

Una mirada a los efectos de las tormentas solares en los satélites artificiales

¡El drama!

Estamos en una época hiperconectada, en la que el auto o el celular nos dice por dónde ir, y antes de recibir el menú del restaurante pedimos la contraseña del Wi-Fi para informar por redes sociales lo que estamos haciendo, dónde y con quién. Pero imaginate que de golpe ya no tenés más acceso a Internet, el GPS deja de indicar el camino a seguir con el auto, o incluso, te quedás a oscuras¹.

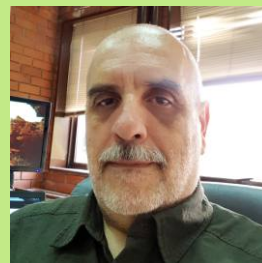


Satélite artificial argentino SAC-D / Aquarius desarrollado por la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE). (Fuente: NASA)

¿Qué pasó?

Es posible que la respuesta a esta pregunta no provenga de este planeta. Pero no temas, no es una invasión de hombrecitos verdes. Lo más probable es que el causante del problema haya sido el Sol al generar una llamarada, fulguración o más correctamente expresado, una *eyección de masa coronal*, bah, una tormenta solar, para los amigos. A consecuencia de ello, la única estrella de nuestro sistema planetario envía al espacio una infinidad de partículas cargadas (iones, en su inmensa mayoría, protones y electrones), con tanta energía que su velocidad se acerca al límite de velocidad del universo, la de la luz. Entonces, cuando el Sol hace de las suyas, a nosotros solo nos resta soportar estoicos las consecuencias.

Afortunadamente, el planeta Tierra posee un escudo que protege, la mayoría de las veces, a su superficie y a nosotros, que vivimos en ella. Es el campo magnético terres-



Autor **Martín Alurralde**

Doctor en Física (IB)
 Investigador en Daño por Radiación en Materiales y Dispositivos Electrónicos (CNEA)
 Profesor titular: Materiales Avanzados (IS)
 Gerente de Investigación y Aplicaciones (CNEA)

tre. Este campo, no solo nos ayuda a orientarnos usando una brújula (época pre-GPS), sino que también desvía los iones que pretenden ingresarlo, terminando atrapados formando los cinturones de Van Allen (que no es una banda de rock and roll, aunque lo parece). Otras partículas se acercan mucho a la atmósfera cerca de los polos, donde el campo magnético se hace más intenso y terminan formando esas hermosas luces danzantes que conocemos como las auroras boreal y austral. Cuando sucede una llamada solar, este sistema empieza a “hacer agua”, es decir, a fallar. El campo magnético terrestre nos protege a los que estamos aquí abajo, pero a costa de llenar los cinturones de Van Allen de iones, los que a su vez apedrean a todo lo que tengan cerca, por ejemplo, los satélites artificiales². Y sabemos que no es lo mismo una garúa que un aguacero, ya que de este último ¡solo se sale empapado! Dicho de otra manera, por efecto de esta lluvia de iones, el satélite puede terminar sufriendo daño pasajero o permanente, parcial o total.



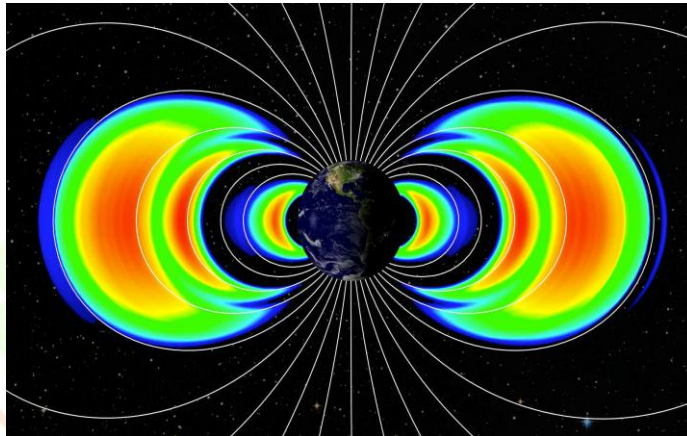
Tormenta solar (Fuente: Wikipedia)

¿Cómo pasó?

