

# El campo magnético solar, tan importante como el campo magnético terrestre

RUTH SOTO

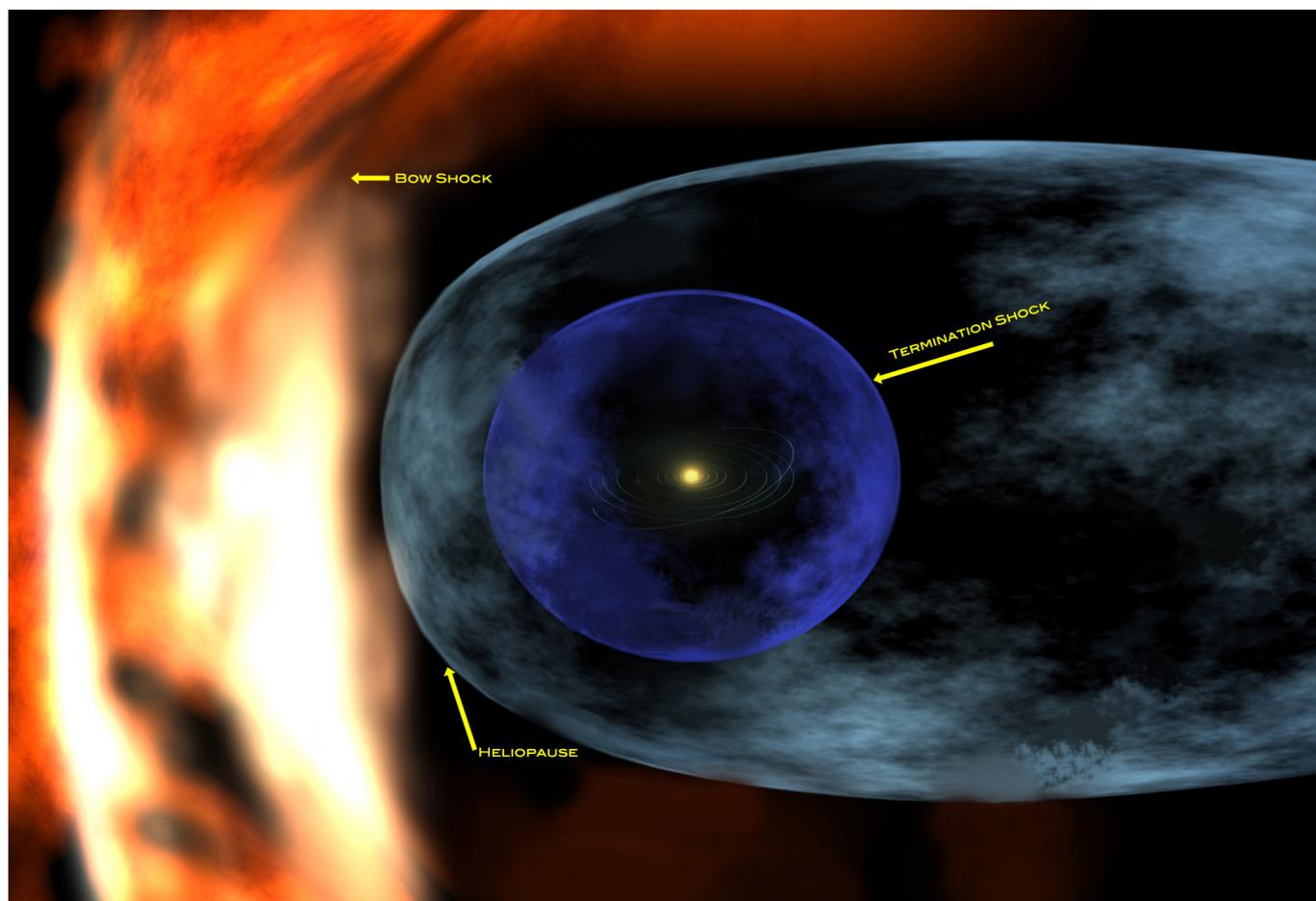
*Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Unidad de Zaragoza. C/ Manuel Lasala, 44, 9B, 50006 Zaragoza. r.soto@igme.es*

Saturno, Urano o Neptuno), además de nuestro gran astro, el Sol. La magnitud del campo magnético solar en la superficie del Sol equivale aproximadamente a 1 Gauss, que es prácticamente el doble del valor del campo magnético terrestre en la superficie

de la Tierra (0.5 Gauss de media). Para hacernos una idea un imán pequeño tiene 100 Gauss. De manera simple, ambos campos magnéticos, el terrestre y el solar, podrían compararse al comportamiento de un gran imán situado en su interior, con

