

El evento

Carrington: la tormenta [solar] perfecta

Por Consuelo Cuevas-Cardona y Juan Américo González-Esparza

En 1859 ocurrió la tormenta solar más intensa que se haya documentado. No pasó a mayores, pero ¿qué ocurriría si hubiera otra de la misma magnitud hoy?

En la madrugada del 2 de septiembre de 1859 Joaquín Velázquez de León, director del Colegio de Minería, y sus alumnos de astronomía observaron maravillados un insólito despliegue de luces de colores en el cielo. Velázquez de León envió al periódico *La sociedad* una nota en la que contaba que sus alumnos y él presenciaron “el espléndido meteoro tan raro en presentarse a nuestra corta latitud, una aurora boreal, o con más propiedad, una aurora polar, ya que también en el polo austral se presenta este fenómeno”. De paso Velázquez de León se quejaba de no haber podido observar las posibles alteraciones de la aguja magnética (la brújula) por falta de recursos: México estaba en plena Guerra de Reforma y se había suspendido el financiamiento para terminar las obras de construcción de un observatorio. Velázquez y sus alumnos no lo sabían, pero lo que observaron esa noche fue la manifestación visible de la tormenta solar perfecta, la más intensa

que se haya registrado hasta la fecha. Hoy la conocemos como *evento Carrington*.

Cataclismo solar, espectáculo terrestre

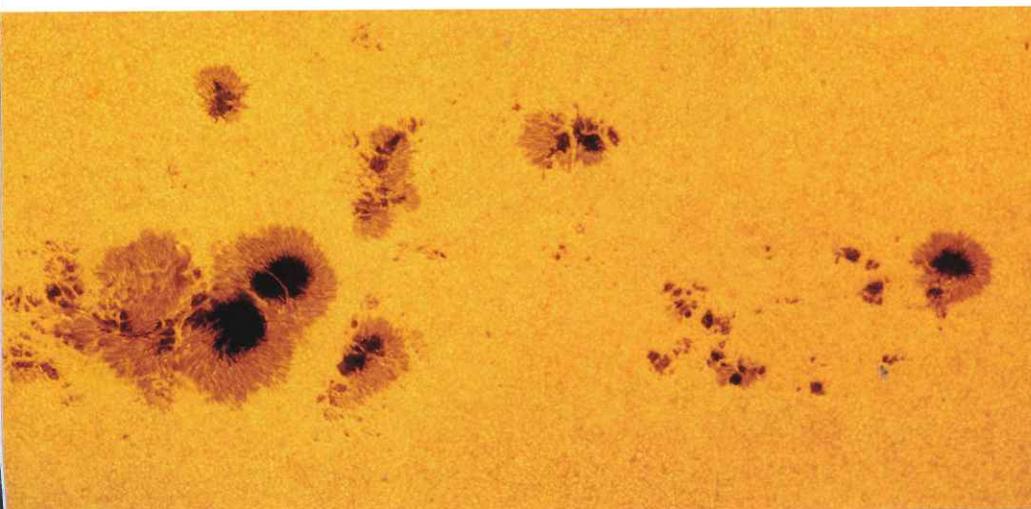
El Sol, como todas las estrellas, tiene diferentes manifestaciones de actividad en su superficie: manchas, protuberancias, destellos. A consecuencia de esta actividad el Sol a veces expulsa al espacio plasma y partículas cargadas que al llegar a la Tierra causan auroras polares y alteraciones electromagnéticas.

La primera observación que relacionó una tormenta solar con las auroras y las alteraciones del campo magnético terrestre la llevó a cabo el astrónomo aficionado inglés Richard Christopher Carrington. Entre 1852 y 1853 construyó en la azotea de su casa un observatorio solar con la mejor tecnología de la época (su familia era aristócrata y él era propietario de una fábrica de cerveza). Su trabajo científico se centró en una documentación sistemática y precisa del número, tamaño y localización de las manchas solares, y su posible influencia sobre el campo magnético terrestre (véase *¿Cómo ves?*, No. 176).

El 1 de septiembre de 1859, como todos los días, Carrington subió a su observatorio para dibujar la imagen del disco solar proyectada a través de su telescopio en una hoja de papel. Estudiaba la evolución de un grupo de manchas solares inusualmente grandes y complejas que habían aparecido desde hacía varios días, cuando, a las 11:23 de la mañana, vio

Un grupo de manchas solares, conocido como la Región Activa 1520.

