

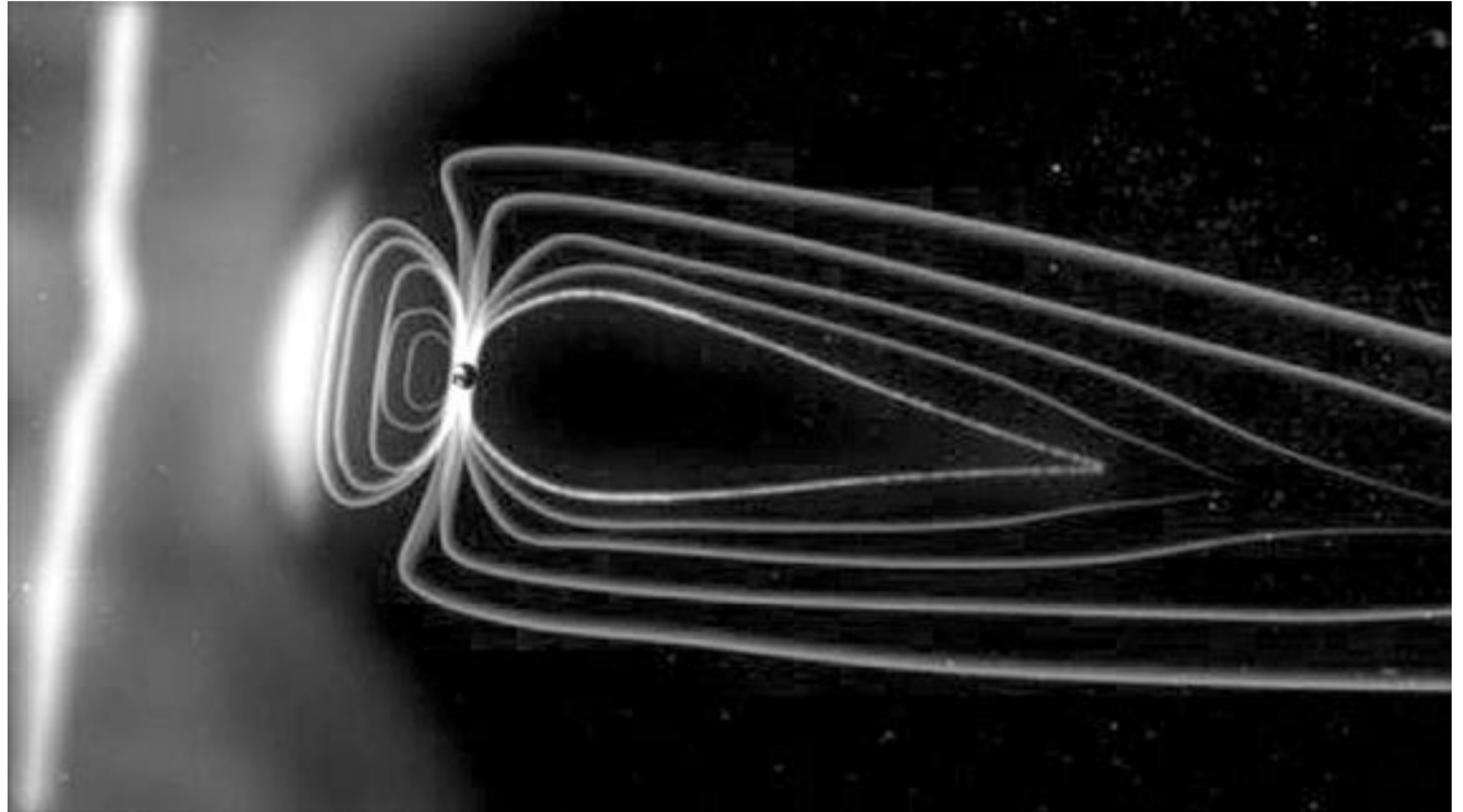
# Una mirada a los estornudos solares, el clima espacial y su relevancia en nuestras vidas cotidianas

**Antonio M. Juárez**

Instituto de Ciencias Físicas de la UNAM

Miembro de la Academia de Ciencias de Morelos

A pesar de su aparente tranquilidad cuando proporciona luz y calor a los cielos, flores y calles de Cuernavaca, el Sol es una estrella bastante activa. Como parte de esta actividad, en ocasiones violenta y continua, el Sol riega a la Tierra con un permanente viento solar consistente en electrones y protones de energías elevadas, del orden de 1000 *electrón-Volts* (eV). Un eV es la energía que adquiere un electrón bajo el efecto de una diferencia de potencial de un Volt. Para dar una idea de la energía que representa un eV, baste mencionar que corresponde a la energía que en promedio posee cada átomo que se encuentre en el interior de un horno calentado a 10,000 grados centígrados. Dicho viento solar altamente energético se desvía y almacena en el campo magnético terrestre, afortunadamente para nosotros, pues sería muy dañino darse un baño de estas partículas en la playa. El Sol se encuentra a una distancia formidable de nosotros, tanto que a la luz le toma ocho minutos llegar a la Tierra. En escalas más humanas, para tener una idea de la lejanía del Sol agregaré que tardaríamos aproximadamente 17 años en llegar al Sol, si viajáramos a la velocidad de un jet comercial. A pesar de esta enorme distancia entre el Sol y la Tierra, el viento emanado desde la estrella tiene importantes consecuencias en nuestro planeta y en nuestras vidas. El viento solar se origina en la atmósfera de nuestra estrella debido a su elevada temperatura, tan alta que los electrones de los átomos de helio e hidrógeno, elementos básicos que componen al Sol, se desprenden de sus respectivos núcleos, fenómeno conocido como ionización. Aunque nos suene un tanto extraño, la mayor parte de la materia del Universo se encuentra en estado ionizado. Nuestro planeta es un pequeño oasis en el que la ionización sólo es importante en las capas superiores de la atmósfera, o bien en laboratorios de física o las pantallas de plasma. Los gases ionizados a elevada temperatura tienen una velocidad tan alta que superan a la fuerza gravitacional solar y salen disparados. Su velocidad supera la llamada *velocidad de escape*. La velocidad que debe superarse



