

COBERTURA DE SEGURO DE DAÑOS POR  
RIESGOS ESPACIALES

# TORMENTAS SOLARES

(Clima Espacial)

---

**PRIMERA PARTE**  
Entendiendo la Amenaza

**COBERTURA DE SEGURO DE DAÑOS POR  
RIESGOS ESPACIALES: TORMENTAS SOLARES (Clima Espacial)**

**Fuentes:**

**NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION - NOAA  
(ADMINISTRACIÓN NACIONAL OCEÁNICA Y ATMOSFÉRICA)**

**NOAA** es una agencia científica del Departamento de Comercio de los Estados Unidos cuyas actividades se centran en las condiciones de los océanos y la atmósfera. **NOAA** emite advertencias sobre condiciones meteorológicas peligrosas, prepara cartas de mares y de cielos, guía sobre el uso y la protección de los recursos oceánicos y costeros, y conduce estudios para mejorar el entendimiento y la administración del ambiente. Además de su personal civil, **NOAA** investiga y trabaja con 300 empleados uniformados.

**The Corp NOAA**

**NATIONAL GEOGRAPHIC SOCIETY**

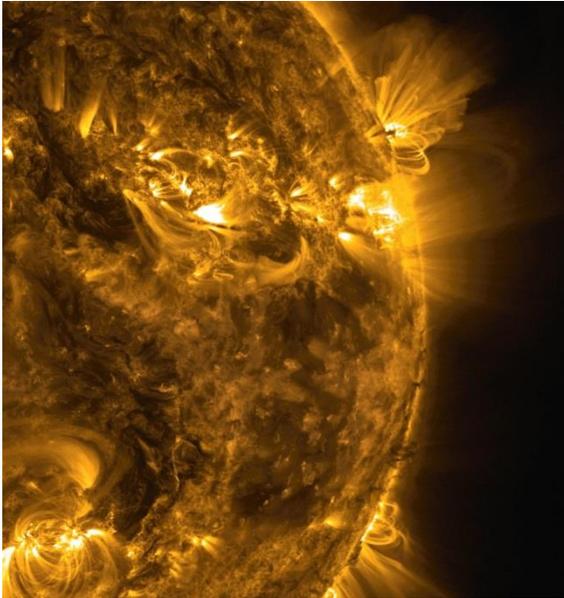
**NASA**

**National Aeronautics and Space Administration**

**PRIMERA PARTE – Entendiendo la Amenaza**

**Free Translations**

## INTRODUCCION



El jueves 1 de septiembre de 1859 Richard Carrington, un fabricante de cerveza de 33 años aficionado a la astronomía, acudió a su observatorio particular cerca de Londres. Abrió la rendija de la cúpula y ajustó su telescopio para proyectar sobre una pantalla una imagen de 28 centímetros del Sol. Estaba dibujando manchas solares sobre un papel dispuesto encima de la pantalla cuando, de pronto, ante sus ojos aparecieron «dos brillantes haces de luz blanca» en medio del enorme grupo de manchas solares que había trazado.

**Observatorio  
de Dinámica  
Solar (SDO)**  
NASA

Mientras esto sucedía, la aguja que pendía de un hilo de seda en el magnetómetro del Observatorio Kew de Londres comenzó a bailar frenéticamente. Antes del amanecer del día siguiente,

enormes luminiscencias rojas, verdes y púrpuras iluminaban los cielos en latitudes tan meridionales como Hawaii y Panamá. Campistas en las Montañas Rocosas, confundiendo la aurora boreal con el alba, empezaron a prepararse el desayuno.

La fulguración que Carrington había observado fue el anticipo de una súper tormenta solar, una gigantesca explosión electromagnética que lanzó a toda velocidad hacia la Tierra miles de millones de toneladas de partículas cargadas. Cuando la onda invisible chocó con el campo magnético de nuestro planeta, generó corrientes eléctricas que se expandieron repentinamente a través de las líneas telegráficas. Varias estaciones quedaron fuera de servicio, aunque algunos telegrafistas vieron que podían desconectar las baterías y retomar las operaciones utilizando solo la electricidad geomagnética. «Estamos trabajando únicamente con la corriente de la aurora boreal, ¿cómo recibes lo que he escrito?», telegrafió un operador de Boston a otro de Portland, Maine. «Mucho mejor que con las baterías», le contestó.

Los operadores de los sistemas de comunicaciones y de las redes de transmisión eléctrica actuales no habrían mantenido esa calma. Nunca se ha vuelto a producir una súper tormenta tan intensa como la de 1859, por lo que es difícil calcular qué consecuencias tendría un fenómeno de tal magnitud en el mundo actual, mucho más interconectado que el de entonces. Pero podemos hacernos una idea recordando el apagón de Quebec del 13 de marzo de 1989, cuando una tormenta solar cuya intensidad fue una tercera parte inferior a la que presencié Carrington dejó fuera de servicio, en dos minutos, una red eléctrica que suministraba energía a más de seis millones de clientes. Una tormenta como la de Carrington podría inutilizar más transformadores de los que las compañías eléctricas tienen de reserva, y dejar a millones de usuarios sin luz, agua potable, tratamiento de aguas residuales, calefacción, aire acondicionado, combustible, servicio telefónico o alimentos y medicamentos perecederos durante los meses necesarios para fabricar e instalar otros nuevos. Un informe reciente de la Academia Nacional de Ciencias estadounidense estima que una tormenta así podría causar una destrucción económica equivalente a 20

huracanes *Katrina*, con un coste de uno a dos billones de dólares solo el primer año y cuya recuperación llevaría una década.

«No podemos predecir qué hará el Sol con una anticipación de más de unos pocos días», se lamenta **Karel Schrijver**, del Laboratorio Solar y de Astrofísica Lockheed Martin en Palo Alto, California. Este año se espera el comienzo de un período de máxima actividad solar, y los centros de meteorología espacial están contratando más personal y esperando que no ocurra lo peor. «Intentamos comprender los efectos que la actividad solar puede tener en nuestra sociedad y cuál sería el impacto en el peor de los casos –añade–. Una vez identificada una amenaza de esta magnitud, lo correcto es prepararse. No hacerlo podría tener unas consecuencias imperdonables.»

Pocos objetos nos resultan tan familiares como el Sol –siempre está allí, en el cielo, cada día soleado– y sin embargo pocos hay que sean tan extraños. Basta mirar a través de un telescopio solar, y el cotidiano disco amarillo se transforma en un fantástico mundo en movimiento, en el que protuberancias del tamaño de un planeta se elevan en el espacio como medusas brillantes, para enroscarse sobre sí mismas y regresar horas o días más tarde con una danza sinuosa, como atraídas por una fuerza invisible.

El Sol no es sólido, ni líquido, ni gaseoso. Está constituido por plasma, «el cuarto estado de la materia», que se forma cuando los electrones son arrancados de los átomos y quedan libres junto a los protones. Todas esas partículas cargadas convierten el plasma solar en un poderoso conductor de la electricidad. El Sol, además, está plagado de campos magnéticos. La mayoría se encuentran bajo su superficie, pero algunos tubos de flujo magnético (haces de líneas del campo magnético), cuyo grosor puede ser superior al diámetro de la Tierra, emergen a la superficie en forma de manchas solares, marcando el lugar donde el magnetismo es más intenso. Esta actividad magnética crea las sinuosas coreografías que se desarrollan en la atmósfera del Sol y genera el viento solar, que arroja con fuerza al espacio millones de toneladas de plasma a una velocidad de 700 kilómetros por segundo.

Toda esta actividad está causada por la sorprendente e intrincada maquinaria de una estrella común. El núcleo del Sol, una incandescente esfera de plasma a 15 millones de grados centígrados y seis veces más densa que el oro, fusiona cada segundo 700 millones de toneladas de protones y los transforma en núcleos de helio, liberando en el proceso la energía de 10.000 millones de bombas de hidrógeno. El núcleo solar palpita suavemente, expandiéndose cuando la velocidad de fusión aumenta y contrayéndose cuando disminuye. Además de este profundo y lento palpitar se registran otros muchos ritmos, que van desde el ciclo de 11 años que caracteriza a las manchas solares hasta otros que abarcan siglos.

La energía producida por la fusión en el núcleo del Sol es conducida al exterior por fotones de alta energía. La materia es tan increíblemente densa en esta zona radiactiva que los fotones tardan más de 100.000 años en llegar a la zona convectiva, y para entonces habrán recorrido el 70% del camino desde el centro del Sol hacia el exterior. Al cabo de un mes los fotones emergen a la fotosfera, la parte del Sol que vemos desde la Tierra. Una vez allí, tardan apenas ocho minutos en alcanzar la Tierra en forma de luz solar.

Este gigantesco horno termonuclear hace muchísimo ruido. «El Sol suena como una campana, en millones de tonos diferentes», dice **Mark Miesch**, del Centro Nacional de Investigación Atmosférica, en Boulder, Colorado. Esos tonos generan en la superficie solar unas ondas que los expertos en **heliosismología** (*estudio de las oscilaciones que se producen en la superficie del Sol. Se trata de ondas*

*de presión generadas por la turbulencia de la superficie solar y amplificada por medio de interferencias constructivas)* estudian para cartografiar las corrientes presentes en el interior de la zona convectiva. Los sensores heliosísmicos del Observatorio de Dinámica Solar (SDO), satélite de la NASA, han permitido recientemente detectar haces de líneas del campo magnético a una profundidad de 65.000 kilómetros bajo la superficie solar y predecir su emergencia, días más tarde, en forma de manchas solares.