Foto: Alan Friedman (vía NASA)

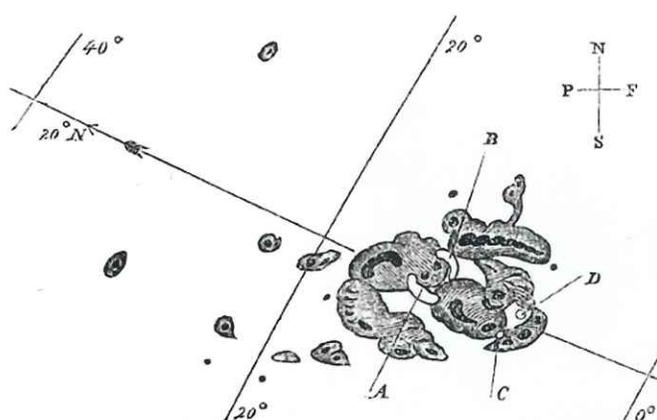


dos intensos destellos blancos sobre el grupo de manchas. El brillo duró aproximadamente cinco minutos. Ese mismo día Carrington lo reportó a la Sociedad Astronómica Real. El evento solar fue confirmado independientemente por otro aficionado, Richard Hodgson. Fue un momento histórico: la primera detección de una tormenta solar, una fulguración explosiva en la superficie del Sol relacionada con un grupo de manchas solares. Ese primer evento es también el más intenso que se haya documentado hasta hoy.

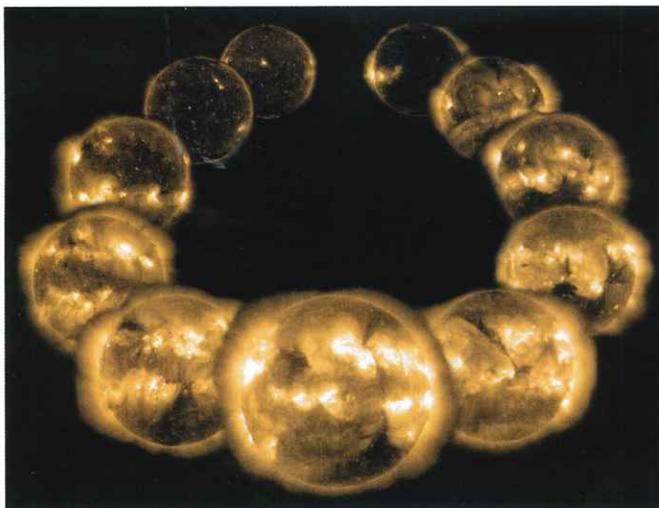
La observación de Carrington y Hodgson estuvo acompañada de registros de variaciones del campo magnético de la Tierra que habían empezado a reportarse cinco días antes, a partir del 27 de agosto, lo cual indicaba que en esos momentos el Sol se encontraba muy activo y que había tenido explosiones previas que perturbaron el entorno magnético de nuestro planeta. Además de las perturbaciones magnéticas, se presentaron auroras boreales muy intensas que alcanzaron latitudes insólitamente bajas. Las vieron en Cuba y Hawái, y también hubo informes de marineros que observaron las auroras cerca del ecuador, donde nunca antes se había registrado tal fenómeno. Este despliegue inédito de auroras boreales, causado por una tormenta solar anterior al evento Carrington, fue observado inicialmente el 28 y el 29 de agosto. Luego, entre el 2 y el 3 de septiembre, aparecieron las auroras aún más intensas que vieron Velázquez de León y sus alumnos. Formas aurorales principalmente rojas iluminaron el cielo durante varias horas de la noche.

Auroras boreales en México

Pese a todo, la aurora boreal de 1859 no era la primera que se veía en México. El 14 de noviembre de 1789 apareció una que es más conocida por los historiadores



Dibujos de Richard Carrington de las manchas solares, 1859.



Cada ciclo solar dura 11 años; con un máximo cuando las manchas y tormentas solares son más frecuentes y mínimos con poca actividad. Imagen: SOHO - EIT Consortium, ESA, NASA.

debido a que la registraron varios científicos de aquella época. Antonio de León y Gama, José Antonio Alzate y José Francisco Dimas Rangel publicaron varios artículos sobre el fenómeno en dos revistas imprescindibles para los estudiosos de esa época, la *Gazeta de literatura de México* y la *Gazeta de México*, y establecieron una discusión que duró casi dos años sobre las características de las auroras boreales.

