

La gran tormenta solar

Rafael García del Valle

© 2011 Bubok Publishing S.L.

Foto portada: ©SOHO-NASA

1ª edición

ISBN: 978-84-9009-189-0

ISBN EBOOK: 978-84-9009-190-6

DL: M-36472-2011

Impreso en España / Printed in Spain

Impreso por Bubok

A mi madre.

Ella me inculcó su inquietud por conocer.

Contenido

| | |
|--|----|
| Introducción..... | 9 |
| 1. Cuando la Tierra dejó de ser un plácido mirador | 15 |
| 2. ¿Qué es una tormenta solar?..... | 25 |
| 3. Problemas con la electricidad..... | 38 |
| 4. El ciclo 24 | 47 |
| 5. La NASA se pone las pilas..... | 54 |
| 6. Tomando medidas..... | 62 |
| 7. Electromagnetismo y vida | 71 |
| 8. Terremotos y catástrofes naturales..... | 82 |
| 9. ¿Reconciliarnos con la naturaleza? | 91 |

Introducción

Antes que nada, quiero aclarar que no soy científico, sino un simple curioso que se interesa por multitud de temas. Como se suele decir, aprendiz de todo, maestro de nada. Pero tampoco pretendo dictar lecciones, así que está bien. He usado esta obra como una manera de indagar y ordenar todo aquello que voy recopilando por ahí con la esperanza de que pueda ser útil para otras muchas personas que, como yo, sienten la necesidad de conocer los asuntos relacionados con el ser humano y sus vínculos con todo lo que le rodea.

Mi propósito es ofrecer una visión breve, pero lo más completa posible, de un fenómeno, el de las tormentas solares, aún enigmático en muchos aspectos y del que la sociedad apenas tiene noticia, pero que nos afecta

constantemente y que puede reducir a escombros, en cuestión de unas pocas horas, todo el entramado de infraestructuras y comunicaciones que tejen nuestro planeta.

El ciclo solar que se inició en 2008 está llamado a alcanzar su máximo entre los años 2012 y 2013, y se prevé que será uno de los más agitados de los últimos cien años. Será la primera vez que nos enfrentemos a un evento así como sociedad altamente tecnológica, y es ahora cuando descubrimos que no estábamos preparados para afrontar un reto semejante, pues el desarrollo de nuestra civilización ha seguido un camino ajeno a aquel por el que transcurren los fenómenos naturales que se producen en nuestro universo, sin plantearse siquiera que estos pudieran llegar a poner en peligro todo lo alcanzado durante décadas de investigación y desarrollo. Toca, pues, hacer los deberes a marchas forzadas.

Según un artículo publicado en la página oficial de la NASA en julio de 2011:

La avalancha de apagones, propagada a través de los continentes por las líneas de energía eléctrica de larga distancia, podría durar semanas o incluso meses, el tiempo que necesitan los ingenieros para reparar los transformadores dañados. Los barcos y los aviones ya no podrían confiar en sus aparatos GPS para la navegación. Las redes bancarias y

financieras podrían dejar de funcionar, trastornando de este modo al comercio de una manera que es exclusiva de la Era de la Información. Según un informe del año 2008, publicado por la Academia Nacional de Ciencias, una poderosa tormenta solar, como las que ocurren una vez al siglo, podría tener el mismo impacto económico que 20 huracanes Katrina.¹

Es por ello que las inversiones en el estudio del Sol han aumentado considerablemente en los últimos años. Al contrario de lo que podríamos pensar, nuestra estrella sigue siendo una gran desconocida y apenas llegamos a atisbar los procesos básicos de su comportamiento. A finales de 2010, los científicos reconocían que sólo les era posible prever dos de cada tres tormentas solares, y es que la manera en que se originan las erupciones solares y el comportamiento del viento solar son bastante impredecibles y sólo detectables a muy corto plazo, como cualquier movimiento sísmico, erupción volcánica o evento meteorológico que ocurre en la Tierra.

Existen varios precedentes en la Historia que nos dan una idea de lo real y palpable que es la amenaza de un gran evento geomagnético, como lo es una tormenta solar. La mayor jamás registrada ocurrió en septiembre de 1859 y dejó

¹ http://ciencia.nasa.gov/ciencias-especiales/22jun_swef2011/

sin servicio de telégrafos a medio mundo. Entonces, aún no existía la dependencia tecnológica que padecemos hoy en día y, sin embargo, sus efectos sobre la recién nacida sociedad industrial fueron notables.

Posteriormente ha habido otras situaciones similares, aunque nunca de la potencia de aquella tormenta solar. Los sucesos más relevantes tuvieron lugar en 1921, 1972, 1989 y 2003. De ellos y de sus repercusiones hablaremos en este libro, como ejemplo de la necesidad que tiene nuestra civilización de no tomarse a la ligera tales acontecimientos.

Más allá de los efectos sobre la tecnología, y salvo por los hermosos espectáculos que ofrecen las auroras polares, las tormentas solares pasan completamente inadvertidas al ser humano. Sin embargo, numerosos estudios realizados en las últimas décadas han confirmado los enormes efectos que estos eventos producen en nuestra forma de sentir y comportarnos debido a la inestabilidad que causan en el campo magnético terrestre. Desde trastornos de sueño hasta pérdidas millonarias en bolsa por una mala decisión tomada en condiciones de malestar y negatividad. Como veremos, se han documentado casos de hospitales en los que, tras una tormenta solar más o menos importante, las incidencias por

depresión y trastornos psicológicos se incrementaban en más de un tercio de la media habitual.

También abordaremos un asunto bastante polémico pero que cada día parece contar con más adeptos. Se trata de la posible relación entre la actividad solar y las catástrofes naturales. Existen algunas líneas de investigación que sugieren el impacto directo que una tormenta solar puede tener sobre los movimientos sísmicos y que se basan en análisis y estadísticas realizados a lo largo de los últimos años, aunque sus interpretaciones no siempre son bien recibidas por la gran mayoría de la comunidad científica.

He incluido notas a pie de página con referencias a aquellas publicaciones que son accesibles a través de internet. Algunas direcciones son bastante complejas y difíciles de transcribir de forma manual, pero pueden servir de pista a los más curiosos para encontrar los datos y profundizar en las indagaciones.

Por último, me he permitido realizar unas reflexiones finales a modo de resumen de todo lo he expuesto. Como veremos, los diferentes foros internacionales de debate donde se ha reflexionado sobre las repercusiones que una gran tormenta solar puede llegar a tener sobre nuestro modo de vida suelen

terminar concluyendo que es necesario cuestionar y replantear la forma en que nos relacionamos con el entorno. El objetivo de estas conferencias y encuentros no es otro que desarrollar una base tecnológica capaz de adaptarse a las amenazas que se ciernen, no sobre nuestro planeta, sino sobre nuestra sociedad tecno-dependiente y ajena desde sus inicios a su verdadera fragilidad, sobre todo en unos tiempos en que la globalización ha obligado a establecer dependencias básicas entre regiones remotas donde, a causa de un evento aparentemente ajeno como es una tormenta solar, un simple fallo en los sistemas puede dejar sin suministro a una gran cantidad de población.

Entremos, pues, en materia. Conozcamos qué son y cómo actúan las tormentas solares y qué efectos ejercen sobre nuestro mundo.

1. Cuando la Tierra dejó de ser un plácido mirador

La mayor tormenta solar de que se tiene constancia ocurrió en 1859. Se la conoce como “evento Carrington”, en homenaje al astrónomo que detectó una inusual actividad solar poco antes de que sus efectos se notaran en la Tierra. Pero, por entonces, aún se desconocía la relación entre aquella actividad solar y los fenómenos que se precipitarían sobre el planeta pocas horas después del descubrimiento de Carrington. Era impensable que un acontecimiento que tenía lugar a tantos millones de kilómetros de distancia pudiera afectarnos de manera directa.

Los primeros indicios se dieron el 28 de agosto de aquel año, cuando se comenzaron a ver auroras boreales en latitudes muy poco acostumbradas a las mismas. Días después, la mañana del 1 de septiembre de ese año, a las 11:18 según anota en su testimonio, Richard Carrington, uno de los astrónomos solares más reputados de Inglaterra, se encontraba estudiando el aspecto de un grupo de manchas que le habían llamado la atención por su gran tamaño. De repente, dos puntos brillantes de color blanco aparecieron sobre las mismas, se intensificaron rápidamente y adoptaron una forma semejante a la de un riñón.

Enseguida supo que estaba siendo testigo de algo sin precedentes, así que, llevado por el nerviosismo, Carrington corrió para llamar a alguien con quien compartir aquel momento. Al regresar, el astrónomo y su acompañante observaron cómo los puntos blancos se desplazaban al tiempo que se contraían y desaparecían en cuestión de minutos. Eran las 11:23 de la mañana. El suceso había durado cinco minutos.²

² *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol. 20, p.13-15, "Description of a Singular Appearance seen in the Sun on September 1, 1859".

http://adsbit.harvard.edu/cgi-bin/nph-article_query?bibcode=1859MNRAS..20...13C

Cuatro horas después de la media noche, es decir, el 2 de septiembre, comenzó la gran tormenta solar. Sobre los cielos de todo el planeta aparecieron auroras de colores rojo, verde, azul y púrpura, tan brillantes que hasta se podía leer con la luz natural. Las auroras boreales fueron todo un espectáculo en zonas tan insospechadas como el Mediterráneo, el sur de los Estados Unidos e incluso en latitudes casi tropicales como Cuba, las Bahamas, Jamaica, El Salvador y Hawái. Tanto en el océano Atlántico como en el Pacífico, los capitanes de barco registraron en los cuadernos de bitácora la aparición de intensas luces anaranjadas en el cielo.

Así ocurrió con el *Southern Cross*, un *clipper* que navegaba cerca de las costas de Chile enfrentándose a un fuerte temporal y cuya historia recoge el periodista Stuart Clark en su libro *The Sun Kings*³. Según cuenta la historia, aquella madrugada del 2 de septiembre, y en mitad de la tormenta que les azotaba, la tripulación del *Southern Cross* se percató de que estaban navegando en un océano de sangre. Era el reflejo del cielo, donde las nubes presentaban un intenso color rojo. Por su experiencia de navegantes, sabían que tras ellas había una gran aurora austral. Aunque habituados a este

³ <http://www.thenakedscientists.com/HTML/articles/article/the-biggest-solar-storm-in-history/>

fenómeno de naturaleza mágica e inexplicable para ellos, se sintieron sorprendidos por presenciarlo tan al norte del círculo polar antártico.

A medida que la noche transcurría y se acercaba el amanecer, la tempestad se fue disipando. Entonces fueron testigos de algo aún más sorprendente. En el horizonte, extrañas luces llameaban como si un terrible incendio hubiese envuelto a la Tierra. La sensación de que un gran cataclismo se les venía encima fue inevitable.

Con el problema añadido de que las brújulas eran inservibles, semanas después, al llegar a San Francisco, descubrieron que la suya no había sido una experiencia aislada. Dos tercios de los cielos de la Tierra habían sido escenario de acontecimientos similares. Y aquellos con quienes compartieron su experiencia habían vivido algo similar. Todos coincidían. Había sido el espectáculo más tremendo y sobrecogedor que habían presenciado nunca.

El imponente fenómeno al que habían asistido no era sino la parte más amable de la historia. Al tiempo que en los cielos se producían las auroras y unos se maravillaban, otros se estremecían, y quien sabe si no ambas cosas a la vez. Los sistemas de telégrafos habían sido aniquilados, eliminando

las comunicaciones en todo el mundo, y durante días la naturaleza se negó a permitir que estas arterias de la información fluyeran libremente.

Pero lo peor es que también hubo víctimas. En muchísimas de las oficinas de telégrafos repartidas por el mundo, los equipos estallaron en llamas. Eran numerosas las historias de operadores que tuvieron que luchar con todas sus fuerzas para desconectar los aparatos con el consiguiente riesgo de electrocución.

Los periódicos de todo el mundo nos dejaron su testimonio, y entre ellos también los españoles:

La aurora boreal que se observó en Madrid, o por mejor decir en España, en la noche del domingo al lunes de la semana pasada, ha sido ostensible en toda Europa, a juzgar por las noticias que van llegando de París, y otras varias. El Diario de Bruselas ha hecho observar que el mismo día se hicieron visibles varios fenómenos curiosos de la física del globo. Al mediodía del domingo, la aguja magnética empezó a sufrir impresiones violentas y las líneas telegráficas en Ostende, Anvers, Londres, París y Berlín, y aun el cable submarino entre Ostende y

*Donores dejaron percibir signos evidentes de relación con el precipitado fenómeno durante el espacio de su aparición.*⁴

Aquellos días, los instrumentos de medición del observatorio astronómico de Kew, al sur de Inglaterra, donde, entre otras cosas, se realizaban estudios sobre los campos magnéticos, se volvieron, literalmente, locos. Sencillamente, era cuestión de tiempo que algunos científicos empezaran a atar cabos con toda la serie de acontecimientos que se dieron aquellos primeros días de septiembre de 1859. Todo apuntaba a que había una relación directa entre las alteraciones magnéticas, las auroras, los cortocircuitos en las líneas eléctricas, la interrupción de las comunicaciones telegráficas y, aunque todavía deberían pasar algunos años, las burbujas detectadas por Richard Carrington.