Para entender esto te debo explicar qué pasa con los iones cuando entran en un sólido. Empleando otra analogía, si vos te subís al trampolín más alto de la pileta y te tirás al agua al estilo “bomba”, al chocar con su superficie vas a salpicar agua en todas direcciones (te podés imaginar las expresiones de la gente que está tomando sol cerca). El único efecto del agua es que frena tu caída y eso ayuda, un poco, a que no termines estrellado contra el fondo de la piscina. Pero si ahora imaginamos que había alguien en el agua, justo en la zona del impacto (no pruebas a hacerlo porque pueden lastimarse mal) lo que ocurrirá es que, además de frenarte, se modificarán tu trayectoria y la de tu víctima, por efecto del choque entre ambos. El primer caso sería el equivalente a la interacción de un ión (proyectil) con los electrones de los átomos del material impactado. El efecto que produce es arrancar muchos electrones, lo que genera un pulso de corriente eléctrica y cargas positivas en el material. Si este es conductor no pasa nada, pero si es aislante, estas cargas quedan atrapadas donde se generaron, arruinando el circuito electrónico. El segundo caso es más dañino, pero por suerte es menos probable y es a consecuencia de la interacción de los iones con los átomos que forman el sólido.

¿Qué tiene que ver esto con el daño en la electrónica de un dispositivo? En el primer caso (ión vs. electrones) se inyecta una corriente eléctrica transitoria al dispositivo y dependiendo de dónde y cómo se inyecta, puede causar daño instantáneo o por acumulación. El segundo caso, es el daño que pueden sufrir los paneles solares de un satélite, lo que resulta muy relevante porque se está dañando la fuente de energía del mismo. Es como imaginar una autopista que está siendo bombardeada y que con el tiempo se vuelve cada vez más intransitable. La electrónica que utiliza el satélite es mayoritariamente digital; esto significa que es una computadora corriendo un programa que ejecuta diversas acciones. Para seguir con la analogía acuosa, la electrónica del satélite la podemos pensar como un sistema de recipientes de agua, conectados por canales y regulado por válvulas que se activan, siguiendo el programa que ejecuta el “cere-

bro” del satélite artificial. Todas las computadoras utilizan el sistema binario para trabajar, es decir, si un recipiente está vacío sería un “cero” y si está lleno sería un “uno”. Por lo tanto, una inyección de electrones puede ser equivalente a llenar un recipiente vacío con agua, o sea, que un cero, pase a ser uno. Alterar dígitos binarios provoca un mal funcionamiento del satélite. El caso de cargas atrapadas en ciertos aislantes de los circuitos sería equivalente a que se formen depósitos de agua en las válvulas, lo que evita



Representación de los cinturones de Van Allen. El interno es de protones y los exteriores de electrones. Las líneas blancas representan el campo magnético terrestre. (Fuente NASA)

que las mismas se cierran correctamente.

Consecuencias

Se puede concluir que la repercusión de una tormenta solar en la electrónica del satélite es impredecible. El daño menor sería la pérdida de información valiosa y el daño mayor sería la pérdida total e irreversible de un sistema o del satélite mismo. ¿Cómo evitarlo o cómo minimizar el riesgo? Su respuesta es otra historia que sin duda merece “otra mirada”.

ABREVIATURAS

IB: Instituto Balseiro (CNEA – Universidad Nacional de Cuyo)
 CNEA: Comisión Nacional de Energía Atómica
 IS: Instituto Sabato (CNEA - Universidad Nacional de San Martín)

REFERENCIAS

- 1 Los efectos que describiremos no afectan a la electrónica sobre la Tierra, pero sí pueden afectar a la comunicación que estos dispositivos intenten establecer con otros aparatos o servicios.
- 2 Hay muchos tipos de satélites artificiales y se los clasifican según su utilidad, trayectoria o tamaño. Las órbitas de los que acompañan la Tierra pueden ser circulares, elípticas, etc. Los mismos se encuentran a una distancia entre 600 y 36.000 km de la superficie terrestre. También hay satélites artificiales cuya misión es explorar otros objetos del sistema solar.



**Instituto de Energía y Desarrollo Sustentable
 Comisión Nacional de Energía Atómica**

Tel: 011-4704-1485 www.cnea.gov.ar/ieds
 Av. del Libertador 8250 (C1429BNP) C. A. de Buenos Aires - República Argentina
 Año de edición: 2019/1º ISBN: 978-987-1323-12-8

Publicación a cargo del Dr. Daniel Pasquevich y la Lic. Stella Maris Spurio.
 Comité Asesor: Ing. Hugo Luis Corso - Ing. José Luis Aprea.
 Responsable Científico: Dr. Gustavo Durfo.
 Versión digital en www.cab.cnea.gov.ar/ieds
 Los contenidos de este fascículo son de responsabilidad exclusiva del autor.