La aurora de 1859 ha sido casi desconocida en México debido quizá a que los registros del suceso se publicaron en su mayoría en el periódico *La Sociedad*, poco consultado para buscar información sobre temas científicos. Esta aurora no sólo se reportó en la Ciudad de México. Un ex alumno del Colegio de Minería, Ismael Castelazo, escribió en el periódico *La Sociedad* del 28 de septiembre de 1859 que vio la aurora desde Mineral de

Zimapán, en el actual estado de Hidalgo. Castelazo señaló que 15 minutos antes de las 11 de la noche del día 1 de septiembre vio una nube negra de la que salió un arco grande con rayos luminosos y una luz roja que iluminó toda la región norte del cielo. Castelazo pudo observar alteraciones en las agujas de un teodolito, un compás alemán y una brújula portátil. Al periódico llegaron también cartas de Guadalajara, Guanajuato y Querétaro.

El historiador Luis González y González narró en su libro *Pueblo en vilo*, publicado en 1968, que los habitantes de San José de Gracia, Michoacán, a los que entrevistó para construir la historia del lugar, sabían de aquel evento ocurrido más de 100 años antes. Los entrevistados describieron que una madrugada de final de año se vio una luz que “distaba mucho de ser la luz sonrosada” del amanecer. “Las danzantes luminiscencias vistas en el cielo se asemejaban a la lumbr emanada de lugares con tesoros ocultos, pero su enormidad infundía zozobra. Era como si se hubieran juntado a bailar todos los fuegos”, escribió González y González.

En varias partes del mundo se registraron alteraciones en las líneas telegráficas. En *El Constitucional* de París, Francia, se publicó que a eso de las siete de la mañana del 2 de septiembre, se advirtió que los aparatos se comportaban como si las estaciones estuvieran transmitiendo una corriente continua. También se informó que la comunicación telegráfica de las líneas entre Nueva York y Canadá quedó inhabilitada. En México no hay noticias de efectos similares. En nuestro país la primera línea telegráfica experimental se conectó entre el Palacio Nacional y el Colegio de Minería en 1850. Para 1856 se emitían más de 50000 mensajes anuales entre la Ciudad de México, Puebla, Veracruz y los centros agrícolas del Bajío. Sin embargo, en 1859 el país atravesaba por

los conflictos de la Guerra de Reforma y es posible que la actividad de este medio de comunicación haya disminuido, lo que puede explicar el que no se haya documentado ninguna falla aquel 2 de septiembre.

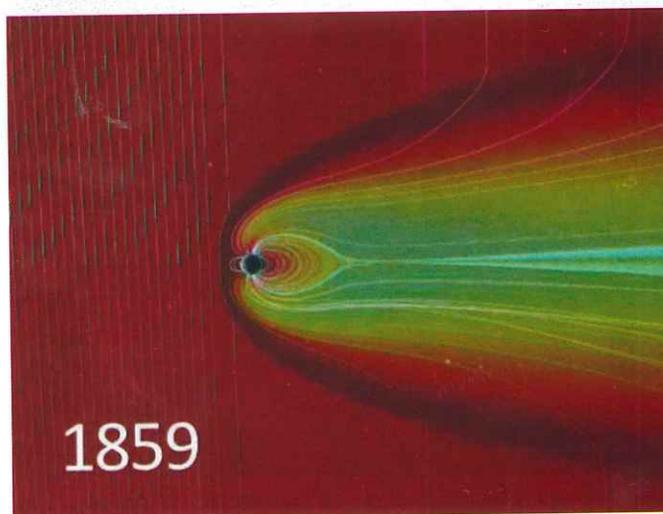
Tormentas solares y clima espacial

Las tormentas solares son explosiones que liberan gigantes destellos de luz, partículas energéticas y nubes de material de la atmósfera solar (plasma) al medio interplanetario. Cuando estos fenómenos llegan a la Tierra se pueden producir efectos como las auroras polares, que se forman cuando las partículas penetran el campo magnético del planeta y chocan con átomos y moléculas de la atmósfera (véase *¿Cómo ves?*, No. 175). Las partículas solares también pueden entrar en órbita alrededor de la Tierra y formar anillos, conocidos como cinturones de Van Allen, que inducen variaciones en el campo magnético. A este fenómeno se le conoce como *tormenta geomagnética*.

Las tormentas solares no son ninguna novedad; no obstante, hoy nos preocupan más que antes. Los sistemas de generación y distribución de energía eléctrica, las radiocomunicaciones, los satélites de telecomunicaciones, de exploración espacial y de posicionamiento global y la transportación aérea son vulnerables a los efectos de las tormentas solares. Éstos son más intensos en regiones cercanas a los polos y al ecuador, lo que se debe al movimiento e interacción de las partículas solares con el campo magnético de la Tierra. El centro y el sur de México se encuentran en una región de latitud relativamente baja. Esto hace que los efectos de las tormentas solares sean menos intensos y es la razón por la cual no observamos auroras boreales ni efectos ecuatoriales. Sin embargo, como lo muestran los registros del evento de



Una aurora boreal roja (Missouri, 24 de octubre de 2011).
Foto: Tobias Billings (vía NASA).