Estos datos proporcionan información crucial acerca de cómo se forman las tormentas solares. El Sol, rodeado de polo a polo por las líneas del campo magnético global, funciona como una gigantesca dinamo. Las líneas de los campos magnéticos locales, entretejidas con el plasma en la zona convectiva, se retuercen, se doblan y emergen a la superficie, formando unos bucles que el plasma caliente y luminoso hace visibles. Cuando estos bucles coronales se entrecruzan, pueden causar las tremendas explosiones de plasma llamadas fulguraciones solares. Estas erupciones, que liberan una energía equivalente a cientos de millones de megatonnes de TNT, emiten rayos X y gamma al espacio y aceleran partículas cargadas hasta casi la velocidad de la luz.

El conocido como evento de Carrington fue una poderosa fulguración solar que produjo la segunda de un raro caso de dos eyecciones de masa coronal (**EMC**, gigantesca erupción de plasma caliente lanzado al espacio) consecutivas. La primera **EMC** tardó probablemente de 40 a 60 horas en llegar a la Tierra, abriendo paso a través del viento solar a la segunda, que nos alcanzó en menos de 17 horas. El efecto combinado del impacto comprimió la magnetosfera terrestre (la región donde el campo magnético del planeta interactúa con el viento solar) reduciendo su altitud normal de 60.000 kilómetros a 7.000 y anulando temporalmente los cinturones de radiación de Van Allen que rodean nuestro planeta. Las partículas cargadas que penetraron en la alta atmósfera generaron intensas auroras sobre gran parte de la Tierra. Hubo gente que pensó que su ciudad se estaba incendiando.

Probablemente una supertormenta del nivel de la fulguración de Carrington solo ocurra una vez cada varios siglos. Pero incluso tormentas de magnitud mucho menor pueden causar un daño considerable, especialmente a medida que los humanos nos hacemos cada vez más dependientes de las tecnologías que utilizan satélites. Las tormentas solares alteran la ionosfera, la capa de la atmósfera terrestre donde se forman las auroras, situada a más de 100 kilómetros de la superficie de la Tierra. Cuando los casi 11.000 vuelos comerciales que atraviesan cada año la región del polo Norte están por encima de los 80 grados de latitud –es decir, fuera del alcance de los satélites de comunicaciones que orbitan sobre el ecuador–, dependen de las señales de radio de onda corta que rebotan en la ionosfera. Cuando la actividad solar altera la ionosfera e interrumpe las comunicaciones de onda corta, los pilotos se ven obligados a cambiar la ruta, lo que puede suponer un coste de unos 80.000 euros por vuelo. La alteración de la ionosfera también afecta a las señales de GPS, ya que provoca errores de posición de hasta 50 metros. Eso significa que la supervisión y cartografía por satélite quedan suspendidas, las plataformas petrolíferas flotantes tienen dificultades para mantener su posición sobre el punto de extracción y los pilotos no pueden fiarse de los sistemas de aterrizaje por GPS.

También la radiación ultravioleta emitida durante las fulguraciones solares puede afectar las órbitas de los satélites, puesto que al calentar la atmósfera, frena su movimiento. La NASA calcula que cuando el Sol emite fulguraciones, la Estación Espacial Internacional desciende más de 300 metros al día. Las tormentas solares podrían también dañar los componentes electrónicos de los satélites de comunicaciones y convertirlos en «zombis», orbitando a la deriva.

A diferencia de los satélites espaciales, la mayor parte de las redes eléctricas no tienen en su estructura protecciones contra la embestida de una poderosa tormenta geomagnética. Dado que los grandes transformadores están en contacto directo con el suelo, estas tormentas pueden inducir corrientes capaces de sobrecalentarlos, incendiarlos o causar su explosión. Las consecuencias podrían ser catastróficas. Según John Kappenman, de **Storm Analysis Consultants**, que estudia el impacto de la meteorología espacial sobre las redes eléctricas, una tormenta solar como la de mayo de 1921 podría causar un apagón en la mitad de América del Norte. Una similar a la de 1859 podría destruir la red eléctrica de todo el continente y llevar a millones de personas a vivir como en la era pre eléctrica durante semanas o quizá meses. En palabras de Kappenman, «estamos jugando a la ruleta rusa con el Sol».

Al menos no estamos jugando a ciegas. En 1859 había pocos instrumentos para estudiar el Sol. Hoy los científicos realizan una monitorización constante de nuestra estrella mediante una impresionante flota de satélites que pueden tomar imágenes en rayos X y ultravioletas, bloqueados por la atmósfera terrestre. La antigua sonda espacial ACE (**Advanced Composition Explorer**) monitoriza el viento solar desde una órbita a 1,5 millones de kilómetros de la Tierra en dirección al Sol. El Observatorio Solar y Heliosférico (**SOHO**) lleva 12 detectores que registran toda clase de datos, desde protones de alta velocidad en el viento solar hasta oscilaciones de baja velocidad. Las sondas **STEREO**, un par de satélites que orbitan alrededor del Sol, producen imágenes tridimensionales que revelan cómo se forman y proyectan al espacio las Eyecciones de Masa Coronal (**EMC**). Por su parte, el Observatorio de Dinámica Solar (**SDO**), en órbita geosincrónica desde febrero de 2010, descarga a diario 1,5 terabytes de datos sobre la atmósfera, las oscilaciones y los campos magnéticos solares.

Pero aún queda un largo camino por recorrer. «La meteorología espacial está como lo estaba la terrestre hace 50 años» dice Douglas Biesecker, del **Centro de Predicción Meteorológica Espacial de la NOAA**, en Boulder, Colorado. Como el impacto de una tormenta solar depende en parte de cómo se alinee el campo magnético del Sol con el de la Tierra, los científicos no pueden estar seguros sobre su intensidad hasta que alcanza el satélite **ACE**, lo que a veces ocurre apenas 20 minutos antes de golpear en la Tierra. Por eso están centrándose en pronosticar la intensidad potencial de esas tormentas y el momento probable de su llegada a la Tierra, para así tener tiempo de proteger los sistemas vulnerables. El mes de octubre de 2016 la NOAA inauguró un nuevo modelo numérico llamado **Enlil** –por el dios sumerio de los vientos–, que predice cuándo una **EMC** impactará en la Tierra con un margen de error de seis horas, lo que duplica la precisión de los anteriores pronósticos. La predicción efectuada por **Enlil** para la llegada de una tormenta importante el 8 de marzo de 2016 tuvo una desviación de tan solo 45 minutos. Esa tormenta resultó finalmente poco dañina. Podríamos no tener tanta suerte la próxima vez.

«En este ciclo solar todavía no nos hemos enfrentado a ningún acontecimiento importante, apunta Biesecker. Pero ahora sabemos que cuando se produzca uno, estaremos en condiciones de reconocerlo y de prepararnos.»

Entendiendo el Sol y su comportamiento:

- Cuando una tormenta solar se propaga en la dirección en donde está la Tierra, puede romper temporalmente la coraza **magnética** de nuestro planeta produciendo alteraciones en el campo **magnético** y auroras boreales. Estas alteraciones del campo se conocen como tormentas **magnéticas**.

- Las **tormentas solares**, en palabras de la NASA, son capaces de interrumpir redes de energía, comunicaciones y GPS y provocar deslumbrantes auroras. Si tuviéramos hoy una **tormenta** parecida a la que tuvo lugar en 1859, la vida se paralizaría.
- Hay diversos cálculos para que la energía de una **tormenta solar** impacte a la tierra, pero tardaría alrededor de 24 horas o incluso días, desde su emisión en el sol hasta llegar a la estratosfera del planeta Tierra.
- Las **tormentas magnéticas** se producen cuando el plasma expulsado por el **Sol** «golpea» la magnetosfera del planeta. Las partículas cargadas causan perturbaciones geomagnéticas, lo que puede provocar el mal funcionamiento de dispositivos electrónicos, interrupciones en la comunicación por radio y en las redes eléctricas.
- Según los registros obtenidos de las muestras de hielo una llamarada solar de esta magnitud no se ha producido en los últimos 500 años, aunque se producen **tormentas solares** relativamente fuertes cada cincuenta años, la **última** el 13 de noviembre de 1960 (60 años).
- La **magnetosfera** o **magnetósfera** es una capa alrededor de un planeta en la **que** el campo magnético de este desvía la mayor parte del viento solar formando un escudo protector contra las partículas cargadas de alta energía procedentes del Sol.
- La energía del **Sol** es muy importante para la **Tierra**. El **Sol** calienta nuestro planeta, calentando su superficie y atmósfera. Esta cantidad cambia dependiendo del albedo de la **Tierra**, que es la cantidad de radiación que reflejan la superficie de la **Tierra** y las nubes de vuelta al espacio.
- El campo magnético del **viento solar** es responsable de la forma general de la magnetosfera de la Tierra, y las fluctuaciones en su velocidad, densidad, dirección, y arrastre **afectan** en gran medida el medio ambiente local en el espacio de la Tierra.
- Las líneas del campo magnético cerca de las manchas solares a menudo enredan, se cruzan y se reorganizan. Esto puede causar una explosión repentina de energía llamada llamarada solar. Las llamaradas solares liberan mucha radiación en el espacio.
- Con el mínimo **solar** detrás de nosotros, los científicos esperan que la actividad del Sol aumente hacia el **próximo máximo** previsto en Julio de 2025.
- ¿Entonces, que es sucede en el Sol? El **Sol** atraviesa fases y cambios. Actualmente se encuentra en un cambio llamado **mínimo solar**, donde la actividad de esta estrella disminuye. El **Sol** proporciona a la Tierra la cantidad justa de luz y de calor para **que** la vida sea posible. En estos picos, el **Sol** exhibe más manchas solares y erupciones solares.

