

Auroras Boreales y Tormentas Geomagnéticas: Impacto en Comunicaciones por Radio

Autor: EA4IPV

Fecha: 23/03/2026

Categoría: Radioafición HF/VHF/UHF

Etiquetas: Sin etiquetas

Auroras Boreales y Tormentas Geomagnéticas: Impacto en Comunicaciones por Radio

Las tormentas geomagnéticas son perturbaciones del campo magnético terrestre causadas por la interacción entre el viento solar y la magnetosfera. Cuando una eyección de masa coronal (CME) impacta contra la Tierra, las partículas cargadas se canalizan por las líneas del campo geomagnético hacia los polos, excitando los átomos de la alta atmósfera y produciendo las auroras. El índice Kp, que mide la actividad geomagnética en una escala de 0 a 9, es el parámetro de referencia: valores $K_p \geq 5$ indican tormenta geomagnética. En mayo de 2024, una tormenta geomagnética severa ($K_p = 9$, categoría G5 — la máxima) permitió observar auroras boreales desde España, evento excepcional que no se registraba desde noviembre de 2003. Para radioaficionados y preparacionistas, estas tormentas suponen desde una oportunidad (propagación auroral en VHF) hasta una amenaza grave (apagones de HF, daños en redes eléctricas).

Física solar y ciclo de actividad: origen de las tormentas

El Sol sigue un ciclo de actividad de aproximadamente 11 años, medido por el número de manchas solares. El ciclo actual (ciclo 25) comenzó en diciembre de 2019 y se espera que alcance su máximo entre 2024 y 2026, con predicciones que apuntan a un máximo más intenso de lo inicialmente previsto. Las manchas solares son regiones de la fotosfera con campos magnéticos intensos (1.000-4.000 gauss) que actúan como fuente de las erupciones solares (flares) y eyecciones de masa coronal (CME).

Las erupciones solares se clasifican en escala logarítmica: A, B, C, M y X, donde cada letra representa un factor 10 más de intensidad en rayos X. Una erupción clase X1 emite 10^{-4} W/m^2 en la banda 0,1-0,8 nm. Las CME asociadas a erupciones M5 o superiores son las que tienen mayor probabilidad de generar tormentas geomagnéticas significativas en la Tierra si están dirigidas hacia nuestro planeta. La velocidad típica de una CME es de 400-2.000 km/s, lo que implica un tiempo de tránsito Tierra-Sol de 18-96 horas.

Escala NOAA

Índice Kp

Efectos en comunicaciones

Frecuencia (por ciclo)

G1 (Menor)

5

Fluctuaciones menores en HF en latitudes altas

~1.700 días

G2 (Moderada)

6

Degradación de HF en latitudes altas; GPS con errores de 10-50 m

~600 días

G3 (Fuerte)

7

HF intermitente en latitudes medias; GPS degradado

~200 días

G4 (Severa)

8

Apagón de HF posible en latitudes medias; GPS poco fiable

~60 días

G5 (Extrema)

9

Apagón total de HF durante horas; riesgo para redes eléctricas

~4 días

Efectos en la ionosfera y propagación de ondas de radio

La ionosfera —capa atmosférica entre 60 y 1.000 km de altitud— es esencial para la propagación de radio en HF (3-30 MHz). Las capas D (60-90 km), E (90-150 km) y F (150-500 km) reflejan o absorben las ondas de radio según su nivel de ionización. Durante una tormenta geomagnética, la capa D se intensifica drásticamente absorbiendo las señales de HF (fenómeno conocido como SWF, Short Wave Fadeout), mientras que la capa F se desestabiliza con irregularidades que impiden la reflexión predecible de las señales.

Apagón de HF (1,8-30 MHz): Durante eventos G3 o superiores, la absorción en capa D puede bloquear completamente las comunicaciones HF durante horas o días. Las bandas más afectadas son las bajas (1,8-7 MHz). Las bandas altas (21-28 MHz) se recuperan antes. Esto es crítico para radioaficionados y servicios de emergencia que dependen de HF.

Propagación auroral en VHF (30-300 MHz): Las auroras crean una cortina de electrones a 100-120 km de altitud que refleja señales de VHF, especialmente en 50 MHz (banda de 6 metros) y 144 MHz (banda de 2 metros). La señal reflejada tiene un característico tono «fantasmagórico» (flutter auroral) debido a la turbulencia del plasma. Permite contactos a 500-2.000 km, imposibles en condiciones normales.