Son varios los planetas de nuestro Sistema Solar que disponen de campo magnético (Tierra, Júpiter,

*Fig. 1. Ilustración que muestra el Sistema Solar en el interior de la heliosfera, burbuja de gas ionizado que produce el Sol y su campo magnético, que nos protege del viento estelar de fuera de nuestro Sistema. El límite de la burbuja magnética solar es la heliopausa, punto en el que las presiones del viento solar y las del viento interestelar se igualan. Fuente: NASA*



los polos magnéticos alineados con sus ejes de rotaciones. Sin embargo, el campo magnético solar es mucho más complejo, variable y caótico que el terrestre. Del mismo modo que el campo magnético terrestre constituye un eficaz escudo frente al viento solar o flujo de partículas expulsadas por el Sol a gran velocidad, el campo magnético solar nos protege de partículas con energías todavía mayores procedentes del exterior de nuestro Sistema Solar, de explosiones de supernovas o de agujeros negros de nuestra galaxia o de otras. La gran burbuja de gas ionizado que genera el Sol y rodea nuestro Sistema Solar se denomina heliosfera y se extiende hasta una distancia equivalente a 100 veces la que existe entre el Sol y la Tierra (Fig. 1). Aunque todavía no existe consenso, se cree que el campo magnético solar podría tener su origen en la circulación convectiva del plasma de su interior unido a la rotación diferencial (rotación a diferentes velocidades en varias latitudes) que experimenta.

El Paleomagnetismo, disciplina que estudia el magnetismo fósil de las rocas, permite reconstruir la evolución del campo magnético terrestre a lo largo de al menos sus últimos 2800 millones de años (edad de la inversión del campo magnético terrestre más antigua detectada; Strik et al., 2003). Sin embargo, el campo magnético solar sólo es posible estudiarlo a través de su observación directa, que se inició en el siglo XVII. Para épocas anteriores, sólo se puede estudiar mediante la realización de modelos matemáticos, con todas las incertidumbres que ello supone. Desde el año 1996 el Sol se estudia gracias a SOHO (Solar and Heliospheric Observatory), un satélite resultado de un proyecto conjunto entre la ESA (European Spacial Agency) y la NASA. SOHO es la principal fuente de datos del sol en tiempo real y se usa, por ejemplo, para predecir la magnitud de las llamaradas solares. Los datos aportados por los satélites, incluido el satélite SOHO, y potentes telescopios repartidos por diferentes observatorios del mundo, permiten realizar una investigación

cada vez más amplia y exhaustiva, cuyo objetivo es conocer cuál será su evolución en el futuro. Es posible visualizar el comportamiento del campo magnético solar en tiempo real en varias páginas web de los centros de predicción de meteorología espacial ("space weather") de Estados Unidos (<http://www.swpc.noaa.gov/>) o de Europa (<http://swe.ssa.esa.int/swe>), entre otras.

Sabemos que el campo magnético terrestre se invierte, es decir, que su polo magnético norte cambia a sur y viceversa, de forma totalmente irregular y con una media de inversión que se produce cada 250.000 años (Garcés y Beamud, 2016, en este volumen). Sin embargo, el campo magnético solar se invierte de forma regular cada aproximadamente 11 años (el denominado

ciclo solar), dejando evidente que ambos campos magnéticos, el de la Tierra y el del Sol, son completamente independientes. Las inversiones del campo magnético solar responden a procesos de reestructuración de su dinámica. Se producen en la mitad de los ciclos solares, coincidiendo con los momentos de máxima actividad solar y cuando más llamaradas y tormentas solares tienen lugar (Fig. 2). El ciclo solar, además de controlar las inversiones del campo magnético solar, también controla dos aspectos muy importantes de la vida en la Tierra. En primer lugar, controla los cambios en la radiación solar, la energía que llega a nuestro planeta con influencia directa en nuestro clima. Y, en segundo lugar, controla la frecuencia y número de llamaradas solares,