- La magnetosfera actúa como escudo protector para la atmósfera evitando la radiación iónica. Evita la destrucción de la vida en el **planeta**. Conserva el agua del **planeta** como los océanos pues sin ella las partículas solares pueden destruir los átomos de hidrógeno y oxígeno.
- El campo magnético de la **Tierra** desempeña un papel muy importante en la protección de los vientos solares, corrientes de partículas cargadas de energía que emana el Sol y que emiten radiación. La magnetosfera desvía los peligrosos **rayos** ultravioletas del sol, manteniéndonos a salvo de cualquier amenaza.
- Sin la **magnetosfera**, la incesante acción de estas partículas **solares** podría despojar a la Tierra de sus capas protectoras, que nos resguardan de la radiación ultravioleta del Sol. Es claro que esta burbuja magnética fue clave para ayudar a la Tierra a desarrollarse y llegar a ser un planeta habitable.
- Las erupciones solares, también conocidas como protuberancias, son causadas por la liberación súbita de energía magnética almacenada en la atmósfera solar y lanzan al espacio gigantescas llamaradas de partículas solares.
- Una **prominencia solar**, como la captada hace una semana por la pareja de sondas STEREO, es una erupción de gas que asciende desde la superficie del Sol y que puede alcanzar alturas de decenas de miles de kilómetros (hasta 350.000 km) a una temperatura “inimaginable a escala humana”.
- La fecha del **mínimo** se describe como una disminución exponencial de actividad de manchas **solares** durante 12 meses, por lo tanto, identificar la fecha del **mínimo solar** generalmente sólo puede ocurrir 6 meses después de que éste haya tomado lugar. El **mínimo solar** está correlacionado con el cambio climático.
- El campo magnético del **Sol** **pasa** por un ciclo, denominado el ciclo solar. **Cada 11 años** más o menos, el campo magnético del **Sol** cambia completamente. Esto significa que los polos norte y sur del **Sol** cambian de lugar. Cada once años, el **Sol** registra un nuevo **ciclo**: un patrón de manchas que aparecen y desaparecen en la superficie de la estrella, señalando su actividad.
- Y también existen curiosidades sobre el sol: Dado que es un gas, no rota como un sólido. El **Sol gira** más rápido en su ecuador que en sus polos. El **Sol** rota una vez cada 27 días en su ecuador, pero sólo una vez cada 31 días en sus polos. Sabemos esto observando el movimiento de las manchas solares y otros fenómenos solares sobre su superficie.
- Entonces ¿qué son las manchas solares? Las manchas solares son tormentas en la superficie del sol que están marcadas por una intensa actividad magnética y albergan llamaradas **solares** y eyecciones de gases calientes de la corona solar. Los científicos creen que la cantidad de **manchas** en el sol se cicla a lo largo del tiempo, alcanzando un pico, el llamado **Máximo Solar**, cada 11 años aproximadamente.

## ¿POR QUE TEMERLE A LAS TORMENTAS SOLARES COMO FACTOR DE RIESGO?

De entre las catástrofes que pueden asolar la Tierra, las [tormentas solares](#) son quizás de las menos conocidas entre la población. La expresión alude en realidad a **tormentas geomagnéticas desatadas en nuestro planeta** por perturbaciones, como explosiones, que tienen su origen en el Sol, capaces de alterar las condiciones del campo geomagnético terrestre que habitualmente actúa como protector. Vienen provocadas por la eyección de una gran cantidad de material solar, en concreto de **protones**, a gran velocidad –**un fenómeno conocido como Eyección de Masa Coronal [EMC o CME, por sus siglas en inglés]**– que terminan chocando contra nuestro planeta. El material y el campo magnético al que está asociado viajan hasta la Tierra en un tiempo que puede oscilar entre uno y tres días y su impacto violento contra la magnetosfera es lo que puede desatar una tormenta solar.

Las auroras boreales y australes son consecuencia directa de este tipo de fenómenos, que también han producido en los últimos años alteraciones en satélites. Pero si la explosión es particularmente fuerte, puede provocar daños más serios: en **2003**, una tormenta solar provocó un apagón de varias horas en Suecia. Y en **1989**, otra tormenta solar que dañó una planta hidroeléctrica, dejó sin luz durante nueve horas Quebec.

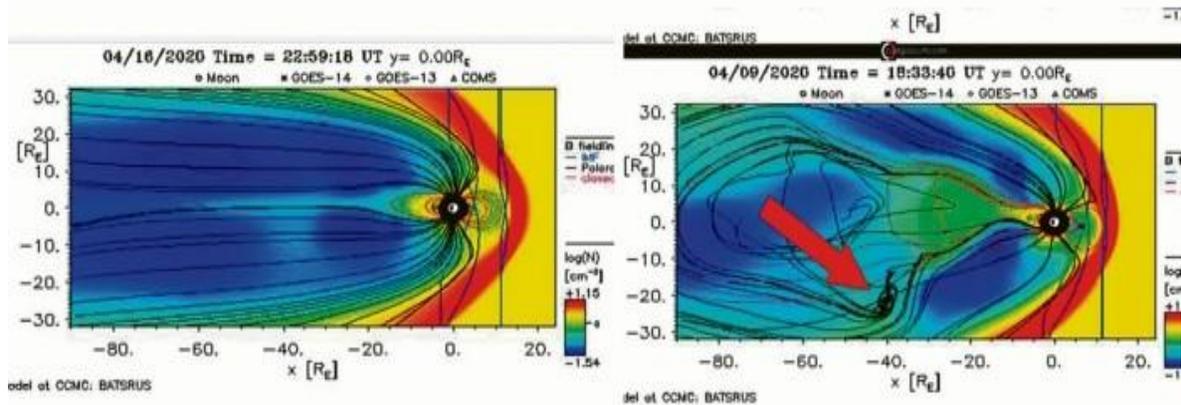
En función de lo intensa que sea la tormenta geomagnética, los daños pueden ser muy variados. Según explica el Instituto de astrofísica de Andalucía, uno de los efectos más destacados se produce en las **comunicaciones**, que pueden sufrir interrupciones por el efecto que tienen los fenómenos solares en la ionosfera. También puede afectar a vuelos intercontinentales en rutas que pasen por los polos, donde impactan con más fuerza las partículas solares. Los **satélites** son también blanco habitual de estos fenómenos: un bombardeo de protones solares puede causar interferencias en su funcionamiento o alteraciones en sus órbitas. Incluso los **astronautas** de la Estación Espacial Internacional pueden resultar afectados: de hecho, la estación "cuenta con un habitáculo especialmente protegido en el que deben refugiarse" en caso de tormenta solar.

Si la tormenta es especialmente fuerte, los efectos van más allá y **los protones pueden llegar a la misma superficie de la Tierra**. Las partículas pueden llegar a dañar tendidos eléctricos, centrales, cables submarinos, etc. La consecuencia, largos apagones, que pueden limitarse a algunas zonas, como ocurrió en Quebec, o ser más generalizados. Los científicos no se ponen de acuerdo en calibrar hasta qué punto podría afectarnos una gran tormenta solar pero sí hay consenso en que una tormenta muy fuerte, masiva, sería devastadora, provocaría cuantiosísimos daños y tardaría mucho tiempo en resolverse.

Un año marcado por especiales condiciones en el comportamiento del Sol:

- El pasado 9 de abril de 2020, a las 18:26 UT, se presentó un desequilibrio del campo magnético de la tierra, aparentemente ocasionado por un cuerpo extraño de dimensiones colosales que penetró en la magnetosfera terrestre provocando que la capa protectora se saliera totalmente de control. Esta anomalía se mantuvo hasta el siguiente día, 10 de abril a las 5:00 horas UT aproximadamente, cuando se empieza a restablecer el campo magnético.
- se investiga qué pudo causar dicha alteración, lo único que se sabe es que fue un objeto espacial de considerables dimensiones. Se especula que pudo ser un meteoro, posiblemente un asteroide. Sigue investigándose la Causa de la alteración.

Lejos de las especulaciones, el hecho es que el campo magnético terrestre sufrió durante 15 horas un desequilibrio, dando como consecuencia el paso de todo tipo de radiaciones cósmicas a nuestro planeta, las cuales, generarán consecuencias letales a corto, mediano y largo plazo, como por ejemplo; en los animales, la alteración y daño de los receptores cerebrales que captan el campo magnético, lo cual, les es vital para guiarse en sus desplazamientos y migraciones; para los humanos, también existen efectos colaterales, como lo son las alteraciones psicológicas y los cambios en los ciclos circadianos, provocando un desequilibrio en el reloj biológico, alterando los horarios de sueño, comida, entre otros; por otro lado, las altas radiaciones causarán que los rayos del Sol dañen más la piel, por lo que se recomienda el uso de bloqueador solar de alta gama y evitar exponerse al Sol. La comunidad de astrofísicos continúa estudiando la relación entre los fenómenos de partículas cósmicas y el impacto que pudo generar en la explosión en cadena de los volcanes al día siguiente.