De repente, el mundo civilizado fue consciente de que la Tierra y su tecnología podían verse afectados por los acontecimientos celestes. Las auroras ya no eran un mero espectáculo en los cielos, y mucho menos signos de mayor o menor augurio para las mentes supersticiosas. Es cierto que

⁴Diario *El clamor público*, 06/09/1859
http://hemerotecadigital.bne.es/datos1/numeros/internet/Madrid/Clamor%20p%C3%BAblico,%20El/1859/185909/18590908/18590908_00000.pdf?#search=%22aurora%22

desde tiempo atrás se sabía que estaban relacionadas con alteraciones magnéticas, pero no que el Sol pudiera estar detrás de todo aquello. Fue a partir de entonces cuando se vieron las consecuencias directas sobre la actividad humana.

Aun así, llevó su tiempo para que los científicos del momento se convencieran de que las observaciones que Richard Carrington había apuntado podían tener algo que ver con lo que justo después se había presenciado en la Tierra. Era inconcebible que unas explosiones en el Sol pudieran tener un efecto tan palpable a tantos millones de kilómetros de distancia, y quienes así lo sugirieron fueron ridiculizados y desprestigiados en su labor de investigación.

No obstante, a raíz de la tormenta de aquel septiembre de 1859 algo había empezado a cambiar en la mente de muchos y el desarrollo de nuevas hipótesis al respecto era ya un fenómeno imparable. Nuestro planeta dejó de ser un lugar plácido desde el que contemplar el Cosmos y tratar de entender, en la distancia de meros observadores, las maravillas de un universo que se antojaba perfecto y ordenado como un reloj de precisión, y cuyos movimientos podían ser predichos de antemano. Había sucesos allí fuera que se escapaban al control humano y que amenazaban, de

manera incomprensible e inesperada, la forma de vida de aquella nueva sociedad industrial, que recién se abría a la dependencia eléctrica para comunicarse a largas distancias y mejorar sus medios de transporte.

Comenzó así una carrera frenética por entender el comportamiento del Sol y cómo su actividad podía afectar a la vida en la Tierra. Carrera que ha durado hasta nuestros días y continúa, pues, aunque los avances han sido enormes a lo largo de este siglo y medio, sobre todo a partir del uso de satélites que permitieron un seguimiento del Sol con mejor perspectiva a la que tiene un observador desde la superficie terrestre, las incógnitas siguen siendo numerosas.

Por poner un ejemplo, a finales de los 90, los científicos observaron unas extrañas ondas que se extendían por la superficie del Sol tras una erupción. Aparentemente, parecían ser grandes olas de plasma que alcanzaban alturas de hasta 100.000 km. y que se desplazaban a 250 km. por segundo. Se trataba de un hecho desconocido hasta entonces, y tan violento que lo atribuyeron a una anomalía de los aparatos de observación. Tuvieron que pasar años para que, en 2009, gracias a las nuevas sondas espaciales y a la tecnología desarrollada desde 2008 para estudiar nuestra

estrella con mayor precisión, concluyeran que era un hecho real. Hoy se le conoce popularmente como “tsunami solar”.⁵

Posteriormente, en 2010, se vio cómo una erupción solar podía originar una reacción en cadena que terminaba por desencadenar otras explosiones a lo largo de toda la superficie del Sol. Hasta ese momento, se había pensado que las erupciones eran fenómenos aislados sin relación aparente. Los científicos descubrieron entonces que el Sol posee una red magnética que interconecta diferentes zonas entre sí y que las llamaradas pueden no ser un hecho localizado, sino que se extienden a modo de un gigantesco efecto dominó, lo que obligó a replantearse la manera en que la ciencia se acercaba a estudiar los acontecimientos que tienen lugar en el Sol.⁶

Actualmente, las inversiones en el estudio del comportamiento solar están siendo enormes, tanto en el aspecto económico y tecnológico como humano. Y, a pesar de todo, la NASA reconoce que sólo podemos detectar la formación de una tormenta solar en un 66% de los casos. Es

⁵ <http://www.abc.es/20091126/ciencia-tecnologia-espacio-sistema-solar/nasa-confirma-existencia-enormes-200911261008.html>

⁶ <http://www.abc.es/20101214/ciencia/gigantescas-explosiones-cadena-causan-201012141348.html>

decir, que una de cada tres tormentas que nos afectan nos pilla de sorpresa, pues su origen ha pasado desapercibido a nuestra tecnología y ha burlado nuestro conocimiento sobre el fenómeno.⁷

Pero, para que nos situemos mejor en el escenario de los hechos, repasemos una serie de conceptos a través de los cuales podremos comprender mejor qué es y cómo se produce una de estas tormentas solares.

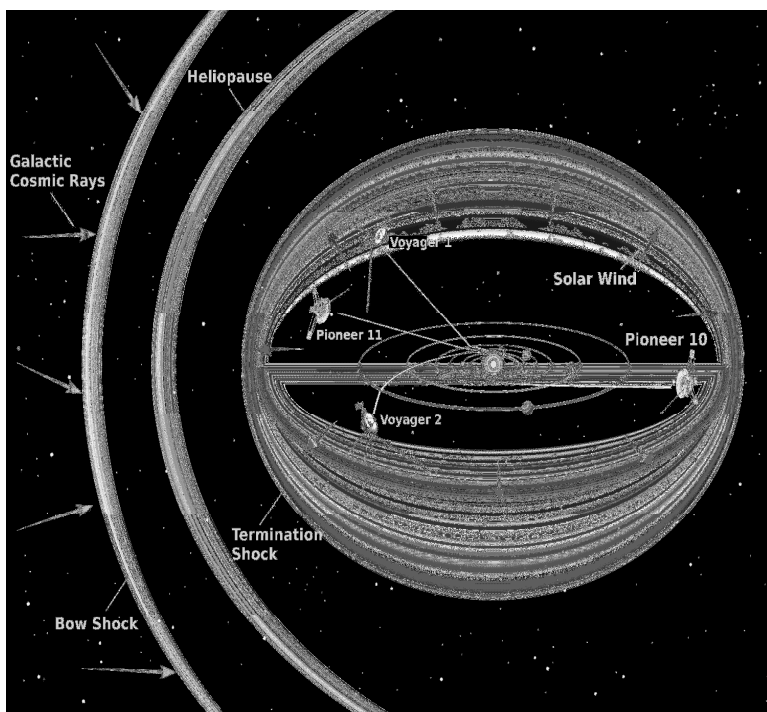
⁷ <http://www.abc.es/20101208/ciencia/lanza-ataques-furtivos-201012080947.html>

2. ¿Qué es una tormenta solar?

Las tormentas solares, o geomagnéticas, son fenómenos bastante frecuentes y de los que apenas, salvo eventos de gran magnitud, somos conscientes. Básicamente, se trata de alteraciones en el campo magnético terrestre provocadas por un aumento de actividad solar.

El Sol emite un flujo variable de partículas que fluyen hacia el exterior, el “viento solar”. Este flujo es un plasma muy poco denso, o lo que es lo mismo, un compuesto gaseoso de partículas cargadas entre las que se producen interacciones electromagnéticas. Este plasma se extiende más allá de los

planetas conocidos y forma una burbuja denominada “heliosfera”. Gracias a la presión del viento solar, la heliosfera actúa como un escudo que protege a todo el sistema solar de las radiaciones exteriores procedentes del resto de la galaxia.



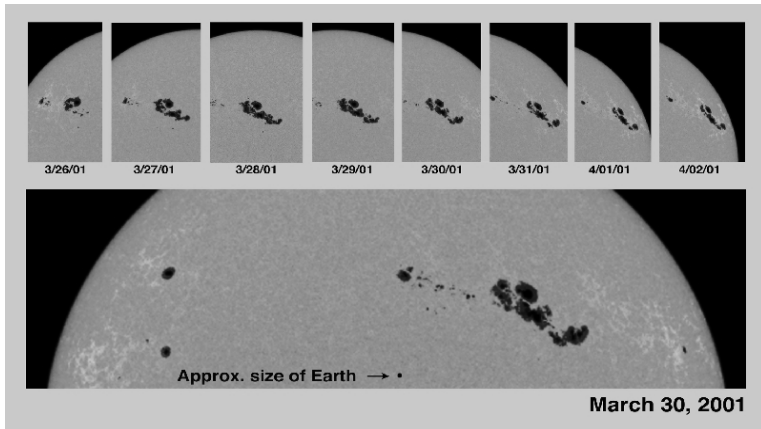
Así, se puede hablar de nuestro espacio más cercano en términos similares a como hablamos de la atmósfera terrestre. Es decir, podemos usar valores de presión, temperatura, densidad y velocidad. Y de la misma forma,

según la actividad que se registre en el Sol, se formarán corrientes y patrones de circulación de diferentes características.

Nuestra estrella tiene ciclos de baja y alta actividad en la emisión de radiaciones que se alternan cada once años, aunque en realidad esta cantidad es una media, puesto que los ciclos registrados hasta hoy⁸ pueden variar desde un mínimo de ocho años hasta un máximo de trece. Al final de cada ciclo, la polaridad se invierte, pasando de norte a sur y viceversa. De esta manera, un período magnético abarca veintidós años.

Los ciclos de alta actividad están asociados a la abundante formación de manchas solares, que no son sino regiones de nuestra estrella que adquieren una gran intensidad magnética. Aparecen más oscuras debido a una ilusión óptica provocada por la disminución de la temperatura en ese punto del Sol.

⁸ El análisis y estudio de los ciclos solares comenzó a registrarse a partir de 1755.



SOHO (ESA&NASA)

Estos ciclos se guían por el movimiento de la llamada “gran cinta transportadora”, que se asemeja al movimiento de nuestros océanos. Se trata de corrientes en forma de bucles que se sumergen cerca de los polos y emergen en las proximidades del ecuador. Cuando las manchas solares comienzan a debilitarse, las corrientes en la superficie arrastran los restos de sus campos magnéticos hacia el interior de la estrella, donde se vuelven a intensificar y regresan a la superficie, dando comienzo a un nuevo ciclo solar.

Las manchas solares aparecen, crecen, cambian de dimensiones y de aspecto y luego desaparecen tras haber existido tras una o dos rotaciones

solares, es decir durante uno o dos meses, aunque su vida media es aproximadamente dos semanas.

Suelen aparecer por parejas. Primero se observa una formación brillante, la fúcula, luego un poro, un intersticio entre la granulación de la fotosfera que empieza a oscurecerse. Al día siguiente ya hay una pequeña mancha, mientras en el poro gemelo a unos pocos grados de distancia aparece otra mancha. A los pocos días ambas manchas tienen el aspecto característico: una región central oscura llamada sombra con temperaturas alrededor de 2.500 K [grados kelvin] y brillo un 20% de la fotosfera, rodeada de una zona grisácea y con aspecto filamentososo, la penumbra, con temperaturas alrededor de 3.300 K y brillo un 75% de la fotosfera. Los filamentos claros y oscuros tienen una dirección radial. Los gránulos de la penumbra tienen también forma alargada de tamaños 0,5" a 2" y sus tiempos de vida son mucho mayores que los gránulos ordinarios, desde 40 minutos a 3 horas. Junto a estas dos manchas principales aparecen otras más pequeñas. Todas las manchas tienen movimientos propios con velocidades de hasta centenares de kilómetros por hora. El grupo de manchas alcanza su máxima complejidad hacia el décimo día

Las manchas solares son el aspecto visible del tubo de flujo magnético que se forma debajo de la fotosfera. En ellos la presión y densidad son menores y por esto se elevan y enfrían. Cuando el tubo de

fuerza rompe la superficie de la fotosfera aparece la fácula que es una región un 10% más brillante que el resto. Por convección hay un flujo de energía desde el interior del sol. El tubo magnético se enrosca por la rotación diferencial. Si la tensión en el flujo del tubo alcanza cierto límite, el tubo magnético se riza como lo haría una venda de caucho. La transmisión del flujo de energía desde el interior del sol se inhibe, y con él la temperatura de la superficie. A continuación aparecen en la superficie dos manchas con polaridad magnética opuesta en los puntos en las que el tubo de fuerza corta a la fotosfera.

