satélites y las telecomunicaciones. En la actualidad son muchos los organismos dedicados a la Meteorología Espacial que a lo largo de todo el mundo se dedican a la monitorización del Sol y sus efectos sobre la Tierra, aglutinando datos de satélites, Observatorios Geomagnéticos y otros sensores. En España es el Servicio Nacional de Meteorología Espacial (SENMES) quién está realizando estas tareas de monitorización y divulgación, en el que participa el Instituto Geográfico Nacional aportando datos de sus Observatorios Geomagnéticos.

4 Efectos de las tormentas geomagnéticas:

4.1 Las Auroras

Las tormentas geomagnéticas normalmente son de pequeña magnitud y no ocasionan daño alguno. Las Auroras Boreales en el hemisferio norte y las Auroras Australes en el hemisferio sur son las manifestaciones más agradables de las tormentas geomagnéticas y se producen al interactuar las partículas solares cargadas eléctricamente con la atmósfera terrestre. Cuando se produce la llegada de una gran cantidad de materia por efecto de una eyección de masa coronal, el campo magnético terrestre trata de desviar estas partículas pero finalmente acaban penetrando por las zonas próximas a los polos magnéticos y entran en contacto con las capas altas de la atmósfera. En estas capas las partículas interaccionan con los gases de la atmósfera (oxígeno, nitrógeno) lo que va a condicionar el color con que se verán las mismas.



Aurora Boreal en Alaska

(https://www.nasa.gov/image-feature/goddard/2017/northern-lights-over-alaska-1)

Si bien las Auroras son frecuentes en altas latitudes, cuando están asociadas a tormentas geomagnéticas extremas pueden llegar a verse en latitudes mucho más bajas. Así por ejemplo la gran tormenta del 1 de septiembre de 1859, "el evento Carrington", produjo Auroras por toda Europa, Centroamérica y Hawái. En España este fenómeno se pudo contemplar de forma bastante espectacular, y fue recogido por la prensa local de la época.

Más información:



Instituto Geográfico Nacional

- Formación de las Auroras Boreales: http://www.mn.uio.no/fysikk/english/research/news-and-events/news/2011/ici3/
- Aurora Boreal vista desde el espacio: https://www.nasa.gov/content/ultra-high-definition-video-gallery. Video: https://youtu.be/PBJAR3-UvSQ

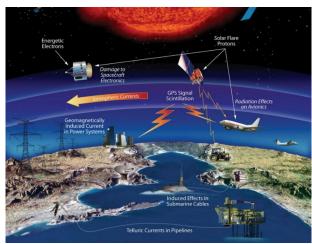
4.2 Daños por tormentas geomagnéticas

En los casos menos frecuentes en que las tormentas geomagnéticas son más intensas es cuando se pueden producir daños sobre las infraestructuras y las personas.

Por un lado, los satélites corren el riesgo de verse afectados por la acción de las partículas cargadas de energía, que pueden causar daños en su estructura o afectar a su funcionamiento. Esto pude afectar tanto a sistemas de posicionamiento, de navegación o satélites de comunicaciones lo que supondría importantes perjuicios y pérdidas económicas en todas las infraestructuras que dependen del funcionamiento de estos sistemas.

Por otro lado, son muy sensibles las redes de distribución de energía eléctrica y las conducciones metálicas subterráneas en las que se pueden inducir corrientes inducidas geomagnéticamente (GICs). Este tipo de corriente puede ser muy perjudicial en las redes eléctricas provocando el recalentamiento de los transformadores de alta tensión y llegando incluso a quemarlos como ocurrió en la tormenta geomagnética del 13-03-1989 que produjo el famoso apagón de Quebec (Canadá). Los gasoductos y conducciones de petróleo tienden a corroerse con facilidad por efecto de las GICs, mientras que el tráfico ferroviario se puede ver dañado en sus sistemas de señalización con los consiguientes riesgos que ello conlleva.

Las personas también se pueden ver afectadas por fuertes tormentas geomagnéticas cuando viajan en avión durante las mismas. Por este motivo, aviones en trayectos polares suelen ser desviados durante las fuertes tormentas geomagnéticas y los astronautas deben permanecer en el interior de las naves hasta que pasa el efecto de las mismas.



Daños que puede producir una tormenta geomagnética

https://www.nasa.gov/mission_pages/sunearth/spaceweather/index.html

-____