*Diferencia. El campo electromagnético normalmente se apreciaba como aparece la imagen de la izquierda, pero en la imagen de la derecha se muestra la modificación que sufrió durante las horas de la distorsión observándose la mancha negra señalada por la flecha roja a la derecha en dicho campo. (registros de NASA)*

Sin embargo, coincidentalmente, al día siguiente, 10 de abril de 2020, en tan solo una noche, 15 volcanes situados en diferentes partes del mundo registraron explosiones en cadena. La erupción más intensa fue la del volcán Krakatoa, situado en Indonesia, causando la activación parcial del “Cinturón de Fuego”, no obstante, otros volcanes que no se encuentran en dicha delimitación, también registraron intensa actividad. Los volcanes que se activaron en cadena esa noche fueron:

- 1- KRAKATOA. Ubicado en el estrecho de Sunda, Indonesia.
- 2- MERAPI. Ubicado en Java Central, Indonesia.
- 3- SEMERU. Ubicado en Java Oriental, Indonesia.
- 4- DUKONO. Ubicado en Halmahera.
- 5- KERINCI. Ubicado en Sumatra.
- 6- KLIUCHEVSKOY. Ubicado en Kamchatka.
- 7- SHIVELUCH. Ubicado en Kamchatka.
- 8- POPOCATÉPETL. Ubicado en México.
- 9- SANGAY. Ubicado en Ecuador.
- 10- SABANCAYA. Ubicado en Perú.
- 11- NEVADO DE CHILLAN. Ubicado en Chile.
- 12- ASO. Ubicado en Kyusho Central.

- 13- KUCHINJERABU-JIMA. Ubicado en Islas Ryukyu.
- 14- SAKURAJIMA. Ubicado en Japón.
- 15- IBU. Ubicado en Halmahera, Indonesia.

Surge una pregunta que se nos antoja simplemente lógica: ¿puede una alteración magnética de la atmósfera activar volcanes en serie? De ser así, la implicación es enorme, pues en tal caso, aunque todos los nombrados pertenecen al Cinturón de Fuego del Pacífico, ¿sería presumible que otras fenomenologías similares, activaran cadenas independientes, por ejemplo a lo largo de la Dorsal Atlántica, el Mar Mediterráneo y otras “costras volcánicas” del resto del mundo?

¿O fue solo casualidad que, tan solo 24 horas antes de la erupción en cadena, haya ocurrido el desequilibrio en el campo magnético terrestre, no existiendo registro de un precedente similar en el planeta?. Debemos recordar que la tierra es un imán gigante; cuenta con su eje magnético; sus polos Norte y Sur; y que su equilibrio magnético se origina en el núcleo de la tierra, el cual, está conformado por magma líquido de hierro y níquel. Por lo tanto, cualquier alteración del campo magnético incidiría directamente en el magma, dando paso a reajustes magnéticos que provocan erupciones volcánicas, temblores y terremotos.

Y si, mencionamos terremotos, pues ya se manejan teorías de actividad sísmica de intensidad importante en los picos y valles de las curvas de Ciclo Solar que ya hemos mencionado someramente que incluso vienen siendo analizadas por NASA, bajo la premisa que el comportamiento del Sol podría dar origen a movimientos telúricos, principalmente en épocas de Máximos y Mínimos Solares.

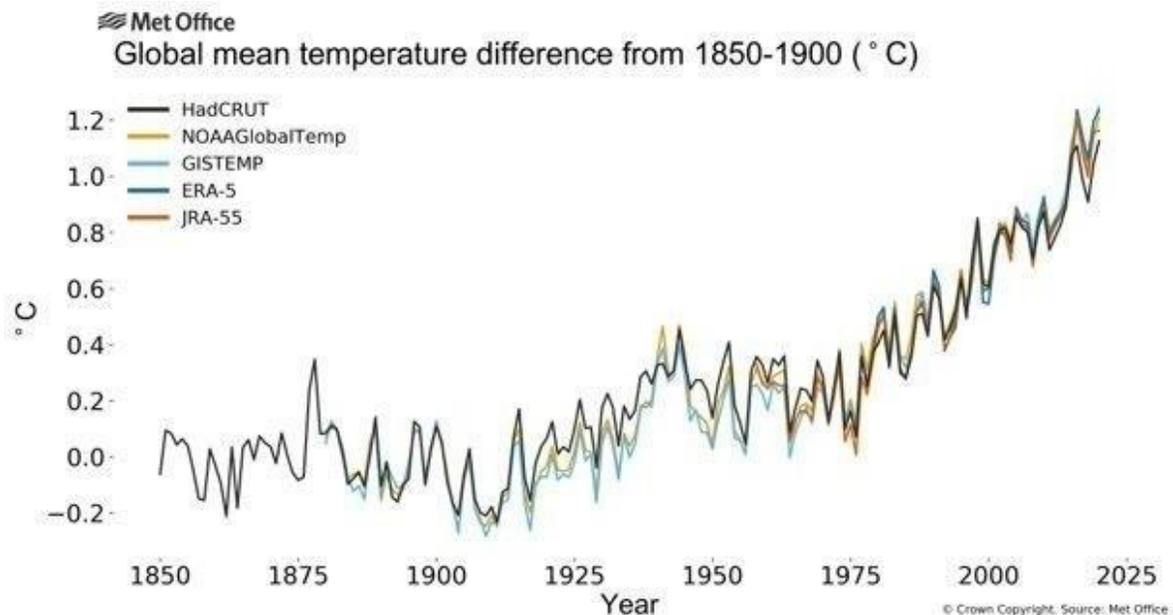
Por otra parte, es de considerar en este especial 2020, que durante abril y mayo, el planeta tierra también presentó otros fenómenos espaciales desastrosos, entre ellos está el acercamiento de alrededor de 50 asteroides que están prácticamente rodeando a la tierra, así como cometas y meteoros que también han entrado a nuestra atmósfera y que han caído recientemente en Ecuador, Perú y Brasil, entre otros lugares.

El 2020 será sin duda uno de los tres años más cálidos desde que hay registros ya que desde enero, **la temperatura de la Tierra estuvo en torno a 1,2 grados por encima del periodo de referencia 1850 – 1900**, acorde con la alerta de la ONU.

Con las temperaturas batiendo récords todos los años, **la década 2011-2020 es la más cálida nunca vista** y los últimos seis años, desde 2015, los más cálidos que se han registrado, según el informe anual provisional del estado del clima de la Organización Meteorológica Mundial.

"2020 fue, por desgracia, otro año preocupante para el clima", declaró el secretario general de la OMM, **Petteri Taalas** en su momento.

La evaluación de la OMM se basa en cinco tipos de datos que sitúan actualmente a 2020 como el segundo año con las temperaturas más altas, por detrás de 2016 y delante de 2019.



Las diferencias de temperatura entre estos tres años son, sin embargo, mínimas, y la clasificación podría cambiar una vez que estén disponibles los datos completos de 2020.

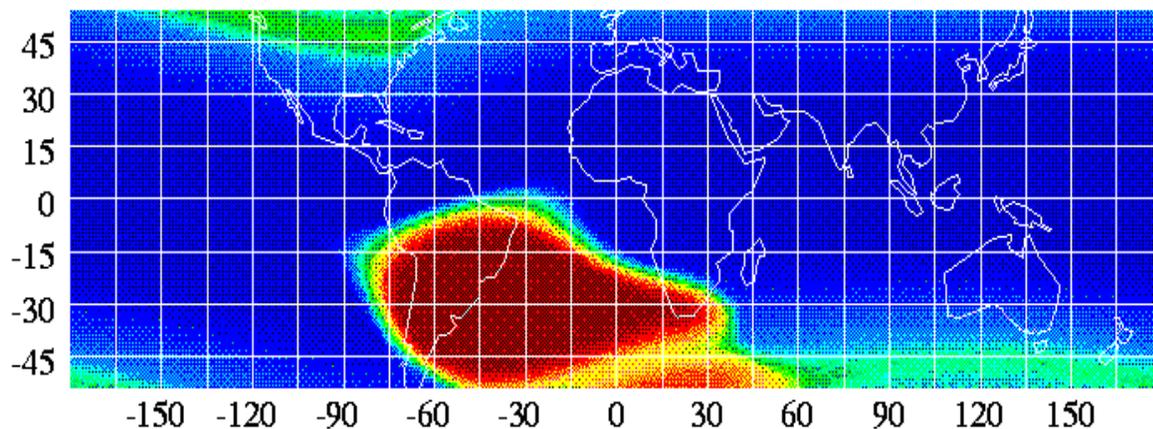
Los récords de calor suelen coincidir con años de fuertes episodios de El Niño, como ocurrió en 2016. La Niña, por el contrario, suele enfriar la temperatura mundial, pero el importante fenómeno de La Niña de este año no ha servido para frenar el calentamiento.

### OTRAS ALTERACIONES DEL CAMPO MAGNETICO

Sin poder verdaderamente achacarle el fenómeno del cual hablaremos ahora a las condiciones del Sol como “autor” de todas las alteraciones del Campo Magnético Terrestre debidas a Tormentas Solares, ha venido surgiendo una nueva condición que muestra los cambios en la muy conocida Anomalía del Atlántico Sur. Sin embargo, este aspecto aparenta una disminución marcada del Campo Electromagnético de la Tierra, sin poderse afirmar si son o no causadas por nuestra estrella.