Las recientes observaciones del satélite (SOHO) usando las ondas sonoras que viajan a través de la fotosfera del Sol permiten formar una imagen detallada de la estructura interior de las manchas solar, debajo de cada mancha solar se forma un vórtice giratorio, esto hace que se concentren las líneas del campo magnético. Las manchas solares se comportan en algunos aspectos de modo similar a los huracanes terrestres.⁹

Alrededor de las manchas tienen lugar las llamadas “erupciones solares”, tremendas explosiones de potencia equivalentes a decenas de millones de bombas de hidrógeno. Estas tienen lugar en la superficie del Sol, calentando plasma a decenas de millones de grados y acelerando los electrones e iones más pesados que resultan

⁹ http://es.wikipedia.org/wiki/Mancha_solar

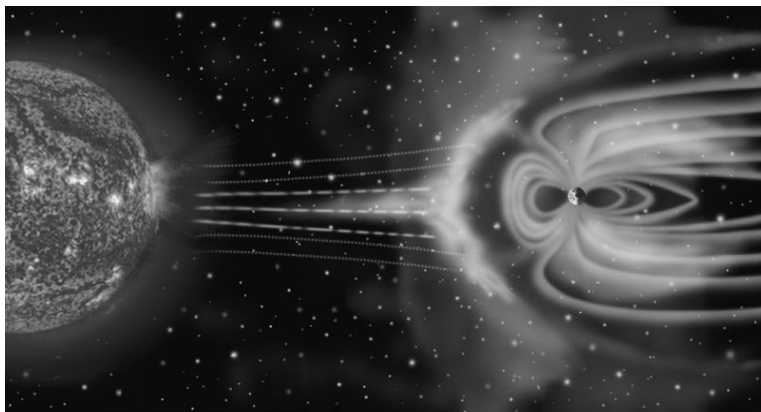
de las mismas a velocidades cercanas a la de la luz. Se produce así radiación electromagnética en todas las longitudes de onda, desde largas ondas de radio a los más cortos rayos gamma.

Algunas de estas partículas terminan por alcanzar la Tierra, introduciéndose en espiral por las líneas del campo magnético de la misma. De esta forma, penetran en las altas capas de la atmósfera y provocan una ionización adicional, la cual se puede traducir en un aumento significativo de la cantidad de radiación ambiental. Es lo que se conoce como “evento de protones”.

Según su intensidad, las erupciones solares se clasifican en A, B, C, M y X. Cada clase tiene un pico de flujo diez veces mayor que la anterior. A su vez, dentro de cada clase hay una escala lineal de 1 a 9, así que una erupción X2, por ejemplo, tiene dos veces la potencia de una X1.

En ocasiones, una de estas erupciones se desprende violentamente hacia el exterior lanzando al espacio una enorme cantidad de materia y radiación electromagnética. Es lo que se conoce como “eyección de masa coronaria” o ECM. De esta manera, al producirse una ECM, el viento solar se intensifica en la dirección que tome la misma.

La Tierra posee un campo magnético, la magnetosfera, que la protege del viento solar. Se trata de una región alrededor del planeta que actúa a modo de escudo contra las partículas cargadas eléctricamente.



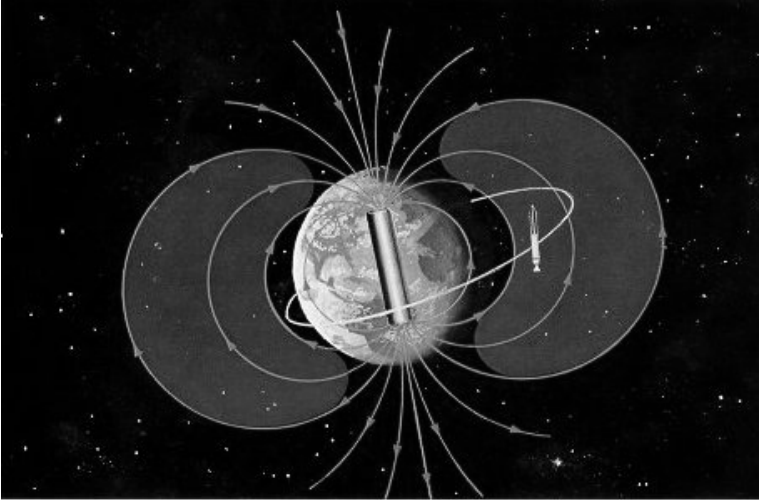
La magnetosfera (500-60.000 km.) contiene gran parte de la exosfera (700-10.000 km.), y es la parte más externa y amplia de la atmósfera terrestre. Es decir, comienza a unos 500 km. de altura, por encima de la ionosfera, donde las partículas ionizadas de la atmósfera interactúan con mayor intensidad con el campo magnético terrestre. La magnetosfera interactúa con el viento solar en una región denominada magnetopausa que se encuentra a unos 60.000 km. de la Tierra en la dirección Tierra-Sol y a mucha mayor distancia en la dirección opuesta. Por delante de la magnetopausa se encuentra la superficie de choque entre el viento solar y el campo magnético. En esta región el plasma solar se frena rápidamente antes de ser desviado por el

resto de la magnetósfera. Las partículas cargadas del viento solar son arrastradas por el campo magnético sobre los polos magnéticos dando lugar a la formación de auroras polares, boreales en el hemisferio norte y australes en el hemisferio sur. En el lado no iluminado las líneas de campo se deforman y alargan arrastradas por el viento solar alcanzando un tamaño de 300.000 km. en la dirección opuesta al Sol.¹⁰

Gran parte de las partículas de alta energía que conforman el viento solar, al contacto con la magnetosfera, son desviadas. Muchas otras son dirigidas por las corrientes electromagnéticas hacia los polos, donde el campo magnético es más delgado y sus líneas se introducen en la Tierra. Según la fuerza del viento solar pueden acceder a nuestra atmósfera y, al interactuar con los gases de la misma, los átomos de oxígeno y nitrógeno de la ionosfera se cargan de electricidad, algo que se manifiesta como un juego de luces de colores, las llamadas auroras polares.

Aquellas partículas que no han sido desviadas en un primer momento y penetran en la magnetosfera son atrapadas en unas zonas de circulación electromagnética denominadas “cinturones de Van Allen”.

¹⁰ <http://es.wikipedia.org/wiki/Magnetosfera>



Estos cinturones son áreas en forma de anillo de superficie toroidal en las que gran cantidad de protones y electrones se están moviendo en espiral entre los polos magnéticos del planeta, y se estructura en dos cinturones: uno interior y otro exterior. El cinturón interior está a unos 1.000 km. por encima de la superficie de la Tierra y se extiende por encima de los 5.000 km.; por su parte, el cinturón exterior se extiende desde aproximadamente 15.000 km. hasta los 20.000 km. Este cinturón exterior en concreto no afecta a satélites de órbitas altas/medias (MEO) como pueden ser los geostacionarios (GEO) situados en torno a 35.000 km. de altitud. Los satélites de órbita baja (LEO) deben buscar un compromiso entre la conveniencia de emplear una altitud considerable para evitar la resistencia residual de la alta atmósfera, que acorta la vida útil del satélite, y la necesidad de estar por

debajo de los 1.000 km. para no sufrir largas permanencias en los cinturones de radiación ni atravesar áreas de elevada intensidad, muy perjudiciales para dichos satélites

Estos cinturones de radiación se originan debido al intenso campo magnético de la Tierra, causado a su vez por la rotación de ésta. Dicho campo atrapa partículas cargadas (plasma) provenientes del sol (viento solar), así como partículas cargadas que se generan por interacción de la atmósfera terrestre con la radiación cósmica y la radiación solar de alta energía.¹¹

Existe una región donde el cinturón interior de estos anillos de Van Allen se encuentra a una órbita muy baja, a tan sólo unos cientos de kilómetros de la superficie terrestre, y las radiaciones en esa zona, por tanto, son de mayor intensidad. Es la llamada “anomalía del Atlántico sur”, zona que resulta altamente peligrosa para las naves y satélites artificiales que la atraviesen, pues tanto los equipos electrónicos como los seres humanos pueden verse perjudicados por la radiación.

La AAS (Anomalía del Atlántico Sur) 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 esta desviado de su centro geográfico en 450 km. Algunos

¹¹ http://es.wikipedia.org/wiki/Cinturones_de_Van_Allen

piensan que dicha anomalía es un efecto secundario de una reversión Geomagnética.

La "anomalía del Atlántico Sur" es de gran importancia para los satélites y otras naves espaciales que orbitan a cientos de kilómetros de altitud con inclinaciones orbitales de 35° y 60°, ya que estas órbitas llevan a estos satélites a través de la anomalía de manera periódica, exponiéndolos durante varios minutos a una fuerte radiación.

La estación espacial internacional, que orbita con una inclinación de 51,6°, requirió de un blindaje extra para afrontar este problema.

El telescopio espacial Hubble no efectúa observaciones al pasar por esta región.¹²

Debido a la presión que ejerce el viento solar, la magnetosfera se comprime por el lado que encara al Sol y se alarga por el opuesto, adquiriendo una forma típica de gota. La superficie externa de la magnetosfera, aquella que está en contacto directo con el plasma solar, se denomina “magnetopausa”. Según la fuerza del viento solar, su densidad o su campo magnético, esta compresión será mayor o menor.

¹²http://es.wikipedia.org/wiki/Anomal%C3%ADa_del_At%C3%A1ntico_Sur

Cuando se produce una ECM y ésta se dirige hacia la Tierra, la velocidad y densidad del viento solar se incrementa de manera considerable y su choque contra la magnetosfera provoca una perturbación en los campos magnéticos que es lo que conocemos como “tormenta solar”.

La burbuja que nos protege sufre entonces una sacudida tal que el movimiento de los campos magnéticos induce a la formación de corrientes eléctricas que se desplazan a lo largo y ancho de la atmósfera. El resultado de una tormenta menor suele ser un intenso y bonito espectáculo de auroras en las zonas polares. A mayor intensidad, la perturbación electromagnética alcanzará una región más amplia de la atmósfera, de manera que tales auroras podrán ser vistas en zonas más alejadas de los polos. Sin embargo, tal maravilla esconde un serio aviso, pues, en los casos más violentos, la carga eléctrica puede llegar hasta la superficie terrestre y causar un serio destrozo.

3. Problemas con la electricidad

Ya hemos hablado de la gran tormenta solar de 1859. Gracias al análisis actual de los datos de la época y con los conocimientos adquiridos, los científicos han podido determinar que en septiembre de aquel año el viento solar alcanzó tal fuerza que comprimió la magnetosfera desde los 60.000 km. que suele ocupar hasta sólo 7.000 km. Desde entonces, la Tierra ha sufrido diferentes fenómenos similares, si bien no tan espectaculares como el de aquel año.

Hay cuatro factores necesarios para que se produzca una tormenta solar perfecta:

- 1- La eyección de masa coronaria debe ser expelida a una gran velocidad.

- 2- Ha de tomar un camino directo hacia la Tierra.
- 3- Frente a otras tormentas de mayor duración, tiene que ser breve pero intensa.
- 4- El campo magnético de la ECM ha de estar orientado en posición inversa al de la Tierra. Es decir, enfrentando su polo sur al polo norte terrestre, lo cual facilita la interacción magnética y las partículas solares encuentran más fácil acceso al interior de nuestra magnetosfera.

Hasta el día de hoy, sólo la gran tormenta de 1859 cumplió estos cuatro requisitos, de manera que, a pesar de haberse detectado varias erupciones solares de gran importancia a lo largo del siglo XX, ninguna llegó a producir una tormenta tan intensa como el evento Carrington.

El principal problema relacionado con una de estas tormentas es la influencia tan dañina que ejerce sobre nuestros sistemas eléctricos. Las corrientes eléctricas generadas en la atmósfera tras una tormenta geomagnética interaccionan con las líneas de transmisión, las cuales suelen estar ya de por sí al límite de carga en las zonas más desarrolladas debido a las necesidades de consumo, y aportan una corriente extra que termina por saturar los

transformadores. De ello tenemos varios ejemplos a lo largo de las últimas décadas.

La erupción solar más violenta jamás registrada ocurrió el 29 de octubre de 2003, clasificada como tipo X34. La velocidad de la eyección de masa coronaria fue la más alta registrada después de la de 1859. Frente a las diecisiete horas que tardó la ECM del evento Carrington en recorrer la distancia que separa al Sol de la Tierra, la ECM de la tormenta de Halloween, que tal es el nombre con el que ha pasado a la Historia, lo hizo en diecinueve horas. Sin embargo, los polos magnéticos de la ECM que impactó contra nuestra magnetosfera no estaban alineados de manera inversa a la misma, como sí había ocurrido en 1859, lo que evitó daños mayores que los que tuvieron lugar.

Durante este evento, el país más afectado fue Suecia, donde se produjeron numerosos cortes de suministro eléctrico. En el resto del planeta, se dieron fallos en las comunicaciones que obligaron a interrumpir el tráfico aéreo en diferentes zonas. Así, el sistema WAAS (*Wide Area Augmentation System*), ideado como un complemento del sistema GPS que otorga mayor precisión y seguridad en las señales de posicionamiento, y que es usado por las compañías aéreas,

estuvo inoperativo durante un total diez horas a lo largo de dos días. Además, el 4 de noviembre una fuerte carga de rayos x, la más intensa jamás registrada, causó daños a 28 satélites y dos fueron reducidos a chatarra.