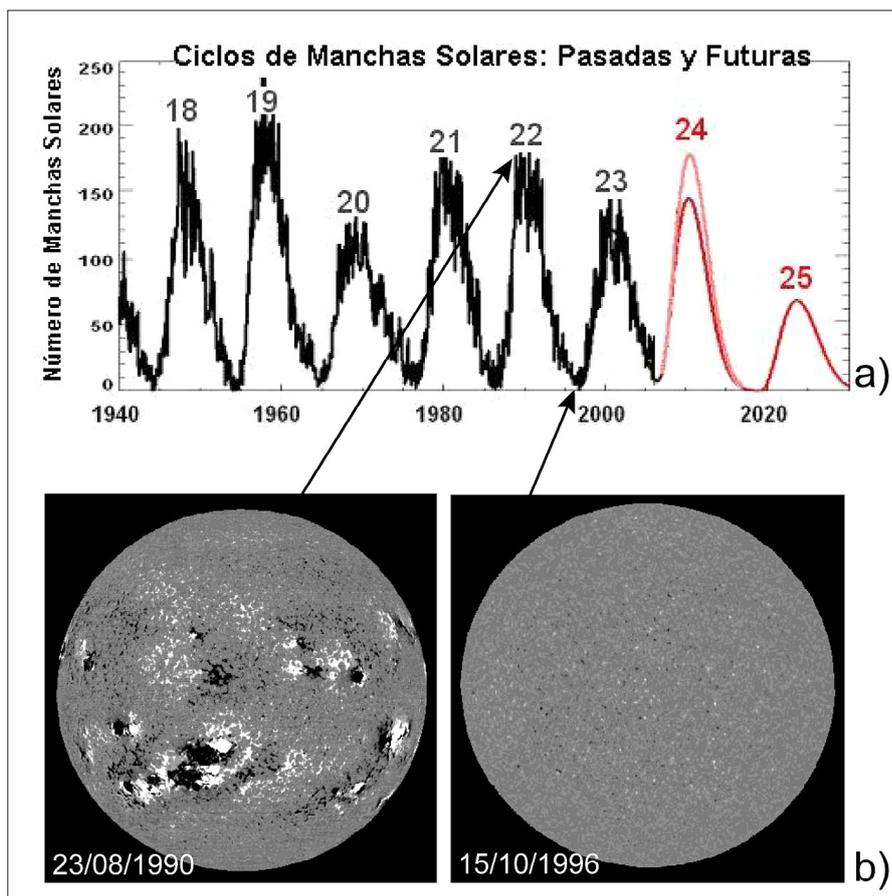


Fig. 2. A) Gráfico que muestra la duración de los últimos ciclos solares y su intensidad en función del número de manchas/llamaradas solares. En rojo y rosa están las predicciones para los próximos ciclos solares de Hathaway y Wilson (2006) y Dikpati et al. (2006), respectivamente. Fuente: NASA. Se recomienda consultar la versión digital. B) Magnetogramas (representaciones de las variaciones espaciales de la intensidad del campo magnético solar tomadas a partir de magnetógrafos incorporados a telescopios) tomadas el 23/08/1990, coincidiendo con el máximo del ciclo solar 22, momento cercano a la inversión del campo magnético solar que muestra máxima actividad solar, y el 15/10/1996, coincidiendo con el siguiente mínimo y periodo de mínima actividad solar. En blanco y negro aparecen respectivamente las regiones con polaridad negativa y positiva (Modificado de Ossendrijver, 2003).

erupciones enormes en su superficie que lanzan al espacio más de mil millones de toneladas de partículas con velocidades de hasta 1500 kilómetros por segundo.

En la actualidad estamos ya en la parte de desaceleración del ciclo solar 24, ciclo que comenzó oficialmente el 4 de enero de 2008 y que según las predicciones acabará alrededor del año 2019 (Fig. 2). Según las predicciones, el ciclo solar 25 tendrá su punto álgido alrededor del año 2022, pero éste podría ser uno de los más débiles de los registrados hasta el momento en cuanto al número de llamaradas solares (Hathaway, 2015) (Fig. 2). Esta información debe ser tenida en cuenta por los astronautas de las misiones espaciales previstas para los próximos años, puesto que un ciclo solar débil implica menos llamaradas y tormentas solares pero también puede significar una mayor llegada de rayos cósmicos, partículas de gran energía procedentes del espacio, con negativas consecuencias sobre su salud (riesgo de desarrollar cáncer, cataratas y otras enfermedades por mayor exposición a rayos cósmicos).