Nos referimos a la alteración de la **ANOMALIA DEL ATLANTICO SUR**. Pero, ¿qué es?

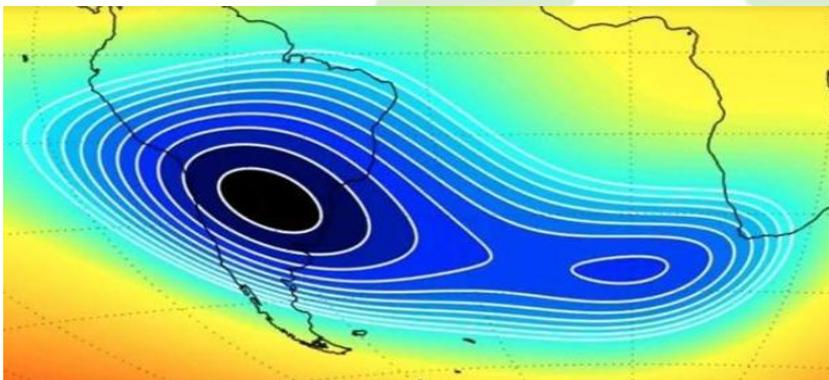
La **anomalía del Atlántico Sur** es la región donde los **cinturones de radiación de Van Allen** se encuentran a menor distancia de la superficie terrestre, unos 200 kilómetros. Como resultado, en esa región del **océano Atlántico sur** la intensidad de radiación solar es más alta que en otras regiones. La **AAS** o **SAA** (acrónimo en inglés) es producida por una «depresión» en el campo magnético de la Tierra en esa zona, ocasionada por el hecho de que el centro del campo magnético de la Tierra está desviado de su centro geográfico 50 km. Se piensa que dicha anomalía es un efecto secundario de una **reversión geomagnética** (Cambio en la polaridad que produce una inversión de Flujo Magnético, intercambiando los polos de la anomalía).



**Ubicación identificada de La Anomalía conocida**

Como su propio nombre indica, la anomalía se encuentra justo en medio del Atlántico sur, y abarca una vasta región que se extiende desde América del Sur hasta las costas meridionales de África.

Recientemente, una nueva serie de imágenes de los satélites Swarm, de la Agencia Espacial Europea (ESA), mostraban que la anomalía parece estar **a punto de dividirse en dos**. Lo cual aumentaría la posibilidad de que nuestros satélites de comunicaciones se vieran afectados al atravesar esta enorme zona de intensidad magnética reducida.



Pero no es eso lo más importante. Lo peor, en efecto es lo que la **anomalía del Atlántico Sur** podría significar en el futuro. Muchos piensan, en efecto, que el misterioso fenómeno no es más que el presagio de una **inversión de los polos magnéticos de la Tierra**. El polo norte magnético pasaría a ser el polo sur magnético y viceversa. Durante el tiempo que durara la "migración" de los polos, el campo magnético en general se debilitaría, dejándonos más expuestos a la dañina **radiación espacial**.

No se trata, sin embargo, de una novedad para el planeta, que ha sufrido ya ese tipo de cambios en numerosas ocasiones, la última hace alrededor de 700.000 años. Pero los científicos no terminan de ponerse de acuerdo al respecto. ¿Estamos al comienzo de una inversión de polaridad del campo magnético terrestre? Y si es así, ¿es la anomalía del Atlántico Sur un aviso que de ese proceso se ha puesto en marcha?

No existe una respuesta clara a estas preguntas, pero un nuevo estudio llevado a cabo por investigadores de la Universidad de Liverpool y recién publicado en [Proceedings of the National Academy of Sciences](#) sugiere que no. Los investigadores, en efecto, creen que existe una posibilidad alternativa que, curiosamente, resulta aún más misteriosa: la anomalía del Atlántico Sur no es una simple irregularidad relativamente reciente, sino un **fenómeno magnético distinto y recurrente**, que lleva afectando a la Tierra por lo menos desde hace 11 millones de años.

Los estudios, sin embargo, no consiguen explicar qué está causando esta aparentemente eterna anomalía. Algunas investigaciones anteriores apuntan a que el origen podría estar en una vasta región de roca muy densa, justo en la división entre el núcleo y el manto terrestre, localizada justo debajo de África en el corazón de nuestro planeta. Pero la evidencia no es lo suficientemente sólida como para estar seguros de ello.

## DESPLAZAMIENTO DEL POLO NORTE MAGNETICO

En su estudio, los investigadores de Liverpool consideran otra posibilidad: la anomalía podría ser parte de **"un giro excéntrico a escala planetaria" del núcleo externo de la Tierra**, produciendo efectos poco normales en el límite entre el núcleo y el manto.

Resulta difícil saber con certeza cuál es la hipótesis correcta. Lo único que sabemos es que el origen de la anomalía está en lo más profundo de la Tierra, y que pasará tiempo antes de que podamos explicarla por completo.

El origen de este campo magnético es conocido desde hace años y se encuentra principalmente en la dinámica de la gran masa de hierro fundido, súper caliente y turbulento, que conforma una parte del núcleo de nuestro planeta.

“Como si se tratase del conductor giratorio de una dinamo, el giro de esta masa de hierro crea corrientes eléctricas que, a su vez, generan nuestro campo magnético”, recuerda la agencia europea. Contrariamente a lo que se puede pensar, este campo magnético se encuentra en constante cambio tanto a escala global como en zonas determinadas.

Una de estas alteraciones afecta a la localización del polo norte magnético, en el que se han registrado desplazamientos importantes en los últimos años

Desde que se tienen datos concretos al respecto, hace unos doscientos años, el campo magnético ha perdido alrededor del 9 % de su fuerza, como media global. Entre África y Sudamérica se ha formado una extensa región de menor intensidad magnética (la indicada Anomalía del Atlántico Sur, ver imagen principal de esta información).

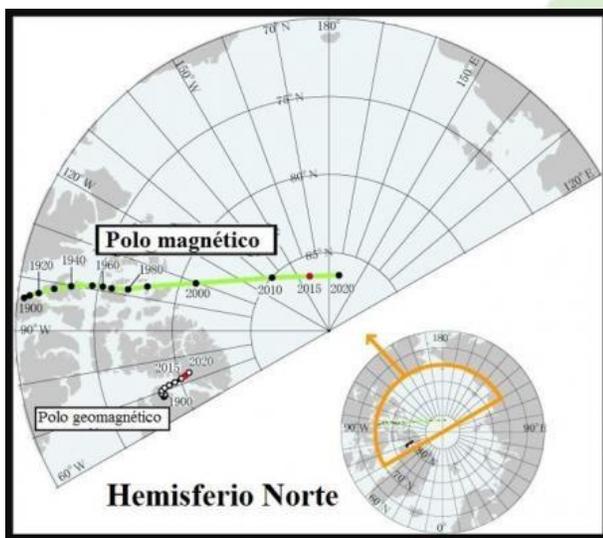
Entre 1970 y 2020, la intensidad mínima del campo en esta zona descendió de alrededor de 24.000 a 22.000 nano teslas, al tiempo que el área de la anomalía ha aumentado y se ha desplazado hacia el oeste a un ritmo de unos 20 km al año. Además, en los últimos cinco años ha surgido un segundo centro de intensidad mínima al suroeste de África, lo que sugiere que la anomalía del Atlántico Sur podría estar dividiéndose en dos.

## Un proceso complejo

El campo magnético terrestre suele representarse como una potente barra dipolar en el centro del planeta, inclinada unos 11° con respecto al eje de rotación. No obstante, el crecimiento de la Anomalía del Atlántico Sur indica que los procesos involucrados en la generación del campo son mucho más complejos. Los modelos dipolares son incapaces de explicar la reciente evolución del segundo mínimo.

Los científicos del Grupo de Datos, Innovación y Ciencia Swarm (DISC) están empleando datos de la [constelación de satélites Swarm](#) de la **ESA** para entender mejor esta anomalía. Los satélites Swarm están diseñados para identificar y medir con precisión las distintas señales magnéticas que conforman el campo magnético de la Tierra.

## EL POLO NORTE MAGNÉTICO SIGUE SU MISTERIOSO DESPLAZAMIENTO HACIA SIBERIA

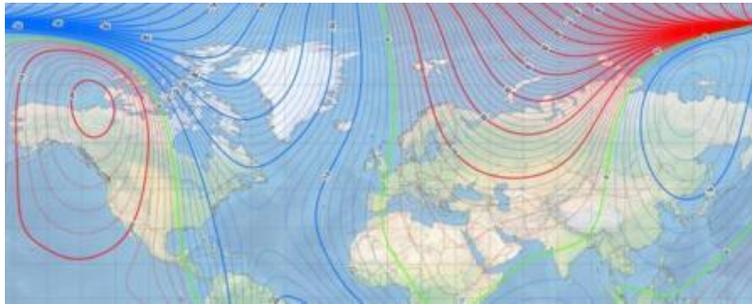


Las **brújulas** tradicionales (las que utilizan una aguja imantada) y una larguísima lista de modernos **instrumentos de posicionamiento** y geocalización -desde las *apps* de nuestros **teléfonos inteligentes** hasta los sistemas de navegación de los barcos- funcionan basándose en los campos magnéticos de la Tierra.