Catorce años antes, el 13 de marzo de 1989, medio mundo pudo deleitarse con un fenomenal espectáculo de auroras boreales que se dejaron ver por casi todo el hemisferio norte, llegando a lugares tan meridionales como Florida y Cuba. Sin embargo, el fenómeno no resultó ser tan divertido para los habitantes de la provincia de Quebec, en Canadá, donde la tormenta provocó el fallo de un transformador de la principal planta hidroeléctrica del país. El corte del suministro afectó a seis millones de personas durante nueve horas. Para poder hacernos una idea de la situación, sólo basta pensar en la cantidad de personas que quedaron atrapadas en ascensores, o en el absoluto descontrol del tráfico ante la falta de semáforos. La tormenta también afectó a numerosas ciudades de la costa este de Estados Unidos, estimándose las pérdidas económicas de aquel apagón en unos ¡6.000 millones de dólares!

El 2 de agosto de 1972, los astrónomos detectaron una llamarada de tipo X2. Gracias a la sonda *Pioneer 9*, los

científicos del Centro de ambiente espacial de Boulder, en Colorado, Estados Unidos, pudieron comprobar “in situ” cómo el viento solar incrementaba su velocidad casi al doble, de unos 550 km. por segundo a cerca de 1.000, lo que les permitió predecir la tormenta que se les vendría encima el día 4 de agosto. Las consecuencias fueron, de nuevo, importantes cortes en los sistemas de telecomunicaciones de países como Estados Unidos y Canadá.

Pero una de las tormentas más dañinas del pasado siglo tuvo lugar en 1921. El 14 de mayo de aquel año, toda la costa este de los Estados Unidos se quedó sin electricidad y las comunicaciones fueron imposibles desde la costa atlántica hasta la región del Mississippi. Se registraron incendios por doquier debido a la saturación de las líneas eléctricas, entre otros el que destruyó la estación central de ferrocarriles de Nueva Inglaterra. En Europa, la cosa no fue mejor. Todo el continente perdió las comunicaciones de teléfono, telégrafo y cable. Muchas oficinas y centrales telefónicas fueron arrasadas por las llamas.

La tormenta solar que causó tales destrozos no había sido ni la mitad de potente que la de 1859. Una muestra de que el enorme desarrollo tecnológico alcanzado en poco más de

medio siglo era tan frágil y vulnerable como en sus comienzos. O quizás más, pues la dependencia eléctrica generada por los nuevos modos de vida iba creciendo de manera exponencial.

Muchas otras tormentas solares han afectado nuestra vida a lo largo del siglo XX¹³. Aunque no tan intensas como las mencionadas, todas ellas causaron serios problemas en las comunicaciones y sobrecargaron las redes eléctricas de numerosas ciudades, así como las líneas ferroviarias, lo que dio lugar a innumerables incidentes relacionados con retrasos y cancelaciones de trenes. Ni que decir tiene que las auroras siempre eran malinterpretadas en aquellas latitudes poco habituadas al fenómeno, por lo que el temor a que fueran el reflejo de grandes incendios o accidentes relacionados con algún transporte hacía que la actividad de los servicios de bomberos fuera frenética.

Es el caso de la llamarada de 1938. Tras la erupción solar del 25 de enero, las auroras fueron de nuevo visibles por todo el hemisferio norte. En España, en plena guerra civil, muchos pensaron que se trataba del reflejo de incendios provocados por bombardeos sobre alguna ciudad cercana. Pero también

¹³ <http://www.solarstorms.org/SRefStorms.html>

tuvo otra curiosa interpretación. Y es que en Portugal se la relacionó con el segundo de los secretos de Fátima, puesto que en él, la Virgen María comienza:

*Cuándo ustedes vean una noche iluminada por una luz desconocida, sepan que esto es el gran signo dado a ustedes por Dios que él está a punto de castigar al mundo por sus crímenes, por medio de la guerra, el hambre, y las persecuciones de la Iglesia y del santo Padre. Para prevenir esto, yo vendré a pedir la consagración de Rusia al Corazón Inmaculado, y a la Comunión de reparación en los Primeros sábados. Si se hacen caso de mis pedidos, Rusia se convertirá, y habrá la paz; si no, ella esparcirá sus errores a través del mundo, causando las guerras y las persecuciones de la Iglesia. El bueno será martirizado; el santo Padre tendrá mucho que sufrir; varias naciones serán aniquiladas. Al fin, el Corazón Inmaculado triunfará. El santo Padre consagrará Rusia a mí, y ella será convertida, y un período de paz será otorgado al mundo.*¹⁴

Es de imaginar que, durante la guerra fría, estos fenómenos debieron causarle un serio disgusto a más de uno. Es lo que sucedió con la erupción solar del 11 de febrero de 1958, la cual produjo auroras tan rojas y luminosas en los cielos de Europa que hizo inevitable volver a recordar los fuegos y

¹⁴ http://es.wikipedia.org/wiki/Misterios_de_F%C3%A1tima

explosiones remotas de la guerra. Muchos temieron entonces que se hubiera dado comienzo a un nuevo conflicto bélico.

Pero más allá de los miedos de un ciudadano de a pie que se enfrenta ante algo nada habitual e intenta encontrarle una lógica, el disgusto puede adquirir tintes más serios si los que se desubican y no saben qué está pasando son, por ejemplo, militares. Dos años antes, el 24 de febrero de 1956, el submarino británico *Acheron* se encontraba realizando una misión en las aguas del Ártico, en algún lugar entre Islandia y Groenlandia, cuando se perdió su señal de radio. El alto mando británico decretó enseguida el estado de máxima alerta y en poco tiempo la región norte del Atlántico se vio plagada de aviones y buques de guerra. Periódicos como el español *ABC* siguieron el suceso:

El Almirantazgo británico anunció a mediodía que no tenía noticias del submarrino “Acheron”. Normalmente debió haberse recibido por “radio” una comunicación del mismo a las once de la mañana (hora española).

En vista de ello se dispuso que todos los aviones y barcos de salvamento y reconocimiento disponibles recorrieran la zona en que se sumergió el miércoles el submarino. A las tres de la tarde no se había logrado todavía establecer contacto con el sumergible. La búsqueda se ve, desde

luego, dificultada por una galerna ártica. La profundidad del Atlántico en la zona de la desaparición de la nave es de 145 brazas.

El “Acheron”, de 1.120 toneladas es gemelo del “Affrey”, que en 1951 se sumergió en el Canal de la Mancha y no volvió a la superficie. Pertenece a la nueva clase “A” de los sumergibles británicos y lleva a bordo a seis oficiales y cincuenta y nueve marineros.

A última hora de la tarde informa el Ministerio del Aire que ha sido localizado por “radio” el submarino que se creía desaparecido, ordenando que cese la búsqueda del “Acheron”.¹⁵

El submarino estuvo desaparecido durante cuatro horas. La causa, una tormenta solar acompañada de una de las mayores descargas de radiación cósmica registradas hasta la fecha.

¹⁵<http://hemeroteca.abc.es/nav/Navigate.exe/hemeroteca/madrid/abc/1956/02/25/032.html>

4. El ciclo 24

Los ciclos solares se nombran mediante un número que determina su posición en el tiempo. El ciclo 1 se corresponde con la actividad solar que tuvo lugar en torno a 1755, cuando se empezaron a registrar y numerar los diferentes estados del Sol.

El ciclo 24 comenzó a principios de 2008, La inquietud que levantó entre los científicos se debe a que desde 1996 venían previendo que iba a ser uno de los períodos más intensos y activos de la historia de nuestro sol.

Pero el nuevo ciclo comenzó de una manera inesperada, pues lo hizo con una inusitada calma que rompió todas las estadísticas. El 4 de enero de 2008 surgió una primera mancha de polaridad invertida. Esto quiere decir que su

norte magnético surge en sentido opuesto al que habían presentado las manchas del ciclo anterior, fenómeno éste que es el anuncio de un nuevo período. Era, por tanto, el inicio oficial del ciclo 24. A partir de ahí, lo lógico hubiera sido el aumento paulatino de las manchas solares hasta alcanzar su máximo, el cual estaba previsto que abarcara desde finales de 2011 hasta principios de 2013.

Sin embargo, las manchas no aparecieron hasta dos años después de lo esperado, alargando así de manera incomprensible el mínimo solar del ciclo 23. Según interpretaron algunos, esto se debió a una aceleración de la gran cinta transportadora del Sol a finales de los años noventa. Al aumentar su velocidad, la corriente arrastró rápidamente los restos de las manchas solares hacia el interior del Sol, donde se vuelven a cargar, pero el proceso fue demasiado rápido como para permitir su completa regeneración, de manera que la formación de manchas se detuvo.

Años después, la corriente volvió a ralentizarse, pero las consecuencias de aquel aceleramiento fueron palpables mucho tiempo después, aletargando así el comienzo del ciclo 24.

Quienes sostienen esta idea consideran que la ralentización posterior de la corriente habría dado tiempo para una mayor carga electromagnética de las manchas, por lo que una vez que estas salieran a la superficie darían como resultado una actividad solar muy intensa.¹⁶

A finales de 2010, se comenzaron a ver los primeros indicios de esa nueva actividad solar. El 9 de enero de 2011, se detectaron dos grandes manchas que anunciaban que el proceso había comenzado. Y no hizo falta mucho tiempo para que se confirmaran las predicciones.

Y así llegamos al 14 de febrero de 2011. En lo que podríamos considerar como un acto supremo de ironía cósmica, aquel día de los enamorados la sonda SDO (*Solar Dynamics Observatory*) de la NASA detectó una llamarada de clase X, la más potente de cuantas es capaz de emitir el Sol, que originó una tormenta electromagnética sin precedentes en mucho tiempo. Los astrónomos y los expertos en meteorología solar alertaron del peligro de que los potentes chorros de partículas que iban a impactar en cuestión de horas contra nuestra magnetosfera provocaran

¹⁶ <http://www.abc.es/blogs/nieves/public/post/ha-despertado-el-sol-de-su-letargo-1032.asp>

una tormenta de tal fuerza que pudiera dañar peligrosamente todo nuestro sistema tecnológico.

Por suerte, la dirección del viento solar fue paralela a nuestro campo magnético, afectándolo tangencialmente y, salvo ciertas averías en los sistemas de telecomunicaciones de China, se limitó a crear un intenso espectáculo de auroras boreales en las regiones árticas, pero poco más.

En los meses siguientes, los meteorólogos del espacio observaron la formación de tormentas solares conjuntas. Es decir, el campo magnético terrestre era afectado por una primera eyección de masa coronaria y, poco tiempo después, una nueva ECM volvía a impactar contra la magnetosfera. Estas situaciones son algo realmente peligroso ya que la primera de las ECM debilita el campo magnético y, si la segunda es fuerte, las posibilidades de crear daños aumentan considerablemente. Tal fenómeno se repitió los días 8 de junio y 5 de agosto.

Científicos como Samy Solanki¹⁷, del Instituto Max Planck de Lindau, en Alemania, han defendido que la actividad solar experimentada desde 1920 es la más intensa de los últimos ¡8.000 años! De manera que, si el 24 está llamado a ser el

¹⁷ <http://www.spaceref.com/news/viewpr.html?pid=15385>

ciclo más intenso conocido, podemos decir que 2012 y 2013 han de ser los años de mayor actividad solar en los últimos ocho milenios.

Para llegar a tal conclusión, los estudios se basan en el análisis de los estratos del hielo ártico y en el de los anillos de crecimiento de los árboles, donde se pueden observar las huellas dejadas por los rayos cósmicos. Durante los períodos de máxima actividad en el Sol, la intensificación del viento solar refuerza la resistencia que tiene la heliosfera frente a los rayos energéticos procedentes del espacio exterior. De esta forma, el sistema solar se ve especialmente protegido y la incidencia de rayos galácticos sobre la Tierra disminuye. Al contrario, cuando estamos en un ciclo de baja intensidad solar, la presión de la heliosfera disminuye y la entrada de los rayos cósmicos aumenta.

Cuando estos rayos impactan en la atmósfera, pueden alterar el dióxido de carbono y transformarlo en carbono 14. Así, la cantidad de este isótopo absorbida por los árboles determina la intensidad de los rayos energéticos en un momento concreto.

Atendiendo a las burbujas de aire atrapado en el hielo, y que reflejan la composición de la atmósfera en un determinado

periodo de nuestra historia, se detectan las huellas que permiten conocer cuán intenso ha sido el bombardeo de protones sobre nuestra atmósfera. El bombardeo de partículas solares genera moléculas de nitratos, mientras que los rayos cósmicos exteriores forman isótopos de berilio. Así, se puede detectar cuándo ha habido un mayor o menor impacto de rayos cósmicos sobre la Tierra y definir cuán intensa ha sido la actividad solar.