**Figura: Representación del viento solar y la magnetosfera terrestre. El Sol se halla a la izquierda y fuera de la figura. La Tierra es la esfera pequeña de donde emanan las líneas de campo magnético.**

para escapar de nuestro planeta es de alrededor de 11 km por segundo. En el caso del Sol, para que la materia ionizada se escape, ésta debe tener una velocidad superior a ¡617 kilómetros por segundo! Nuevamente, para tener una idea de lo que esta velocidad significa, señalaré que una partícula de viento solar podría darle la vuelta a nuestro planeta en ¡poco menos de un minuto! Entonces, el viento solar tiene su origen en materia ionizada, altamente energética, que escapa continuamente del efecto gravitacional del Sol y se emite en todas direcciones, incluyendo la dirección que apunta a nuestro planeta. El efecto del viento solar es particularmente importante durante las llamadas tormentas solares, que son eventos cortos en los que el Sol emite grandes cantidades de partículas cargadas altamente energéticas. Estas tormentas se originan en el fenómeno de *reconexión del campo magnético* solar y que tiene como efecto acelerar partículas a altas velocidades y eyectarlas del astro. La energía emitida en este tipo de espasmos solares es formidable, y puede ser miles de millones de veces más potente que la tristemente famosa explosión de la bomba atómica detonada en Hiroshima al final de la Segunda Guerra Mundial. Como ejemplo de los efectos que dichas tormentas tienen sobre nosotros, podemos mencio-

nar las *tormentas geomagnéticas* (en las cuales la *magnetosfera terrestre* presenta cambios importantes) y las *auroras boreales* intensas. Si a estas alturas los *estornudos* solares le suenan al lector demasiado abstractos, vale la pena recordar que debido a este tipo de fenómenos, las comunicaciones satelitales e incluso los servicios eléctricos de ciudades enteras pueden fallar, como le sucedió a la ciudad de Quebec con el famoso apagón de 1989.

En vista de lo anterior, es clara la importancia de estudiar y entender el *clima espacial* y, a partir de este conocimiento, predecir y prever sus consecuencias. Para este efecto, el instituto de Geofísica de la UNAM y otras instituciones como la NASA cuentan con un programa de observación del clima espacial. La UNAM cuenta con el *Observatorio Geomagnético de Teoloyuca*, donde se examina el clima solar y se realizan mediciones del campo magnético de la Tierra. Este observatorio proporciona un servicio comercial a empresas que llevan a cabo prospección petrolera y minera en nuestro país, puesto que este tipo de actividades dependen de mediciones muy precisas de los campos magnéticos inducidos por el suelo. Cualquier perturbación externa no detectada induciría errores en sus mediciones con un elevado costo económico.

Asimismo, este tipo de observatorios proporciona información fundamental sobre la dinámica y estructura de la magnetosfera terrestre. La NASA supervisa el clima solar mediante un observatorio nombrado *TEMIS* en honor a la diosa griega de la sabiduría y del buen consejo. *TEMIS* consiste en cinco satélites que continuamente miden las auroras australes y boreales así como la correlación de estos eventos con la actividad solar. Las sondas de *TEMIS* están especializadas en registrar eventos que ocurren en la magnetosfera denominados *subtormentas*. Durante las subtormentas, se liberan súbitamente partículas del viento solar almacenadas en la magnetosfera dando lugar a auroras boreales y australes especialmente intensas. El origen de las subtormentas solares y la dinámica que obedecen es un problema de investigación abierto y complejo. Uno de los problemas más importantes a resolver, consistió en determinar qué es lo que provoca una subtormenta (*Science*, 1160495, julio 2008). A partir de las observaciones del grupo *TEMIS*, se dilucidó que el mecanismo de disparo se debe a un proceso denominado reconexión. Este fenómeno ocurre cuando el viento solar se almacena mayormente en uno de los polos

de la Tierra. Para recuperar el equilibrio, la magnetosfera tiende a homogeneizar el gradiente de partículas temporalmente creado, es decir, la cantidad de partículas cargadas en un polo y otro. Sin embargo, esto no ocurre de manera continua, sino sólo cuando el gradiente alcanza un valor crítico. Aunque el fenómeno de reconexión es bien conocido, la relación entre éste y las subtormentas magnetosféricas no fue esclarecido sino hasta la operación reciente de *TEMIS*.

Para concluir, considero que entender la interacción del Sol con la atmósfera de nuestro planeta proporciona conocimiento útil y relevante para las actividades humanas. Así, el conocimiento no sólo sirve para alimentar a nuestro curioso *niño interior*, sino que nos ayuda a vivir rodeados de tecnología necesaria para comunicarnos, extraer minerales y elementos útiles de la Tierra, y entender por qué podemos sobrevivir a pesar de que nuestro pequeño planeta vive en la vecindad de una estrella poderosa, como el Sol.

Para aprender más:  
[http://www.nasa.gov/mision\\_pages/themis/mission/index.html](http://www.nasa.gov/mision_pages/themis/mission/index.html)  
<http://www.geofisica.unam.mx/observatorios/osmega/>