Uno de los elementos básico del complejo magnetismo terrestre es la situación del **polo Norte magnético**, un punto que -a diferencia del estable polo Norte geográfico- se mueve constantemente en función de procesos todavía no conocidos con exactitud como el movimiento de las masas de hierro líquido en las capas internas del planeta.

La **situación del polo Norte magnético** fue determinada por primera vez por James Clark Ross en 1831 en el Ártico canadiense. Poco después se pudo comprobar que este punto se desplazaba en dirección a Rusia, primero a una velocidad de unos 15 kilómetros por año y, en las últimas décadas, a casi 55 km por año.

Desde mediados del siglo XIX hasta ahora, el polo Norte magnético ha sufrido una deriva -en distintas direcciones- de 2.250 km.



## Versión actualizada del Modelo Magnético Mundial (NOAA NCEI)

Conocer como se produce el desplazamiento de este punto y, en general, como se distribuye el magnetismo en la superficie de toda la superficie terrestre (el denominado **Modelo Magnético Mundial**, WMM por sus siglas en inglés) es de gran importancia para garantizar la precisión de los instrumentos y sistemas indicados anteriormente.

La versión actualizada del Modelo Magnético Mundial, presentada esta semana, muestra -entre otros datos de gran interés- que el **polo Norte magnético seguirá desplazándose** en los próximos años hacia Siberia a una velocidad de unos 40 km por año, es decir, algo más lento que en las últimas décadas.

Los motivos exactos de este desplazamiento siguen sin estar del todo determinados, aunque los expertos tienen cada vez más clara su relación con el giro de algunas de las capas del interior de la Tierra.

La actualización del **WMM (Modelo Magnético Mundial)** ha sido publicada por los Centros Nacionales de Información Ambiental de Estados Unidos (dependiente de la NOAA) y el **British Geological Survey**, con el apoyo del Instituto Cooperativo para la Investigación en Ciencias Ambientales (**CIRES**).

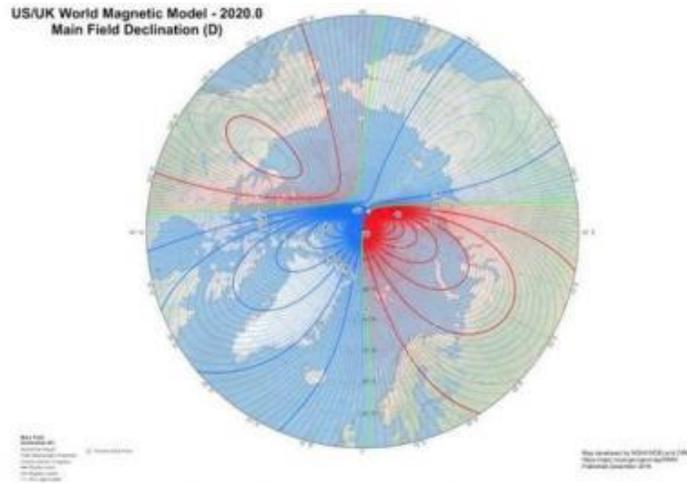
Así las cosas y conocedores de las circunstancias que se sometieron a escrutinio en el caso de cobertura para siniestros originados en asteroides, meteoritos, cometas y cualquier otro aspecto impactando desde el Espacio Exterior, también en este conjunto de amenazas, se vislumbra que no tiene por qué existir, por lo menos hasta la actualidad, ningún criterio que permitiese excluir reclamos derivados de pérdidas originadas en los fenómenos aquí descritos, pese a que en este caso, es por primera vez en la concepción del ser humano moderno, que la Industria Aseguradora podría verse enfrentada a reclamaciones fundamentadas en todo este conglomerado de eventos.

Lo que sí resulta importante de dejar aclarado de manera anticipada, es conocer cuando menos la calificación de riesgos provenientes de fenomenologías como las Tormentas Solares y su consecuente Alteración de Campos Magnéticos en La Tierra, para estar preparados ante los niveles de impacto que dichos fenómenos pudieran llegar a producir.

La versión actualizada del Modelo Magnético Mundial, presentada en diciembre de 2019, muestra -entre otros datos de gran interés- que el **polo Norte magnético seguirá desplazándose** en los próximos años hacia Siberia a una velocidad de unos 40 km por año, es decir, algo más lento que en las últimas décadas. Faltando por establecer si es o no debido a alteraciones de origen solar o de la propia tierra, tal como lo son los eventos Geológico – Tectónicos.

Los motivos exactos de este desplazamiento siguen sin estar del todo determinados, aunque los expertos tienen cada vez más clara su relación con el giro de algunas de las capas del interior de la Tierra.

La actualización del **WMM** ha sido publicada por los Centros Nacionales de Información Ambiental de Estados Unidos (dependiente de la NOAA) y y el British Geological Survey, con el apoyo del Instituto Cooperativo para la Investigación en Ciencias Ambientales (CIRES).



### Campos magnéticos en el polo Norte NOAA NCEI / CIRES

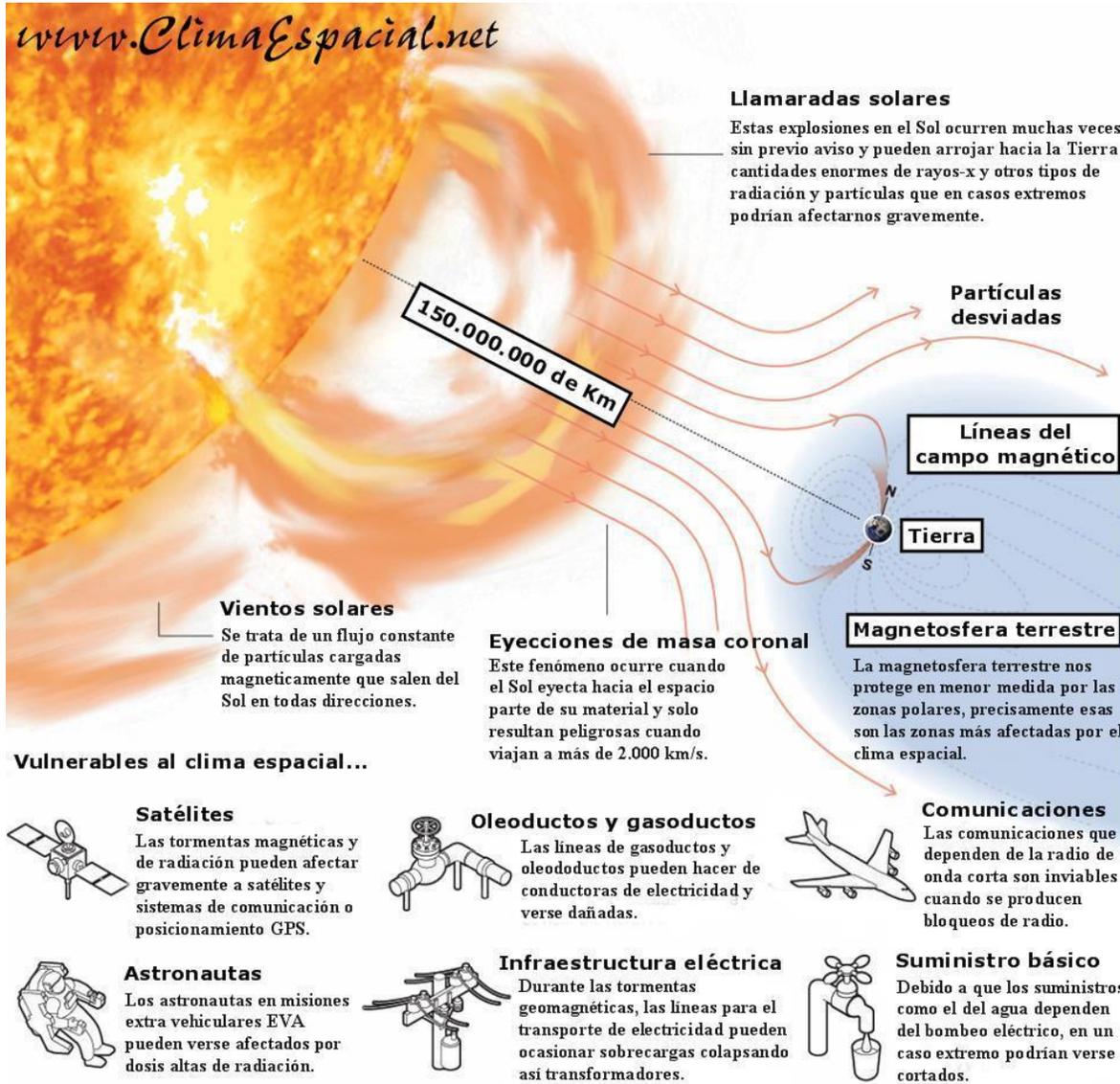
Por ahora, “las empresas de teléfonos inteligentes y electrónica de consumo confían en el WMM para proporcionar a los consumidores aplicaciones de brújula, mapas y servicios GPS precisos. El WMM es también la herramienta de navegación estándar para la Administración Federal de Aviación, el Departamento de Defensa de los EE. UU., la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN) y otras entidades”, recuerdan las instituciones científicas responsables de la actualización de este modelo.