Comparando los datos obtenidos con la información existente sobre el clima en la Tierra, se pueden extraer ciertas conclusiones. Investigadores como Jack Eddy¹⁸ o el mismo Solanki han observado que los períodos de mínimo solar y su consiguiente incremento de rayos cósmicos exteriores están ligados a un aumento en los procesos de formación de nubes.

Cuantos más rayos, más nubes. De esta manera, un periodo de mínimo solar, que es cuando la heliosfera es más vulnerable a la entrada de rayos cósmicos, incrementa la cantidad de nubes hasta en un 4%. Puesto que las nubes reflejan la luz solar hacia el exterior de la atmósfera, el efecto es una disminución de las temperaturas en la

¹⁸ <http://www.aip.org/history/climate/solar.htm>

superficie terrestre y la existencia de periodos climáticos fríos. Y al contrario, durante las épocas de máximo solar la incidencia de rayos cósmicos procedentes de la galaxia es menor y, por tanto, las capas de nubes no son tan abundantes, de manera que los rayos del Sol calientan la superficie terrestre y los periodos climáticos registran temperaturas más cálidas.

5. La NASA se pone las pilas

En 2008, la NASA financió un estudio sobre los efectos reales que una “supertormenta” solar podría tener en nuestro planeta. El resultado de este estudio, llevado a cabo por la Academia Nacional de Ciencias, el NRC (*National Research Council*), fue un informe de 132 páginas publicado en 2009 y titulado *Severa Space Weather Events—Understanding Social and Economic Impacts: A Workshop Report* (“Casos de clima espacial severo. Comprensión de los impactos social y económico: informe del grupo de trabajo”).¹⁹

¹⁹ http://nap.edu/catalog.php?record_id=12507

Como ya hemos visto, el problema básico es la red de electricidad. El informe destaca que ésta representa la piedra angular de la sociedad moderna, de la cual dependen, prácticamente, todas las demás infraestructuras y servicios. Las corrientes inducidas durante una tormenta geomagnética pueden derretir las bobinas de cobre de los transformadores, en el corazón de muchos sistemas de distribución de corriente eléctrica. Las líneas de electricidad diseminadas actúan como si fueran antenas, recogiendo las corrientes y esparciendo el problema sobre una vasta área.

Y el gran problema de esta época en que vivimos es la interconexión. En los últimos años, las empresas de servicios públicos han unido las redes para poder transmitir electricidad a bajo costo y a largas distancias. Lo que ha resultado ser una brillante idea desde el punto de vista económico no lo es, lamentablemente, desde el punto de vista geomagnético. La interconexión hace que el sistema se torne susceptible de experimentar una catastrófica reacción en cadena de largo alcance.

Para estimar la escala de dicha falla, el co-autor del informe, John Kappenmann, de la compañía Metatech, estudió la gran tormenta geomagnética que tuvo lugar en mayo de 1921 y que produjo corrientes

en tierra con una potencia 10 veces mayor que la de la tormenta de Quebec, en 1989; asimismo, realizó una representación de su efecto sobre la red de electricidad moderna. Kappenmann descubrió que habría más de 350 transformadores con riesgo de daño permanente y 130 millones de personas sin electricidad. La pérdida de electricidad se extendería a lo largo de la infraestructura social, "la distribución de agua se vería afectada durante varias horas; habría pérdida de alimentos y de medicamentos perecederos en 12-24 horas y también pérdida de acondicionadores de aire y aparatos de calefacción, además de problemas en los drenajes, en el servicio telefónico, en el suministro de combustible, etc."

"El concepto de interdependencia", destaca el informe, "es evidente en la no disponibilidad de agua producida por un prolongado apagón —y en la incapacidad para reanudar el funcionamiento de un generador eléctrico sin agua en el lugar".

La tormenta geomagnética más fuerte que se ha registrado es la del Evento Carrington, en agosto-septiembre de 1859. Se la nombró de esa manera en honor al astrónomo británico Richard Carrington, quien fue testigo de la incitante llamarada solar mientras proyectaba una imagen del Sol sobre una pantalla blanca. La actividad geomagnética provocada por la explosión electrificó los cables telegráficos, electrocutando a los técnicos e incendiando el papel de los telégrafos; las

auroras boreales se extendieron hasta regiones en el sur tan lejanas como Cuba y Hawái; las auroras sobre las Montañas Rocosas fueron tan brillantes que su resplandor despertó a los acampantes, quienes comenzaron a preparar el desayuno porque pensaron que ya era la mañana. Las mejores estimaciones calculan que el Evento Carrington fue hasta un 50% más poderoso que la super tormenta que se produjo en mayo de 1921.

"Una repetición del Evento Carrington en nuestros días causaría... grandes trastornos sociales y económicos", advierte el informe. Los apagones estarían acompañados de interrupciones en la transmisión de radio y de fallas en el funcionamiento de los satélites; asimismo, las telecomunicaciones, la navegación por medio del GPS (Global Positioning System o Sistema de Posicionamiento Global, en idioma español), los sistemas bancarios y financieros y todo el transporte se verían afectados. Algunos problemas se corregirían solos a medida que la tormenta disminuye: las transmisiones de radio y las efectuadas por medio del GPS podrían volver a la normalidad relativamente rápido. Pero otros problemas perdurarían: por ejemplo, podría tomar semanas o meses reparar un gran transformador absolutamente calcinado. El impacto económico total podría llegar a ser de 2 billones de dólares solamente durante el primer año, lo que representa 20 veces el costo de los daños causados por el huracán Katrina o, para ejemplificarlo en

términos de tiempo, unos cuantos TARPs (Troubled Assets Relief Program - Programa de Alivio de Activos con Problemas).

¿Cuál es la solución? El informe finaliza con un llamado a construir una infraestructura diseñada para soportar mejor las alteraciones geomagnéticas, a mejorar los códigos y frecuencias del GPS y a realizar avances en el pronóstico del tiempo en el espacio. Resulta crucial contar con un pronóstico confiable. Si las compañías de servicios públicos y los operadores de satélite saben que se aproxima una tormenta, pueden tomar las medidas necesarias para reducir los daños —por ejemplo, pueden desconectar cables, proteger los circuitos electrónicos vulnerables, apagar los aparatos importantes. Es mejor estar unas cuantas horas sin electricidad que unas cuantas semanas.²⁰

En noviembre de 2010, la NASA anunció la puesta en marcha del proyecto denominado *Solar Shield* o “Escudo Solar” en el que participaría con empresas eléctricas de la Red de América del Norte²¹. Se trata de un protocolo de actuación que prevé los pasos a seguir para alertar a las empresas distribuidoras de energía eléctrica ante la llegada de una tormenta solar de importancia.

²⁰ http://ciencia.nasa.gov/science-at-nasa/2009/21jan_severespaceweather/

²¹ http://ciencia.nasa.gov/ciencias-especiales/26oct_solarshield/

Con el propósito de estudiar el Sol más detalladamente, la agencia espacial cuenta con una serie de sondas espaciales desplegadas para tal efecto:

- SOHO (*Solar and Heliospheric Observatory*), una nave construida en colaboración con la Agencia Espacial Europea, ESA y que fue lanzada a finales de 1995. Permite observar el comportamiento de la corona solar y el movimiento del plasma.
- ACE (*Advanced Composition Explorer*), lanzada en 1997. Su objetivo es capturar partículas de viento solar y rayos galácticos de baja y alta energía. Orbita a 1,5 millones de km. de la Tierra y puede ser considerado el chivato que nos avisa de la densidad, carga magnética y velocidad del viento solar en cada momento. Estos datos son recibidos en la Tierra una hora antes de su llegada a la magnetosfera, por lo que es un elemento fundamental a la hora de predecir la formación e intensidad de una tormenta solar.
- Misión STEREO, dos sondas gemelas que giran alrededor del Sol siguiendo la órbita terrestre para conseguir imágenes simultáneas desde diferentes perspectivas, lo que ha permitido crear la primera imagen

completa en tres dimensiones de nuestra estrella. Comenzó sus operaciones en 2006.

- SDO (*Solar Dynamics Observatory*), lanzado a principios de 2010, fue diseñado para estudiar la actividad solar y las causas de sus variaciones, aportando datos necesarios para comprender cómo éstas influyen en la Tierra y en su atmósfera, especialmente en lo que concierne a aspectos tecnológicos y de impacto biológico.

El sistema de alerta comienza con la detección de una erupción solar, la eyección de masa coronaria y su llegada a la Tierra.

Así, un primer sistema formado por la sonda SOHO y las gemelas STEREO es el encargado de dar la alerta. Los tres satélites detectan el momento en que se produce la eyección de masa solar. Con los datos recogidos en cada uno de ellos, resulta un modelo en tres dimensiones de la nube de plasma que permite establecer una trayectoria muy precisa de la corriente, que tardaría entre 24 y 48 horas en alcanzar la Tierra. Durante este tiempo, expertos de todo el mundo, reunidos en torno a un foro accesible a través de internet el CCMC (*Goddard's Community Coordinated Modeling Center*, “Centro de Creación de Modelos Coordinado por la

Comunidad de Goddard”), se encarga de realizar los cálculos que determinen los recorridos e incidencias que la alteración magnética puede provocar sobre el planeta.

El momento crítico tiene lugar entre treinta minutos y una hora antes del impacto, cuando la nube de plasma alcanza al satélite ACE, que mide a tiempo real la velocidad de la EMC, su densidad y su campo magnético. Con todo esto, el equipo del Escudo Solar ha de valorar los datos y emitir rápidamente las alertas de desconexión a aquellas centrales que consideren en peligro de sufrir daños a causa de la tormenta²².

Los datos de este proyecto “Escudo solar” son utilizados, asimismo, por un departamento de la NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) encargado de los asuntos relacionados con el clima espacial, permitiéndole de esta forma un mejor seguimiento diario de las condiciones existentes más allá de nuestra atmósfera.

²² http://ciencia.nasa.gov/ciencias-especiales/26oct_solarshield/

6. Tomando medidas

Los científicos involucrados en los proyectos de meteorología espacial suelen hacer ver que una de sus mayores preocupaciones es la necesidad de que la sociedad entienda que ha de estar al tanto de los riesgos e inconvenientes con que se pueden llegar a encontrar en caso de que se produjera un evento geomagnético de importancia. Como en todo protocolo de actuación ante catástrofes de cualquier tipo, es indispensable que la población civil sepa actuar con conocimiento de causa para evitar el caos y el miedo que produce ignorar lo que sucede alrededor.

A finales de junio de 2011, un centenar de expertos se reunieron en el “Foro Empresarial sobre el Tiempo y el

Espacio”, SWEF (*Spatial and Weather Enterprise Forum*)²³ para debatir los pasos a seguir en el proceso de concienciación de la sociedad en relación a la importancia que en los últimos tiempos está jugando la meteorología espacial como servicio de información. El foro se presentó como un punto de encuentro para coordinar la información procedente de todos los sectores sociales activos: autoridades gubernamentales, compañías eléctricas, sectores económicos relevantes, grupos docentes, científicos y divulgadores. La idea subyacente es que todos deberíamos tener en cuenta los informes de las agencias de meteorología espacial del mismo modo en que hacemos cuando consultamos la información del tiempo.

Unos días antes, el 16 de junio, la doctora Lika Guhathakurta, experta de la NASA en clima espacial, en un artículo publicado por *The New York Times*²⁴, lamentaba la situación de apatía con que la sociedad manejaba las informaciones que ellos trataban de expandir. A pesar de que el presidente Barack Obama había firmado un acuerdo de colaboración al respecto con su homólogo británico, David Cameron, al tiempo que la NASA había comenzado a colaborar con la “Agencia Europea del Espacio”, ESA

²³ http://www.nswp.gov/swef/swef_2011.html

²⁴ http://www.nytimes.com/2011/06/17/opinion/17baker.html?_r=4

(*European Space Agency*) en la investigación de la actividad solar para mejorar las técnicas de predicción de tormentas electromagnéticas, Guhathakurta exponía que de nada sirven todos estos esfuerzos si la sociedad no tiene la información necesaria.

Uno de los ejemplos más llamativos al respecto que, según la científica estadounidense, reflejaban la situación era la conversación entre un colega suyo y un piloto aéreo que desconocía por completo la profesión de estos investigadores. Si alguien tiene que estar bien informado de estos asuntos es, precisamente, un profesional al mando de un avión que, de producirse una anomalía magnética, se quedaría sin equipos de comunicación en pleno vuelo transoceánico, por poner un sencillo ejemplo.

Los temas que se trataron en el foro²⁵ fueron los propios de cualquier protocolo de actuación en caso de desastres naturales. Así, se abordaron las cuestiones propias de la investigación científica y tecnológica relacionada con el clima espacial, de manera que ésta pudiera ser más efectiva y concreta en sus objetivos, haciéndose referencia además a la manera en que se tendrían que catalogar los diferentes eventos geomagnéticos para establecer una lista de incidencias según su nivel de riesgo, tanto para las infraestructuras como para la población.