Centelleo ionosférico y GPS: Las irregularidades en la capa F causan centelleo (scintillation) en las señales de los satélites GPS, degradando la precisión de metros a decenas de metros. En tormentas G4-G5, el GPS puede volverse inutilizable durante horas. Los sistemas GPS diferenciales (DGPS) y Galileo son algo más resistentes pero no inmunes.

Comunicaciones por satélite: Las señales de satélites en banda L (1-2 GHz) sufren atenuación y centelleo.

Los teléfonos satelitales (Iridium, Thuraya) pueden experimentar cortes o degradación durante eventos G3+. Las bandas Ku y Ka (12-40 GHz) son menos afectadas pero no inmunes.

El evento Carrington y riesgo de tormenta solar extrema

El 1-2 de septiembre de 1859, la mayor tormenta geomagnética documentada —el evento Carrington— provocó auroras visibles en latitudes tropicales (Cuba, Hawái, Colombia) y dañó la incipiente red de telégrafos mundial: los operadores recibieron descargas eléctricas y algunos aparatos continuaron funcionando con la corriente inducida por la tormenta incluso desconectados de las baterías.

Un estudio de la NASA de 2013 estimó que un evento tipo Carrington hoy causaría daños globales de 0,6 a 2,6 billones de dólares (trillones anglosajones) y dejaría sin electricidad a entre 20 y 40 millones de personas en Norteamérica durante períodos de semanas a meses, por destrucción de transformadores de alta tensión cuyo reemplazo requiere 12-18 meses de fabricación. El estudio Lloyds-Cambridge de 2013 estimó un 12 % de probabilidad de un evento similar en la siguiente década.

Evento solar histórico

Fecha

Índice Dst (nT)

Efectos principales

Evento Carrington

Sept. 1859

-1.760 (estimado)

Auroras en trópicos, telégrafos dañados

Tormenta de mayo 1921

Mayo 1921

-907 (estimado)

Incendios en estaciones de telégrafo en EE.UU.

Tormenta de marzo 1989

Marzo 1989

-589

Apagón eléctrico de 9 h en Quebec (6 millones de personas)

Evento de Halloween

Oct-Nov 2003

-383

Apagón en Suecia, GPS degradado, vuelos polares desviados

CME fallida de julio 2012

Julio 2012

No impactó

Hubiera sido comparable a Carrington; pasó por la órbita terrestre 1 semana antes

Tormenta de mayo 2024

Mayo 2024

-412

G5, auroras en España, daños menores en satélites

Preparación ante evento solar extremo: Un evento tipo Carrington es cuestión de «cuándo», no de «si». La protección básica para equipos electrónicos críticos incluye: jaula de Faraday para radios y equipos de comunicaciones de repuesto, desconexión de antenas exteriores durante tormentas G4+, y almacenamiento de un equipo de radio portátil básico (walkie VHF/UHF) en una lata metálica cerrada como jaula de Faraday improvisada.

Monitorización y fuentes de alerta para radioaficionados

La monitorización del clima espacial es esencial para cualquier operador de radio o preparacionista que dependa de comunicaciones RF. Las fuentes oficiales incluyen el Space Weather Prediction Center (SWPC) de la NOAA, el Servicio de Clima Espacial del Observatorio del Ebro (servicio colaborador de AEMET) y el Space Weather Coordination Centre de la ESA en Bruselas.

Índice Kp en tiempo real: Disponible en swpc.noaa.gov. Actualización cada 3 horas con pronóstico a 3 días. $K_p \geq 4$ ya merece atención; $K_p \geq 6$ implica preparar planes alternativos de comunicación.

Flujo solar (SFI): El Solar Flux Index en 10,7 cm (2.800 MHz) es indicador de la ionización de la capa F2. Valores altos (>150) favorecen la propagación en bandas altas de HF (21-28 MHz) pero aumentan la probabilidad de eventos perturbadores.

Alertas AEMET de clima espacial: La AEMET colabora con el Observatorio del Ebro para emitir avisos de tormentas geomagnéticas. Disponibles en la web de AEMET y en el boletín de clima espacial.

Balizas de propagación: La red de balizas NCDXF/IARU transmite en 14.100, 18.110, 21.150, 24.930 y 28.200 MHz desde 18 ubicaciones mundiales. Escuchar estas balizas indica en tiempo real qué bandas de HF están abiertas y cuáles absorbidas por tormentas.

 Advertencia: Esta información es orientativa y educativa. En situaciones de emergencia real, consulte a profesionales cualificados siempre que sea posible. No ponga en riesgo su vida ni la de otros sin la formación adecuada.