Los estudios preliminares para la actualización del WMM fueron publicados en la revista científica **Nature** el pasado mes de enero.

La actualización del WMM muestra la localización de las Zonas oscuras o áreas en las que se registran variaciones muy importantes de los campos magnéticos y las Zonas de precaución, donde las brújulas y otros sistemas pueden comenzar a mostrar a errores.

**APENDICE 0**

**LLAMARADAS SOLARES Y SUS EFECTOS EN LA TIERRA**



**FUENTE: NOAA**

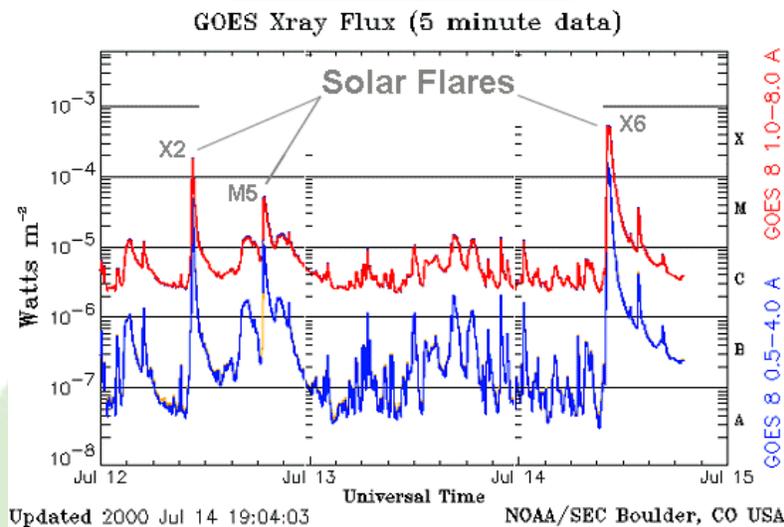
**APENDICE 1**

## CLASIFICACIÓN DE LAS LLAMARADAS SOLARES EN RAYOS-X

La llamarada solar es una explosión en el Sol que ocurre cuando la energía almacenada en campos magnéticos torcidos (usualmente localizados encima de las manchas solares) es soltada repentinamente. Las llamaradas producen un estallido de radiación a través del espectro electromagnético, desde las ondas de radio hasta los rayos-X y los rayos-gamma. [\[más información\]](#)

Los científicos clasifican a las llamaradas solares de acuerdo a su brillo en **rayos-X**, en el intervalo de 1 a 8 Angstroms. Existen tres categorías: las **llamaradas de clase X** son grandes; son eventos de gran magnitud que pueden desatar apagones en las ondas de radio en todo el planeta así como tormentas de radiación de larga duración. Las **llamaradas de clase M** son de tamaño mediano; pueden generalmente causar ligeros apagones en el radio que afectan las regiones polares de la tierra. A veces hay tormentas de radiación menores tras de una llamarada de clase M. Comparados con los eventos de tipo X y M, las **llamaradas de clase C** son pequeñas y de consecuencias poco notorias aquí en la Tierra.

Esta figura (como ejemplo) muestra una serie de llamaradas solares detectadas por satélites del NOAA en Julio del 2000:



Cada categoría de llamaradas de **rayos X** tiene nueve subdivisiones que corren desde, *p.ej.*, C1 a C9, M1 a M9, y X1 a X9. En esta figura, las tres llamaradas que se indican fueron registradas como X2, M5 y X6 (de derecha izquierda). La llamarada X6 desató una tormenta de radiación alrededor de la Tierra que fue apodada: *Evento del Día de la Bastilla*.

CLASE	Pico (W/m <sup>2</sup> ) entre 1 y 8 Å (Angstroms) Millonésima de 1 metro (Onda de Luz Visible)
B	$I < 10^{-6}$
C	$10^{-6} <= I < 10^{-5}$
M	$10^{-5} <= I < 10^{-4}$
X	$I >= 10^{-4}$

### APENDICE 2

## ESCALA DE CLIMA ESPACIAL DE NOAA

CATEGORIA		EFEECTO	Medida Física	Frecuencia media 1 Ciclo = 11 años
Escala	Descripción	La duración del evento influirá en la gravedad de los efectos	Valores de $K_p$ <sup>1</sup> Determinado cada 3 horas	Número de eventos de tormenta cuando se alcanzó el nivel de $K_p$ ; (# de días de tormenta)
<b>Tormentas Geomagnéticas</b>				
<b>G5</b>	<b>Extrema</b>	<p><b>Sistemas de energía:</b> pueden ocurrir problemas generalizados de control de voltaje y problemas del sistema de protección, algunos los sistemas pueden sufrir colapsos completos o apagones. Los trafos pueden sufrir daños.</p> <p><b>Operaciones de nave espacial:</b> puede experimentar una carga de superficie extensa, problemas con la orientación, enlace ascendente/enlace descendente y seguimiento de satélites.</p> <p><b>Otros sistemas:</b> las corrientes de las tuberías pueden alcanzar cientos de amperios, la propagación de <b>radio HF</b> (alta frecuencia) puede ser <b>imposible</b> en muchas áreas durante uno o dos días, la <b>navegación por satélite</b> puede <b>degradarse</b> durante días, <b>radio de baja frecuencia</b> la <b>navegación</b> puede estar fuera de servicio durante horas, y la <b>aurora</b> será vista <b>tan bajo</b> como 40° de latitud geomagnética.<sup>2</sup></p>	<b><math>K_p = 9</math></b>	<b>4 por ciclo (4 días por ciclo)</b>
<b>G4</b>	<b>Severa</b>	<p><b>Sistemas de energía:</b> posibles problemas generalizados de control de voltaje y algunos sistemas de protección se dispararán por error. Extraer activos clave de la red.</p> <p><b>Operaciones de nave espacial:</b> pueden experimentar problemas de seguimiento y carga de superficie, es posible que se necesiten correcciones para problemas de orientación.</p> <p><b>Otros sistemas:</b> las corrientes inducidas en las tuberías afectan las medidas preventivas, la propagación de radio en ondas decamétricas es esporádica, <b>navegación degradada</b> durante horas, la navegación por radio de</p>	<b><math>K_p = 8</math></b>	<b>100 por ciclo (60 días por ciclo)</b>



		baja frecuencia interrumpida y la aurora se ha visto tan bajo como 45° latitud geomagnética. <sup>2</sup>		
<b>G3</b>	<b>Fuerte</b>	<p><b>Sistemas de energía:</b> pueden ser necesarias correcciones de voltaje, se activan falsas alarmas en algunos dispositivos de protección.</p> <p><b>Operaciones de nave espacial:</b> la carga de superficie puede ocurrir en los componentes del satélite, la resistencia puede aumentar en la órbita terrestre baja satélites, y pueden ser necesarias correcciones para problemas de orientación.</p> <p><b>Otros sistemas:</b> pueden producirse problemas intermitentes de navegación por satélite y radionavegación de baja frecuencia, HF la radio puede ser intermitente, y la aurora se ha visto tan bajo como 50° latitud geomagnética.<sup>2</sup></p>	<b>Kp = 7</b>	<b>200 por ciclo</b> <b>(130 días por ciclo)</b>
<b>G2</b>	<b>Moderada</b>	<p><b>Sistemas de energía:</b> los sistemas de energía de alta latitud pueden experimentar alarmas de voltaje, las tormentas de larga duración pueden causar Daño del transformador.</p> <p><b>Operaciones de la nave espacial:</b> el control de tierra puede requerir acciones correctivas para la orientación; posibles cambios en el arrastre afecta las predicciones de la órbita.</p> <p><b>Otros sistemas:</b> la propagación de radio HF puede desvanecerse en latitudes más altas, y la aurora se ha visto tan baja como 55° latitud geomagnética.<sup>2</sup></p>	<b>Kp = 6</b>	<b>600 por ciclo</b> <b>(360 días por ciclo)</b>
<b>G1</b>	<b>Menor</b>	<p><b>Sistemas de energía:</b> pueden ocurrir fluctuaciones débiles de la red eléctrica.</p> <p><b>Operaciones de naves espaciales:</b> posible impacto menor en las operaciones de satélites.</p> <p><b>Otros sistemas:</b> los animales migratorios se ven afectados en este y niveles superiores; la aurora es comúnmente visible en alta latitudes como 45° latitud geomagnética.<sup>2</sup></p>	<b>Kp = 5</b>	<b>1700 por ciclo</b> <b>(900 días por ciclo)</b>



<sup>1</sup> **En base a esta medida**, pero también se consideran otras medidas físicas.  
<sup>2</sup> **Para ubicaciones específicas en todo el mundo**, use la latitud geomagnética para determinar posibles avistamientos (consulte [www.swpc.noaa.gov/Aurora](http://www.swpc.noaa.gov/Aurora))