²⁵ <http://www.ofcm.gov/swef/2011/index-swef2011.htm>

Uno de los conferenciantes, Leviticus Lewis, representante del FEMA (*Federal Emergency Management Agency*), la agencia estadounidense encargada de los protocolos de emergencias, dibujó el peor escenario que resultaría de enfrentarnos a una tormenta geomagnética importante. Para ello, acudió al informe que la Academia Nacional de Ciencias elaboró en 2008 y del que ya hemos hablado en el capítulo anterior.

Según sus expectativas, y si no se adoptasen las medidas necesarias, la recuperación de los sistemas eléctricos en algunas zonas podría alargarse hasta dos años, atendiendo a las dificultades de acceso a determinadas regiones y a la capacidad existente para construir nuevos transformadores que sustituyeran a los ya irre recuperables. A ello habría que sumar la pérdida de infraestructuras básicas que imposibilitarían, por ejemplo, el suministro de combustible, lo cual afectaría al transporte y, como reacción en cadena, a la capacidad de cumplir con las necesidades de abastecimiento primarias, como sería el caso de alimentos y sistemas de refrigeración y calefacción. En cuanto a la recuperación económica, las estimaciones para volver a un nivel de vida acorde al actual serían de cuatro a diez años.

De acuerdo con esto, a lo largo de las diferentes sesiones y ponencias se debatieron asuntos como la necesidad de

establecer una serie de estrategias para emprender campañas de concienciación y previsión al igual que se hace en relación a otros eventos que pueden amenazar el discurrir normal de la vida diaria, de forma que la población sepa cómo actuar y esté preparada en caso de necesidad. Y, del mismo modo, la manera en que las autoridades deberían proceder para efectuar, una vez detectada la alerta, los avisos a la población civil, buscando sobre todo evitar alarmas innecesarias: cómo hacerlo de una manera “amistosa”, qué medios de comunicación serían los más idóneos, cuándo se debía considerar que era el momento de extender los avisos, a quiénes se debía informar para establecer una jerarquía óptima de alertas de manera que la alarma se extendiera de forma efectiva y en el menor tiempo posible, etc.

De igual forma, se consideraron aspectos relacionados con la necesidad de determinar la vulnerabilidad y la capacidad de adaptación de las diferentes infraestructuras sobre las que se sustenta nuestro modo de vida y la economía en general, buscando determinar los diferentes niveles en que un evento geomagnético podría ser crítico en según qué instalaciones y cómo éstas podrían ser mejoradas o cambiadas para garantizar una mayor resistencia y adaptabilidad a tales eventos.

Las conclusiones finales resumen una serie de planes sobre los que trabajar en diferentes márgenes de tiempo, según su

urgencia y la disponibilidad de recursos existentes para llevarlos a cabo.

Planes tales como educar a la ciudadanía, definir puntos de abastecimiento donde existan depósitos de alimentos, agua y combustible; establecer un sistema de comunicaciones basado en onda corta, pues esta frecuencia no se vería dañada por una tormenta solar, y la necesidad de tener un respaldo energético a todos los niveles, potenciando las fuentes de suministro eléctrico locales y auto-generadoras que limitasen al máximo el consumo procedente de recursos externos y la importación de energía desde otros países. Es por ello que se invitaba a profundizar en el estudio de las energías renovables de carácter local y buscar la manera de conseguir los fondos económicos y tecnológicos necesarios para tal efecto.

Como suele ser habitual, el dinero es la clave para conseguir tales objetivos.

También a finales de junio, la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico) publicó un informe²⁶ titulado *Future Global Shocks* en el que se describían los cinco grandes riesgos potenciales a los que se enfrentará la sociedad mundial en los próximos años: pandemias, ciber-

²⁶ http://www.google.com/hostednews/afp/article/ALeqM5jOJckr-012eKv1uEkRX_gIERM1lg?docid=CNG.d5a93011b47fbce6bee79b902c28e943.631

ataques contra las diferentes infraestructuras, crisis, revueltas socioeconómicas y tormentas geomagnéticas.

El problema, según la OCDE, es que el continuo desarrollo y expansión del fenómeno de la globalización incrementa, de forma paralela, el peligro de estos cinco escenarios. Como propuesta de trabajo, el informe sugería una mayor cooperación entre los países para coordinar de manera efectiva los sistemas de prevención a escala mundial.

Por las mismas fechas, la Organización Meteorológica Mundial, WMO (*World Meteorological Organization*), avisaba de la necesidad de incrementar los niveles de alerta y prevención mundiales ante los próximos eventos de clima espacial.

En Europa, el Reino Unido fue uno de los países más preocupados por estos temas. Así, en febrero de 2011 se iniciaron las conversaciones con Estados Unidos para crear un plan conjunto de respuesta ante un evento geomagnético y unir los esfuerzos de la NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Agency*) estadounidense y la Oficina Británica de Meteorología. Uno de los primeros asuntos que ambos gobiernos acordaron que tenían que ser plasmados como

protocolos concretos era el de la protección de los grandes transformadores que abastecen sus principales ciudades.

En cuanto a España, la Agencia Española de Protección Civil, AEPC, hizo pública a finales de mayo su preocupación por la pasividad con que se estaba tratando el riesgo de los eventos climáticos espaciales.

La agencia subrayaba el hecho de que frente a la preocupación de los Estados Unidos, donde más allá de su concienciación sobre el peligro de las tormentas solares se estaba trabajando ya en la aprobación de leyes al respecto para asegurar el cumplimiento de los protocolos, y en Reino Unido ya se habían asumido como propias las medidas y recomendaciones internacionales formuladas por la OCDE y la Comisión Europea, en España existía una situación de alejamiento tal que ni siquiera se había comenzado a estudiar la posibilidad de un plan estratégico²⁷.

Por ello, la AEPC anunció una iniciativa para poner en marcha, por cuenta propia, un Observatorio sobre el Clima Espacial que permitiera acceder a informaciones, materiales

²⁷ <http://www.nuevatribuna.es/articulo/medio-ambiente/2011-05-31/espana-hace-oidos-sordos-riego-tormenta-solar/2011053113592700743.html>

y recursos actualizados acerca de este fenómeno y hacer un seguimiento de cómo se estaba tratando en otros países. Del mismo modo, avisaban de posibles actuaciones ante el Defensor del Pueblo y otros organismos de fiscalización de la corrección de la gestión pública con el fin de esclarecer las gestiones que se habían estado realizando en los últimos años en relación a los riesgos potenciales de un evento geomagnético de origen solar²⁸.

²⁸ http://aepce.ucoz.es/index/gabinete_prensa_aepce/0-30

7. Electromagnetismo y vida

Hasta ahora hemos visto los efectos que una tormenta solar puede tener sobre las infraestructuras básicas de las que depende una sociedad completamente vinculada a la energía eléctrica para mantener su ritmo y nivel de vida, y las medidas que los diferentes organismos implicados en los asuntos del clima espacial han propuesto para minimizar sus efectos sobre las estructuras energéticas y tecnológicas que sustentan nuestro mundo. También, los análisis acerca de los desastrosos efectos sociales y económicos que se derivarían de no acertar con la prevención y vernos sometidos a

semanas, incluso meses, de ese “regreso a las cavernas” a que nos obligaría la falta de energía.

Pero vayamos más allá en el asunto. ¿Qué pasa con nosotros? ¿Puede afectar a nuestro organismo una tormenta solar? La respuesta científica no es ningún secreto. Sí.

Nuestra vida diaria está rodeada de campos electromagnéticos: hornos microondas, teléfonos móviles, señales de televisión y radio; un poco más allá, antenas, onda corta de radioaficionados, taxis o policía, radares, y un larguísimo etcétera. Y todas ellas son emisoras de un tipo u otro de radiación que nos afecta en mayor o menor medida. Como ejemplos más característicos, todos sabemos de las continuas polémicas surgidas en torno a la instalación de antenas de telefonía móvil y de líneas de alta tensión en entornos habitados.

Es un hecho la larga lista de enfermedades que la radiación electromagnética, sobre todo la de baja frecuencia, provoca al interactuar con nuestras células: cáncer, leucemia, afecciones cardiovasculares y del sistema nervioso, etc., También lo es, desde los años noventa, la compleja relación que existe entre los campos magnéticos y el cerebro humano, entre cuyos componentes se encuentran los

magnetosomas, que son partículas de magnetita rodeadas de una membrana biológica, la cual permite la interacción con las neuronas.

La existencia de los magnetosomas en los animales era algo conocido por la Biología, puesto que son los que permiten, a modo de brújula, orientarse a seres como las aves migratorias, ballenas, delfines y tortugas marinas. Y, de hecho, se ha demostrado que la perturbación electromagnética es causa de algunos episodios de desorientación en dichos animales.

Todo esto no sólo es aplicable a los campos electromagnéticos de origen artificial, sino también a los naturales. Se sabe que las alteraciones bruscas del campo magnético, como las que se producen antes de un terremoto, son percibidas por los animales. En el caso de las alteraciones provocadas por una tormenta solar, varios estudios han corroborado que, durante los períodos en que se produce un incremento de la actividad solar, aumenta el número de incidencias médicas relacionadas con infartos de miocardio y derrames cerebrales, así como de intentos de suicidio.

En este sentido, los astronautas han servido como generoso cuerpo de cobayas humanas, observándose que, cuando eran sometidos a un aumento de radiación solar, su comportamiento, sereno y estable por definición en estos tipos, cambiaba radicalmente y daba lugar a brotes de nerviosismo e histeria.

En un estudio de 1994 realizado por la Clínica Westbank en Stirlingshire, Reino Unido, se comprobó que existía un incremento estadístico significativo en la admisión de pacientes con algún tipo de trastorno mental en los días de tormentas solares. Según esto, el aumento de ingresos por depresión superaba la media en un 36,2⁰% durante las dos semanas siguientes a un evento geomagnético de importancia²⁹.

Se ha podido analizar la relación entre la glándula pineal, un órgano atrofiado y gran desconocido que los científicos apenas alcanzan a asociar con la segregación de melatonina y con cierta capacidad fotosensible, y los campos magnéticos.

La glándula pineal, o epífisis, es un órgano situado justo en el centro geométrico de nuestro encéfalo. A partir de los siete

²⁹ <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8199794?dopt=Abstract>

años de edad, se produce su atrofia debido a un proceso de deshidratación común a diferentes órganos, lo que hace que esta glándula termine por contraerse hasta alcanzar el tamaño de un piñón.

Hasta hace poco se la consideraba un residuo procedente de fases anteriores de nuestra evolución, un vestigio sin utilidades importantes en nuestra actual fase evolutiva. Sin embargo, los últimos descubrimientos científicos han cambiado radicalmente el concepto que hasta ahora teníamos de ella.

Hoy sabemos que su misión biológica es la secreción interna de melatonina, hormona cuya cantidad disminuye con la edad y que está relacionada con la regulación de los ciclos de vigilia y sueño, los llamados “ritmos circadianos”, y con los procesos de la pubertad, además de ser un poderoso antioxidante y participante en los procesos de apoptosis de células cancerosas en el timo.

Es una glándula fotosensible, es decir, responde a las variaciones de luz que se dan a nuestro alrededor. De esta manera, se activa en la oscuridad para segregar melatonina, la cual nos induce a un estado de calma e introspección.

La circulación de hormonas por nuestro organismo provoca una serie de emociones y sensaciones concretas. Las sustancias endorfinas segregadas por la glándula pineal nos

ayudan a entrar en un estado de conciencia más íntimo provocado por la sensación de tranquilidad que aporta la melatonina.

Esta segregación de endorfinas permite disminuir y relajar los sentidos, lo que se refleja en el cuerpo mediante una reducción del glucógeno en la sangre, induciéndonos al sueño y llevándonos a un estado de duermevela. Al ser éste un estado en el que la actividad cerebral está bajo mínimos, reduce las interferencias del mundo externo y la concentración sobre uno mismo es superior. Esto, a nivel práctico, nos permite distanciarnos de los problemas y observarlos con una nueva perspectiva, por lo que la mayoría de nosotros lo aprovechamos para reflexionar y repasar los acontecimientos cotidianos, encontrando a veces respuestas y soluciones que sin esa calma y concentración nos resultarían difíciles de intuir.

Más allá de su capacidad fotosensible, los últimos estudios científicos insisten en que la glándula pineal es también un magnetorreceptor, es decir, resulta sensible a los campos magnéticos y transforma sus ondas en estímulos neuroquímicos.