Para entender y predecir el impacto de eventos del clima espacial en la Tierra el Community-Coordinated Modeling Center (CCMC) de la NASA, estudia modelos computacionales de eventos históricos, como el Carrington de 1859. Imagen: NASA/Bridgman/Duberstein.

1859, el país no es inmune a los efectos de tormentas solares intensas.

El Sol tiene un ciclo que dura aproximadamente 11 años y que se registra por medio de las variaciones de la cantidad de manchas solares. Empieza con un *mínimo solar*, durante el cual prácticamente no hay manchas. Luego las manchas comienzan a aparecer acompañadas por tormentas solares hasta alcanzar el máximo solar, en el que pueden ocurrir varias tormentas al día. Posteriormente, las manchas comienzan a desaparecer y la actividad del Sol disminuye gradualmente hasta el siguiente mínimo. El número de manchas es un indicador del nivel de actividad solar. Las tormentas solares más intensas están asociadas a manchas solares grandes y complejas que producen varias explosiones

conforme evolucionan durante varios días.

La gran tormenta solar de 1859 ocurrió 10 meses antes del máximo solar número 10 (contado desde 1755), que no fue particularmente intenso. Los ciclos varían en el número de manchas, y por lo tanto en actividad solar, pero las condiciones para una tormenta pueden presentarse en cualquier ciclo solar. Además, las tormentas solares más peligrosas para la Tierra no han ocurrido necesariamente durante los máximos del ciclo; algunas incluso sobrevinieron durante la fase descendente. Las tormentas solares, como los sismos, son un fenómeno natural complejo y todavía no podemos predecir cuándo van a suceder los eventos extremos. Lo que sí sabemos es que volverán a ocurrir. Es parte de la naturaleza del Sol y no podemos hacer nada para evitarlo. ¿Qué pasaría hoy si se repitiera la tormenta de 1859?

Un nuevo evento Carrington hoy tendría repercusiones catastróficas. La llegada de la hipotética tormenta solar perfecta y su interacción con el campo

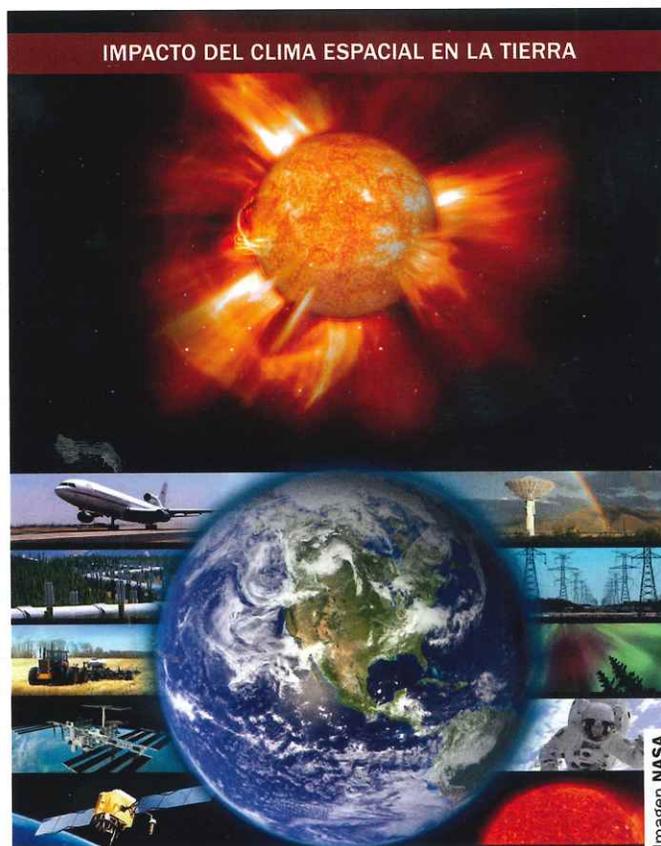
magnético de la Tierra induciría corrientes en las redes de distribución de energía eléctrica. Esto provocaría variaciones de voltaje que llevarían a fallas totales en los sistemas de generación de energía y apagones globales. La interrupción del suministro de energía eléctrica tendría a su vez un efecto cascada en los servicios de emergencia, operaciones bancarias, provisión de combustibles, transportación, internet... La tormenta solar extrema afectaría nuestros satélites de telecomunicaciones, los sistemas de posicionamiento global y las radiocomunicaciones. En el caso de México, a todo esto habría que añadir los efectos colaterales debidos a los daños en la infraestructura y economía de Estados Unidos.