### APENDICE 3

#### ESCALA DE TORMENTAS DE RADIACION SOLAR DE NOAA

Escala	Descripción	EFECTO La duración del evento influirá en la gravedad de los efectos	Nivel de flujo mayor de 10 MeV partículas (iones) <sup>1</sup>	Número de eventos de tormenta cuando se alcanzó el nivel de <b>Kp</b> ; (# de días de tormenta) <sup>2</sup>
S5	Extrema	<p><b>Biológico:</b> alto riesgo de radiación inevitable para los astronautas en EVA, (actividad-extra vehicular); Pasajeros y tripulación de aeronaves de alto vuelo en latitudes elevadas puede estar expuestos al riesgo de radiación.<sup>3</sup></p> <p><b>Operaciones de los satélites:</b> los satélites pueden volverse inútiles, los impactos en la memoria pueden causar la pérdida de control, pueden causar ruido grave en los datos de las imágenes, es posible que los rastreadores de estrellas no puedan localizar las fuentes; daño permanente a paneles solares es posible.</p> <p><b>Otros sistemas:</b> apagón completo de las comunicaciones de <b>HF</b> (alta frecuencia) posible a través de las regiones polares, y los errores de posición dificultan enormemente las operaciones de navegación.</p>	10 <sup>5</sup>	Menos de uno por Ciclo
S4	Severa	<p><b>Biológico:</b> peligro de radiación inevitable para los astronautas en EVA; pasajeros y tripulación en aviones de alto vuelo en latitudes altas pueden estar expuestas al riesgo de radiación.<sup>3</sup></p> <p><b>Operaciones de satélite:</b> pueden experimentar problemas con los dispositivos de memoria y ruido en los sistemas de imágenes; rastreador de estrellas. Los problemas pueden causar problemas de orientación y la eficiencia del panel solar puede degradarse.</p> <p><b>Otros sistemas:</b> apagón de las comunicaciones por radio en ondas decamétricas a través de las regiones polares y aumento de los errores de navegación durante varios días es probable.</p>	10 <sup>4</sup>	3 por Ciclo
S3	Fuerte	<p><b>Biológico:</b> se recomienda evitar el riesgo de radiación para</p>	10 <sup>3</sup>	10 por Ciclo



		<p>astronautas en EVA; pasajeros y tripulantes volando en latitudes elevadas pueden estar expuestas al riesgo de radiación.<sup>3</sup></p> <p><b>Operaciones satelitales:</b> alteraciones de un solo evento, ruido en los sistemas de imágenes y una ligera reducción de la eficiencia en energía solar en paneles, son probables.</p> <p><b>Otros sistemas:</b> propagación de radio en ondas decamétricas degradada a través de las regiones polares y posibles errores de posición de navegación.</p>		
S2	Moderada	<p><b>Biológico:</b> los pasajeros y la tripulación de aviones de alto vuelo en latitudes elevadas pueden estar expuestos a una radiación elevada riesgo.<sup>3</sup></p> <p><b>Operaciones de satélite:</b> posibles alteraciones poco frecuentes de un solo evento.</p> <p><b>Otros sistemas:</b> efectos sobre la propagación de ondas decamétricas a través de las regiones polares y la navegación en los casquetes polares posiblemente afectado.</p>	10 <sup>2</sup>	25 por Ciclo
S1	Menor	<p><b>Biológico:</b> ninguno.</p> <p><b>Operaciones de satélite:</b> ninguna.</p> <p><b>Otros sistemas:</b> impactos menores en la radio HF en las regiones polares.</p>	10	50 por Ciclo
<p><sup>1</sup> Los niveles de flujo son promedios de 5 minutos. Flujo en partículas · s-1 · ster-1 · cm-2 Basado en esta medida, pero también se consideran otras medidas físicas.</p> <p><sup>2</sup> Estos eventos pueden durar más de un día.</p> <p><sup>3</sup> Las partículas de alta energía (&gt; 100 MeV) son un mejor indicador del riesgo de radiación para los pasajeros y la tripulación. Las mujeres embarazadas son particularmente susceptibles.</p>				

## APENDICE 4 ESCALA DE CAIDAS O APAGONES DE COMUNICACIÓN RADIAL DE NOAA





Escala	Descripción	EFEECTO La duración del evento influirá en la gravedad de los efectos	GOES - Rayos X brillo máximo por clase y por flujo <sup>1</sup>	Número de eventos cuando se alcanzó el nivel de flujo; (número de días de tormenta)
R5	Extrema	<b>Radio HF:</b> Apagón completo de radio HF (alta frecuencia <sup>2</sup> ) en todo el lado soleado de la Tierra que dura un número de horas. Esto resulta en ningún contacto de radio HF con los marinos y aviadores en ruta en este sector. <b>Navegación:</b> Las señales de navegación de baja frecuencia utilizadas por los sistemas de aviación marítima y general experimentan interrupciones en el lado de la Tierra iluminado por el sol durante muchas horas, provocando una pérdida de posición. Aumento de errores de navegación por satélite en posicionamiento durante varias horas en el lado de la Tierra iluminado por el sol, que puede extenderse hacia el lado nocturno.	<b>X20</b> ( $2 \times 10^{-3}$ )	<b>Menos de uno por Ciclo</b>
R4	Severa	<b>Radio HF:</b> Apagón de comunicación por radio HF en la mayor parte del lado soleado de la Tierra durante una o dos horas. Contacto por Radio HF perdido durante este tiempo. <b>Navegación:</b> Las interrupciones de las señales de navegación de baja frecuencia provocan un mayor error en el posicionamiento de uno a dos horas. Posibles interrupciones menores de la navegación por satélite en el lado soleado de la Tierra.	<b>X10</b> ( $10^{-3}$ )	<b>8 por ciclo (8 días por ciclo)</b>
R3	Fuerte	<b>Radio HF:</b> Apagón de área amplia de la comunicación por radio HF, pérdida de contacto por radio durante aproximadamente una hora en el lado iluminado por el sol de la tierra. <b>Navegación:</b> las señales de navegación de baja frecuencia se degradan durante aproximadamente una hora.	<b>X1</b> ( $10^{-4}$ )	<b>175 por ciclo (140 días por ciclo)</b>
R2	Moderada	<b>Radio HF:</b> Apagón limitado de la comunicación por radio HF en el lado soleado de la Tierra, pérdida	<b>M5</b> ( $5 \times 10^{-5}$ )	<b>350 por ciclo (300 días por ciclo)</b>



		de contacto por radio durante decenas de minutos. <b>Navegación:</b> degradación de las señales de navegación de baja frecuencia durante decenas de minutos.		
<b>R1</b>	<b>Menor</b>	<b>Radio HF:</b> Degradación débil o menor de la radiocomunicación HF en el lado soleado de la Tierra, pérdida ocasional de contacto por radio. <b>Navegación:</b> señales de navegación de baja frecuencia degradadas durante breves intervalos.	<b>M1</b> (x10 <sup>-5</sup> )	<b>2000 por ciclo</b> (950 días por ciclo)
<p><sup>1</sup> Flujo, medido en el rango de 0,1-0,8 nm, en W/m<sup>2</sup>. En base a esta medida, pero también se consideran otras medidas físicas.</p> <p><sup>2</sup> Otras frecuencias también pueden verse afectadas por estas condiciones.</p> <p>Nm: Nanómetro(s) – Millonésima parte de un (1) metro. 1 Nm = 10<sup>-9</sup> metros</p>				

## LECTURAS SUGERIDAS

**El Sol se acerca a un cambio de ciclo: ¿qué consecuencias tendrá para la Tierra?**

[https://www.abc.es/ciencia/abci-acerca-cambio-ciclo-consecuencias-tendra-para-tierra-201906182123\\_noticia.html](https://www.abc.es/ciencia/abci-acerca-cambio-ciclo-consecuencias-tendra-para-tierra-201906182123_noticia.html)

---

**Primer análisis completo de la actividad solar de los últimos 400 años**

<https://www.agenciasinc.es/Noticias/Primer-analisis-completo-de-la-actividad-solar-de-los-ultimos-400-anos>

---

**Clima espacial: ¿el peligro del futuro? - Comprensión de las reclamaciones por interrupción del negocio**

<https://www.propertyinsurancecoveragelaw.com/2012/09/articles/commercial-insurance-claims/space-weather-the-peril-of-the-future-understanding-business-interruption-claims/>

[https://www.google.es/search?sxsrf=ALeKk031fdg8sKLBiHBu3QO1JC8X0vIZaA%3A1608697938699&ei=UsjiX5GaKsqvge2jJ3IDA&q=Perils+from+the+sun+and+space-+Insurance&oq=Perils+from+the+sun+and+space-+Insurance&gs\\_lcp=CgZwc3ktYWlQAzoECCEQICn4gNYh6AEYMOmBGgBcAB4AIABmQGIAaIJkgEDMC45mAEAoAEBqgEHZ3dzLXdpesABAQ&scient=psy-ab&ved=0ahUKEwiRi7\\_pouPtAhXK1-AKHTZGB8kQ4dUDCA0&uact=5](https://www.google.es/search?sxsrf=ALeKk031fdg8sKLBiHBu3QO1JC8X0vIZaA%3A1608697938699&ei=UsjiX5GaKsqvge2jJ3IDA&q=Perils+from+the+sun+and+space-+Insurance&oq=Perils+from+the+sun+and+space-+Insurance&gs_lcp=CgZwc3ktYWlQAzoECCEQICn4gNYh6AEYMOmBGgBcAB4AIABmQGIAaIJkgEDMC45mAEAoAEBqgEHZ3dzLXdpesABAQ&scient=psy-ab&ved=0ahUKEwiRi7_pouPtAhXK1-AKHTZGB8kQ4dUDCA0&uact=5)

*Juan P Lancheros*

**Juan Carlos Lancheros Rueda – CILA, BC's Mech Eng, BC's B.A, M.I.A, P.M.S, F.M.S.  
C.E.O.**