El profesor José Luis Bardasano, de la Universidad de Alcalá de Henares, es uno de los mayores especialistas en temas

relacionados con bioelectromagnetismo. En su ponencia *Electromagnetismo, glándula pineal y salud pública*³⁰ nos dice que:

*En el organismo existen dos sistemas de comunicación: el de **base química** y el de **base eléctrica**. En el primero (**sistema endocrino**), las señales de información (mensajes) son las hormonas que se transmiten a través de canales de información: vasos sanguíneos, vasos linfáticos, canal neural, etc. alcanzando los órganos diana o efectores. En el segundo (**sistema nervioso**) las señales son electromagnéticas y poseen una red de distribución con centros y "subestaciones" que asienta sobre las células neuronales (neuronas) alcanzando los músculos, corazón, glándulas, etc. Éstos dos sistemas han evolucionado paralelamente y colaboran mutuamente desde sus orígenes en perfecta armonía cronobiológica (la cronobiología es la ciencia que estudia los ritmos). Los ritmos y ciclos que en estos dos sistemas se suceden están coordinados por la "glándula pineal".*

Para el profesor Bardasano, la luz es el temporizador o sincronizador principal de los ciclos vitales, mientras que los campos electromagnéticos constituyen el sincronizador adicional. Los estudios realizados han llevado a concluir que las alteraciones electromagnéticas, al igual que lo hace la luz, interrumpen el proceso de secreción de melatonina. Una exposición continuada y la consiguiente reducción de actividad en la glándula pineal provocan casos habituales de fatiga, estrés, trastornos del humor, trastornos

³⁰ <http://www.electrosensibilidad.es/bardasano.pdf>

del sueño, rendimiento profesional disminuido, depresión e incluso riesgos de padecer cánceres como el de mama.

Según esto, no sólo hemos de tener cuidado con las alteraciones provocadas por los campos electromagnéticos artificiales (antenas, telefonía, radares, etc.), sino también con las variaciones de los campos magnéticos naturales, como pueden ser las provocadas por fuertes tormentas solares. Así, la glándula pineal sería receptiva no sólo a las ondas emanadas del campo geomagnético, sino a otras tan importantes como la resonancia Schuman, las micro-pulsaciones de origen cósmico y cualquier campo ELF o de baja frecuencia en general.

Todas ellas influyen en nuestro estado de ánimo debido a que afectan a nuestros biorritmos y neurotransmisores, rompiendo la sincronización de los ritmos circadianos y la producción de melatonina.

La ciencia empezó a tomarse en serio este asunto a partir de los años noventa. Ya desde la década de los 80 una gran cantidad de investigaciones psicológicas venía demostrando que las tormentas geomagnéticas tienen un profundo efecto en los estados de ánimo y por tanto influyen en el comportamiento humano y en la manera de abordar

conflictos y problemas. Un hallazgo importante de estos estudios es que se suelen atribuir los sentimientos y emociones a la fuente equivocada, dando lugar a juicios incorrectos. Y de ahí la importancia de conocer el origen del malestar para poder controlar el modo en que actuamos.

Un ejemplo muy significativo de las repercusiones que el desconocimiento de estos trastornos pueden llegar a alcanzar lo tenemos en un estudio realizado en 2003 por los doctores Ana Krivelyova y Cesare Robotti y financiado por el Banco de la Reserva Federal de Atlanta³¹, quienes concluyeron que las tormentas solares también afectan a los mercados bursátiles, haciendo que los corredores de bolsa tomen decisiones pesimistas.

Según el informe, que tuvo en cuenta el comportamiento de los diferentes índices bursátiles de nueve países diferentes, las personas afectadas por las tormentas solares pueden estar más inclinadas a vender más acciones en días de alta actividad geomagnética debido a que erróneamente atribuyen su mal humor a las malas perspectivas económicas en lugar de a las condiciones ambientales. Esto provoca un efecto negativo en las estadísticas económicas de la semana

³¹ <http://www.frbatlanta.org/filelegacydocs/wp0305b.pdf>

siguiente. De la misma manera, los científicos observaron cómo durante los períodos de poca actividad geomagnética las decisiones tomadas condujeron a un aumento de los beneficios en todos los sistemas estudiados.

Para concluir este apartado, no puedo evitar recordar un curioso estudio realizado por el doctor Darren Lipnicki³², del Centro de Medicina Espacial de Berlín, el cual intentaba demostrar la correlación entre la actividad geomagnética y el contenido de los sueños, basándose en las alteraciones en la producción de melatonina que se producen por los cambios en el nivel de radiación tras una tormenta solar. Lipnicki concluyó que durante las situaciones de baja actividad geomagnética, los sueños tienden a ser más extravagantes que en los periodos de máxima alteración del campo magnético terrestre. En estos últimos, las aventuras oníricas estarían más apegadas a la realidad.

No deja de ser interesante la cantidad de efectos que parecen tener los eventos geomagnéticos sobre la psique humana, condicionando nuestra actividad diaria sin que apenas seamos conscientes de ello. Lo que parece quedar claro de

³² <http://www.newscientist.com/article/dn16871-sweet-dreams-are-made-of-geomagnetic-activity.html>

los estudios al respecto es que somos más dependientes del entorno de lo que podríamos pensar en un principio, por lo que toda investigación sobre estos trastornos puede conducirnos a un más claro entendimiento de lo que somos y de nuestra relación con el mundo que nos rodea.

8. Terremotos y catástrofes naturales

Según los datos que la empresa aseguradora “Munich Re” publicó en julio de 2011³³, las pérdidas económicas provocadas por catástrofes naturales en los primeros seis meses del año quintuplicaron la media de los diez años anteriores, y eran superiores a las de todo 2005, el año del huracán Katrina. Y todo ello debido a terremotos de gran intensidad, interrupciones del tráfico aéreo por erupciones volcánicas, grandes inundaciones que anegaron vastas regiones de América y la enorme fuerza con que actuaron los ciclones en Estados Unidos, entre otros casos.

³³http://www.munichre.com/en/media_relations/press_releases/2011/2011_07_12_press_release.aspx

Existen científicos que defienden la hipótesis de que la actividad solar es en parte culpable de los movimientos sísmicos y de ciertos desastres climáticos, si bien este es un asunto muy controvertido que la gran mayoría de la comunidad científica no termina de aceptar.

Según el científico Elchin Khalilov³⁴, presidente del Comité Internacional *Geochange*, una asociación que engloba a investigadores de 86 países, en 2011 comenzó una fase activa de cataclismos naturales que duraría hasta el año 2015 y llegaría a su máximo, tanto por el número de desastres como por su potencial energético, en los años 2013 y 2014.

De acuerdo a sus ideas, la Tierra estaría entrando en una etapa de activación de energías que afectarían al núcleo del planeta y que se traducirían en un incremento de la velocidad de traslación de los polos de un 500% con respecto a lo habitual. Los cambios experimentados por el núcleo afectarían directamente a la litosfera, la capa más superficial de la Tierra donde se produce la tectónica de placas.

³⁴http://geochangemag.org/index.php?option=com_content&view=article&id=95:khalilov-there-remain-three-more-cycles-of-high-seismic-activity-this-year&catid=1:global-news&Itemid=9

Para Khalilov, la actividad solar es parte fundamental de todos estos cambios, de ahí que el máximo del ciclo 24 se asocie a las previsiones de una mayor cantidad de movimientos sísmicos.

Por otra parte, en 2009 apareció la *Teoría General de las Tres en Raya de las Placas Tectónicas*, según la cual habría una estrecha relación entre la actividad del Sol y los movimientos sísmicos en nuestro planeta. Esta teoría, elaborada por el profesor Rafael López Guerrero³⁵, sostiene que tras una tormenta solar y su impacto en la magnetosfera terrestre, la carga electromagnética absorbida por la ionosfera aumenta la presión sobre las placas tectónicas, de manera que la actividad sísmica se eleva.

Según esta idea, en la que también trabajan el Grupo de Investigaciones Ionosféricas del CNRS de París y el Instituto de Geofísica y Física Planetaria de la Universidad de California, entre otros, una sucesión de tormentas solares en un corto plazo de tiempo podría provocar un desequilibrio geomagnético que se traduciría en perturbaciones que afectan a las placas tectónicas. Este desequilibrio geomagnético produce

³⁵ <http://starviewer.wordpress.com/2011/03/15/publicacion-del-paper-sobre-la-tgrpt-actualizado-y-revisado/>

corrientes de convección que ionizan la atmósfera y provocan cargas de electricidad estática que alteran el comportamiento de las nubes en las capas superiores de la atmósfera.

La combinación de tres tormentas solares en 7 días, puede provocar, un desequilibrio geomagnético progresivo constante que se traduce en perturbaciones que afectan a las placas tectónicas, como consecuencia de reversiones geomagnéticas progresivas en la polaridad del planeta. Simultáneamente, tales perturbaciones pueden incrementar de 0,5 a 1° la intensidad de los movimientos sísmicos que se generan en las zonas donde la Ionosfera es más frágil, y siempre y cuando la frecuencia supera los 25 MH (Mega Hercios) en las zonas del ecuador.

La torsión de las placas tectónicas, obedece a una relación directamente proporcional a la interacción de la magnetosfera. Hemos observado, que el desequilibrio geomagnético, produce corrientes de convección que ionizan la atmósfera provocando cargas de electricidad estática que alteran el comportamiento de las nubes en las capas superiores de la atmósfera. Esa relación causa-efecto, se cumple, y simultáneamente, se produce un fenómeno de inversión térmica en las zonas donde la Ionosfera es más densa. El efecto, desencadena un movimiento de placas tectónicas, de intensidad apenas perceptible en el hemisferio Norte, pero

absolutamente descompensado respecto a las zonas ecuatoriales y el hemisferio Sur.

Adicionalmente, los movimientos sísmicos del hemisferio Sur desequilibran en un factor de 1,33/año, respecto a la sismicidad del hemisferio norte, debido al stress de la magnetosfera, que tiende a sobrecargar el hemisferio sur, en esa proporción respecto al hemisferio Norte. Así mismo, las cargas estáticas de electricidad, provocan descompensaciones geomagnéticas que alteran la anomalía del atlántico.

La clave, por tanto, estaría relacionada con el impacto que un evento geomagnético tiene sobre la Tierra más que con la tormenta en sí misma.

Los estudios realizados a partir de los datos que se obtuvieron tras el terremoto de Indonesia, en septiembre de 2009, concluyeron que, tras la actividad solar de los días 24 a 26 de aquel mes, la fuerza del campo magnético empujó la ionosfera y aumentó la presión sobre los océanos. El agua salada, de propiedades electromagnéticas, se volvió más pesada y presionó las placas del Pacífico, especialmente de la región oeste de las islas del sur de dicho océano.

Tras la gran tormenta solar de febrero de 2011, se detectaron variaciones en la resonancia Schumman, la vibración de baja

frecuencia del campo magnético terrestre, coincidentes con una importante actividad sísmica en el Pacífico. López Guerrero también aportó datos de esta relación con el terremoto de Japón de marzo de 2011, el segundo más importante de que se tiene constancia³⁶.

El estudio concluye que la actividad sísmica tendría, por tanto, su origen en perturbaciones externas a nuestro planeta, quedando descartado el origen endógeno de las perturbaciones geotectónicas. Es decir, los fenómenos sísmicos obedecerían a una lógica cósmica, no a una lógica interna terrestre. La magnetosfera, los rayos cósmicos y sus perturbaciones serían la clave de los seísmos.

A pesar del descrédito que estas teorías sufren por parte de la gran mayoría de la comunidad científica, han generado multitud de seguidores y algunos medios de prensa hasta se han atrevido a confirmarlas, aunque citando fuentes poco fiables:

La creciente actividad geológica en el planeta durante los últimos 10 años (recordemos los terremotos en Chile, Haití y Japón, el tsunami en

³⁶ <http://starviewer.wordpress.com/2011/03/11/analisis-del-terremoto-de-japon-desde-la-tgrpt-tormenta-solar-y-actividad-sismica/>

Indonesia, la activación de los volcanes del "anillo de fuego del Pacífico", etc.) está fuertemente ligada a la actividad solar. Cada tormenta de viento solar que impacta la tierra, tiene sus consecuencias sobre el manto terrestre y produce movimientos de fuerte intensidad.

La actividad solar y sus emisiones electromagnéticas podrían estar causando desajustes en las placas tectónicas, con sus respectivas consecuencias: terremotos, tsunamis y erupciones volcánicas.

Numerosos sitios de Internet dan reportes de la actividad solar. Algunos foros de Internet siguen el "pronóstico solar" día a día, observando las diferentes manchas solares y las tormentas de "viento solar" que se aproximan a la tierra. [...]

Los efectos de la tormenta se sintieron además alrededor del llamado Anillo de Fuego del Pacífico, con terremotos intensos en la zona del Pacífico Sur, las Islas Fiji y Chile, donde además un volcán entró en erupción.

Sospechas

El seguimiento de la actividad solar representa todo un submundo dentro de Internet. Foreros de todo el mundo consultan sitios de agencias de observación espacial y reproducen videos con imágenes de las tormentas tomadas por diferentes sondas y satélites.

Fotografías del sol provistas por la NASA a través de sus sondas SOHO Stereo, gráficos de seguimiento de la actividad de la magnetósfera y mapeos de convección de la ionosfera son solo algunos de los datos con los que los usuarios colorean los foros.