El clima espacial puede tener efectos globales a diferencia de los sismos y los huracanes, cuyos efectos son locales o cuando mucho regionales. Para vigilar de manera continua la actividad del Sol y los efectos del clima espacial se requiere cooperación internacional. Desde hace varios años se han iniciado colaboraciones auspiciadas por organizaciones mundiales. Al mismo tiempo, varios gobiernos han incluido los efectos del clima espacial en sus catálogos de riesgos nacionales y han publicado estrategias para prevenirlos y mitigarlos.

El Servicio de Clima Espacial Mexicano

La historia nos muestra que en 1859 nuestro país atravesaba por una guerra que, a pesar de todo, no impidió que varios observadores registraran la aurora boreal. El hecho de que la gente escribiera a los periódicos para informar del acontecimiento revela una sociedad interesada en los fenómenos naturales. Sin embargo, también nos dice que por falta de apoyo no había hasta ese momento un observatorio astronómico ni meteorológico, en el que hubieran podido registrarse también las perturbaciones magnéticas ocurridas durante la aurora boreal, asunto del que se quejó Velázquez de León. Actualmente sabemos que los efectos adversos del clima espacial en la infraestructura y operación de los servicios más fundamentales para la sociedad moderna constituyen un asunto de seguridad nacional que debe ser atendido mediante políticas públicas de protección civil.

El nivel de desarrollo que México ha logrado en las últimas décadas y su infraestructura potencialmente vulnerable a estos fenómenos naturales (ductos de gas y petróleo, telecomunicaciones, banca electrónica, actividades que dependen de sistemas de posicionamiento global, radiocomunicaciones y una extensa red de generación y distribución de energía eléctrica) apremian para que el país pueda



emprender acciones que incrementen su resiliencia ante estos fenómenos. Esto exige reforzar la infraestructura observacional, hacer más estudios científicos y el monitoreo en tiempo real de las condiciones de clima espacial sobre nuestra región.

El 3 de junio de 2014 se publicaron en el *Diario oficial de la federación* las últimas modificaciones a la Ley General de Protección Civil, las cuales incorporan las tormentas solares y el clima espacial a la lista de fenómenos que pueden causar desastres. Con apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y el programa de cátedras en octubre de 2014 se creó el Servicio de Clima Espacial Mexicano (SCIESMEX) del Instituto de Geofísica de la UNAM, y en junio de 2016 el Laboratorio Nacional de Clima Espacial (LANCE).

El LANCE es una colaboración entre la UNAM y la Universidad Autónoma de Nuevo León para desarrollar una red de instrumentos en tierra que permitan entender mejor cómo afectan las tormentas solares el entorno espacial del planeta, y en particular las diferentes regiones del

país. El laboratorio colabora con la Comisión Federal de Electricidad para determinar con más detalle los estragos que pueden causar las tormentas solares en la red eléctrica nacional. También colabora con el Instituto Federal de Telecomunicaciones para analizar perturbaciones en la ionosfera que pueden interferir con las telecomunicaciones. Asimismo, el SCIESMEX colabora con el Centro Nacional de Prevención de Desastres y la Agencia Espacial Mexicana para desarrollar políticas públicas de protección civil ante fenómenos de clima espacial. 👁

Consuelo Cuevas Cardona es bióloga, maestra y doctora en ciencias por la UNAM. Sus investigaciones tratan de historia de la ciencia en México y de historia ambiental. Actualmente es jefa del Área Académica de Biología del Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Juan Américo González Esparza es físico por la UNAM y doctor en física espacial por el Imperial College de la Universidad de Londres. Realizó una estancia posdoctoral en el Laboratorio de Propulsión a Chorro de la NASA y actualmente es jefe del Servicio de Clima Espacial y responsable del Laboratorio Nacional de Clima Espacial, ambos del Instituto de Geofísica de la UNAM.

MÁS INFORMACIÓN



- NASA, *Condiciones del tiempo en el espacio*, en www.nasa.gov
- National Geographic, *¿Qué pasaría si la mayor tormenta solar de la historia sucediese hoy?* en www.nationalgeographic.es
- Vicente, Nadjejda, *Tormentas solares: cuando la tecnología nos hace vulnerables*, Divulgación y Cultura Científica Iberoamericana, Organización de Estados Iberoamericanos, en www.oei.es/historico/divulgacioncientifica/reportajes_425.htm

El SCIESMEX y el LANCE difunden información por medio de sus redes sociales en Twitter y Facebook (@sciesmex) y por su aplicación URL www.sciesmex.unam.mx