En ese contexto de seguimiento diario, no faltan las denuncias acerca de posibles ocultamientos de información por parte de agencias gubernamentales, algo que preocupa a los investigadores dado el incremento en la actividad solar de los últimos años.³⁷

No obstante, algunos informes de la NASA parecerían sugerir la idea de que conviene investigar más a fondo este fenómeno, al considerar una posible influencia de la actividad solar sobre los procesos del núcleo terrestre³⁸.

De confirmarse la relación entre las tormentas solares y el movimiento de las capas tectónicas, estaríamos ante otro apartado más de la enorme influencia de las perturbaciones electromagnéticas sobre nuestro planeta que habría que añadir a las influencias biológicas y, como no, tecnológicas, que ya han sido analizadas.

³⁷ <http://www.urgente24.com/noticias/val/9485/tormenta-solar-causo-la-erupcion-del-puyehue-y-terremotos-en-el-pacifico.html>

³⁸ <http://www.nasa.gov/topics/earth/features/earth20110309.html>

9. ¿Reconciliarnos con la naturaleza?

A lo largo de este libro, hemos visto cómo una tormenta solar podría acabar fácilmente con todas las comodidades que hemos desarrollado como civilización tecnológica. También hemos visto que los diferentes informes que han abordado esta amenaza terminan por coincidir en la necesidad de replantear el actual sistema de infraestructuras y reducir las dependencias energéticas, sobre todo aquellas basadas en relaciones globales y entramados de larga distancia, donde un corte de suministro tendría serias consecuencias para una enorme cantidad de población.

Como ya se ha dicho, la OCDE avisaba de que el continuo desarrollo y expansión de los fenómenos relativos a la globalización incrementa de forma importante los riesgos.

Según veíamos en el informe de la NRC, la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos, uno de los mayores inconvenientes ha sido la política llevada a cabo por las empresas de servicios públicos, al unir las redes para poder transmitir electricidad a bajo costo y a largas distancias. Esta interconexión es la que hace que el sistema se convierta, precisamente, en un entramado frágil e inseguro.

El SWEF, el Foro Empresarial sobre Clima Espacial, por su parte, proponía a este respecto la investigación e inversión en energías renovables e independientes de las líneas globales, buscando crear pequeñas comunidades con los recursos necesarios para abastecerse de manera local.

Al parecer, ha sido necesario reflexionar sobre una amenaza concreta para llegar a las mismas conclusiones de aquellas voces que nos advertían de los peligros de crecer a escala global sin tener en cuenta los aspectos relacionados con la naturaleza, y a las que apenas se las ha tenido nunca en consideración, seguramente debido a intereses económicos,

salvo para adornar y enriquecer discursos que nunca fueron más allá.

En una entrevista aparecida en el número 15 de la revista *Redes para la ciencia*, Jaume Terradas, catedrático emérito de ecología de la Universidad Autónoma de Barcelona, comienza con la siguiente reflexión:

Tenemos el vicio de pensar que el mundo está hecho para nosotros, que está a nuestro servicio. Pero la naturaleza no es nuestro patrimonio, sino que formamos parte de ella. [...]Deberíamos entender que pertenecemos a este mundo y que, por tanto, también dependemos de él. Estamos vinculados por una serie de nexos que son necesarios para que nosotros y nuestros descendientes sobrevivamos³⁹.

El ecólogo acuñó en su día el denominado “síndrome de Faetón“, el hijo de Apolo que quiso conducir el carro del Sol confiando en su fuerza y juventud, para explicar la situación de soberbia con que el ser humano se considera protegido por la tecnología. Los caballos se desbocaron y Faetón perdió el control, de modo que el carro solar comenzó a incendiar los territorios por los que pasaba. Ante esta situación, Zeus no tuvo más remedio que fulminar el

³⁹ *Redes para la ciencia*, 15, mayo 2011.
<http://www.redesparalaciencia.com>.

vehículo con un rayo y Faetón murió ahogado en el río Eridano.

Y puede que esa sea la situación en que nos encontramos. Nos hemos creído lo suficientemente fuertes para llevar las riendas de un carro tecnológico sin tener en cuenta el poder real de la naturaleza que nos rodea y a la que pertenecemos.

¿La solución? Cambiar, no hay otra. Si formamos parte de un organismo entrelazado, todo componente que no se adapte al mismo será rechazado, como un virus contra el que lucha el sistema para sobrevivir.

Esta es, como hemos visto, la salida propuesta por todos los foros internacionales que han participado del debate sobre prevención de riesgos en caso de tormentas geomagnéticas fuertes.

Y si las hipótesis sobre la influencia de la actividad solar en el movimiento de placas tectónicas fuesen ciertas, tendríamos un motivo más para cuidar nuestra forma de relacionarnos. Una carretera, una vía férrea o un puente que se desploma serían suficientes para colapsar el complejo entramado de dependencia global al que estamos sometidos.

La naturaleza tiene los medios necesarios para recuperarse y sobrevivir, y para ello no le hacemos falta. Podríamos equipararnos a los primeros organismos que comenzaron a emitir oxígeno a la atmósfera, gas que para ellos era un veneno. De esta manera, terminaron por desaparecer mientras que otros elementos de vida se adaptaron a las nuevas condiciones. La gran preocupación es que mentalmente no seamos lo suficientemente abiertos para hacer frente a los problemas en su conjunto, para ver las cosas de forma global.

Son cada vez más los que acuden a los escritos dejados por antiguas civilizaciones, muchas de cuyas tradiciones siguen vigentes en ciertas comunidades indígenas de América, como los hopi de Arizona o ciertas poblaciones de México, Perú o Bolivia, entre otras, para ejemplificar las necesidades de un cambio de perspectiva y reconocer que no podemos desarrollar una civilización ajena a los procesos naturales o, cuando menos, confiada en enfrentarlos con éxito. La solución no pasa por defenderse y resistir, sino por adaptarse a ellos e integrarlos en nuestra forma de vida. Pero aun así nos resulta difícil acercarnos a estas ideas con la humildad de quienes buscan aprender y encontrar soluciones de manera honesta.

El escritor estadounidense Gregg Braden suele citar en este sentido un ejemplo cercano a las raíces europeas y que sirve para ilustrar estas ideas: los manuscritos de Qumrán. Se trata de un extensísimo compendio de textos cuyo origen abarca desde el 250 a. C. hasta el año 66 d. C. en los que se recogen muchas de las tradiciones esenias, una corriente judía de carácter ascético cuyos miembros vivían retirados en el desierto de Palestina. A través de ellos, podemos saber cómo los esenios ya hicieron de sus creencias una práctica consciente y voluntaria que les vinculaba estrechamente con la vida natural, estableciendo una relación directa entre los fenómenos de la naturaleza y el estado interior del colectivo humano.

Algunos documentos del siglo IV que se conservan en la biblioteca del Vaticano, por ejemplo, nos ofrecen detalles sobre esta relación y nos recuerdan que «el espíritu del Hijo del Hombre fue creado del espíritu del Padre Celestial, y su cuerpo del cuerpo de la Madre. El Hombre es el Hijo de la Madre Terrenal, y de ella el Hijo del Hombre recibió su cuerpo. Eres uno con la madre terrenal; ella está en ti y tú en ella...

Los esenios nos recuerdan, de la única manera que conocían, una relación que ahora la ciencia moderna nos ha confirmado. El aire de nuestros pulmones es el mismo que se desliza sobre los grandes océanos y

*se precipita a través de los grandes pasos de montaña. El agua, que es la que compone el 98 por ciento de la sangre que corre por nuestras venas, es la misma que una vez fue parte de los grandes océanos y los ríos de las montañas. A través de los escritos de otros tiempos, los esenios nos invitan a que nos veamos uno con la Tierra, en vez de considerarnos como algo separado de ella.*⁴⁰

No deja de ser curioso que hayan pasado más de dos mil años para que, después de haberlo ignorado, tengamos que volver a replantearnos este asunto. En su libro *El factor maya*, el mexicano José Argüelles planteaba una visión de nuestra Historia como una separación progresiva con respecto a la naturaleza, afianzando el poder del materialismo en todos los ámbitos de la vida:

Lo que consideramos como historia o como progreso histórico, es virtualmente sinónimo de la historia de la tecnología. Lo mismo podría decirse de la civilización. En verdad, la tendencia es reconocer, como índice de vida civilizada, el aumento de las comodidades de la criatura, mediante alguna forma de tecnología. En esta definición de las cosas está implícito un materialismo sutil y peligroso. Pero, ¿qué relación tiene el aumento de la tecnología con la genuina creatividad, o, con la espiritualidad? Por una parte, esta línea de pensamiento nos coloca en

⁴⁰ Gregg Braden, *El efecto Isaías*, ed. Urano, 2002.

*la posición insostenible de proclamar la superioridad de la existencia del automóvil y la televisión sub-urbanos, frente a los remotos aborígenes, embadurnados con ocre y cinabrio, y cantando eternas resonancias a las rocas aún vivientes. Por supuesto, es herético proclamar la opinión de que el despertar sensitivo de lo aborígen es preferible a la comodidad tecnológica del siglo XX, que en la realidad es un cierre de los campos sensitivos, y una reducción de las percepciones que tenemos de la vida.*⁴¹

Y sin embargo, aquí estamos, con el miedo en el cuerpo de que podríamos acabar embadurnados con ocre y cinabrio, como esos aborígenes, a pesar de tanto logro alcanzado.

Podemos ligar nuestra hasta ahora confianza ciega en la tecnología con la visión de Argüelles de que el materialismo es un represor de nuestras verdaderas capacidades. Esta fórmula nos daría una sociedad aborregada, confiada y acomodada en la ilusión de que no pasa nada y de que, si pasara, no tenemos responsabilidad personal ni capacidad de respuesta. El “progreso” se encargará de ello.

Pero ese progreso pasa por un cambio en la manera de ver las cosas y, para empezar, de darnos cuenta de que un apagón eléctrico no significa una interrupción de la vida.

⁴¹ José Argüelles, *El factor maya*, ed. Círculo cuadrado, 2000.

Sencillamente, sólo significa la interrupción de una forma concreta de vida.

Poco a poco, hemos ido perdiendo el sentido de todo hasta convertirnos en seres sumisos y aletargados cuyas aspiraciones son únicamente materiales, sin que exista nada más que un objetivo basado en evolucionar mediante unos patrones de consumo determinados y un modelo de ciudades despersonalizadas y frustrantes, pero que suponen el único camino para alcanzar dicha comodidad material.

No puede ser más esclarecedor un estudio publicado en julio de 2011 por investigadores de la Universidad Estatal de Ohio⁴² según el cual la exposición a un ambiente urbano contaminado puede ocasionar cambios físicos en el cerebro, así como problemas de aprendizaje, de memoria e incluso depresión. Cómo se verían incrementados estos efectos al someternos a cambios geomagnéticos de importancia es algo que ya hemos visto unos capítulos atrás.

Lo cierto es que la trampa de nuestra civilización es francamente perceptible y, aun así, la aceptamos. Podemos entender que nuestra situación como colectivo humano

⁴² <http://www.abc.es/20110705/ciencia/abci-contaminacion-problemas-aprendizaje-201107051638.html>

apegado a la tecnología es análogo a la de un animal enjaulado. Obligado a vivir cautivo y sin posibilidad de desarrollar sus capacidades para valerse por sí mismo, no tendrá muchas opciones de sobrevivir si se ve, de repente, puesto en libertad.

¿Qué podemos hacer al respecto? Según observamos las conclusiones de aquellos que han analizado la situación, ya sean científicos de la NASA o profesores de ecología, tomar conciencia de cómo nos relacionamos con el mundo que nos rodea y darnos cuenta de que hemos desarrollado una civilización extremadamente frágil que ha alcanzado grandes metas para garantizarnos la comodidades y seguridades del día a día, pero que se ha olvidado de evolucionar dentro del recipiente que la contiene, la Tierra, el sistema solar, el universo en sí.

Lo que hasta ahora se nos antojaba el discurso de grupos alternativos y alejados de nuestra sociedad empieza a ser asumido por muchos cerebros de los sectores sobre los que se sustenta nuestro modo de vida, como la tecnología, la economía o las telecomunicaciones: energías renovables y comunidades auto-sostenibles sin dependencias extremas.

Puede que una amenaza tan seria como una gran tormenta solar nos permita, paradójicamente, escapar de nuestra particular caverna platónica y reconocer, en el sentido de volver a tomar conciencia, la fragilidad del mundo que hemos construido y la necesidad de crear y generar los cambios necesarios para adaptarnos a los nuevos tiempos que ese universo que siempre habíamos ignorado nos impone.

En 1859, algo transformó el modo de ver el cosmos y despertó la necesidad de comprenderlo mejor para no sufrir sus amenazas. Pero, al parecer, se nos olvidó. En esta década que comienza, puede que la historia se comience a repetir. Y siempre para mejor. Siempre, mediante el conocimiento de nuestros estrechos vínculos con el medio en que vivimos, para seguir evolucionando.