En definitiva, el comportamiento del campo magnético del Sol es fundamental para la vida en la Tierra. Además de influir en su radiación, un debilitamiento de su campo magnético podría generar una mayor llegada de rayos cósmicos (rayos provenientes de fuera de nuestro Sistema Solar) a la Tierra. Estos rayos cósmicos pueden potenciar la formación de nubes que provocaría un enfriamiento en la superficie de la Tierra. También destaca la actividad de las llamaradas solares, con importantes efectos sobre la vida en la Tierra, y que son causantes de las tormentas magnéticas, que pueden causar daños en nuestros satélites, sistemas de comunicación y navegación, y problemas en los centros de distribución de energía eléctrica, los grandes oleoductos e, incluso, los sistemas de señalización ferroviaria. Por ejemplo, si un avión sobrevolara los polos durante una tormenta solar podría experimentar cortes en sus transmisiones de

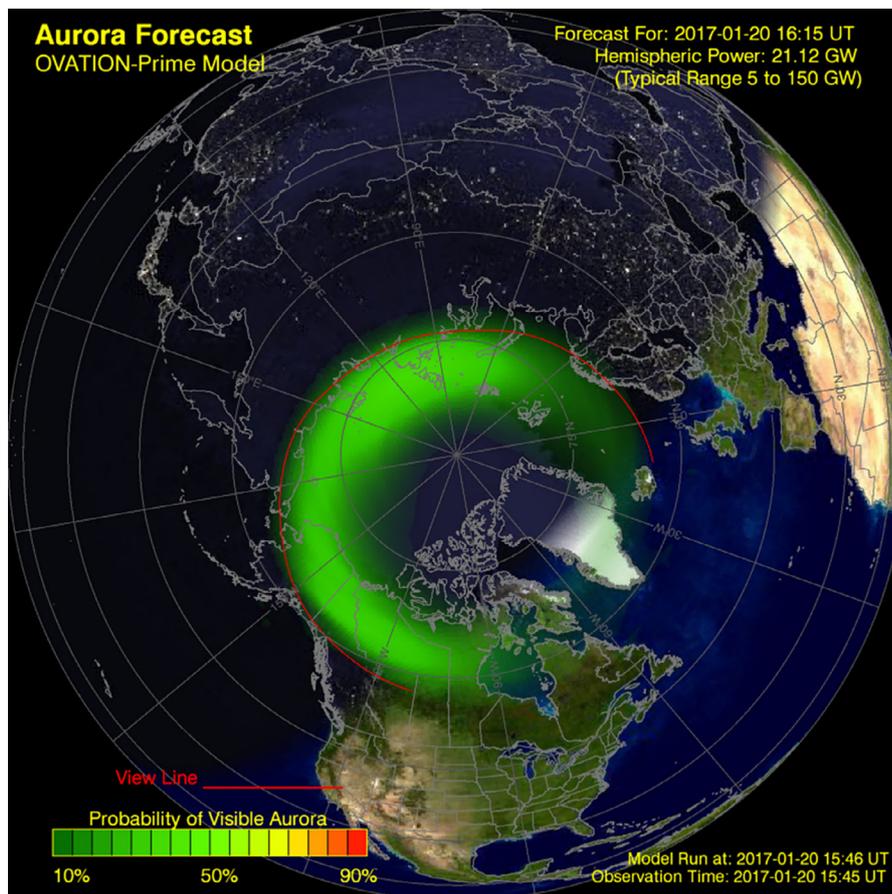


Fig. 3. Predicción de auroras boreales. Los centros de predicción de meteorología espacial dan información en tiempo real relacionada con el comportamiento del campo magnético solar. Fuente: <http://www.swpc.noaa.gov/>

radio o errores de navegación. Por ello, la predicción de la meteorología espacial es tan importante para éstos y es necesario optar por itinerarios más largos, lejos de los polos. Pese a nuestra coraza magnética, el 1 % de las partículas que provienen del Sol logran penetrar en nuestra

atmósfera en las regiones polares, donde la barrera es más débil (Fig. 3). Allí las partículas solares interactúan con los gases de nuestra atmósfera y de su interacción resultan las auroras, boreales en el hemisferio norte y australes en el sur. ●

#### Referencias

- Dikpati, M., de Toma, G. y Gilman, P.A. (2006). Predicting the strength of solar cycle 24 using a flux-transport dynamo-based tool. *Geophysical Research Letters*, 33, doi:10.1029/2005GL025221.
- Especial Sol-Tierra. Instituto de Astrofísica de Canarias. <http://www.iac.es/gabinete/difus/ciencia/sol Tierra/artsol Tierra.htm>
- Hathaway, D.H. (2015). The solar cycle. *Living reviews in Solar Physics*, 12, 4, doi:10.1007/lrsp-2015-4.
- Hathaway, D.H. y Wilson, R.M. (2006). Geomagnetic activity indicates large amplitude for sunspot cycle 24. *Geophysical Research Letters*, 33, doi:10.1029/2006GL027053.
- Ossendrijver, M. (2003). The solar dynamo. *The Astronomy and Astrophysics Review*, 11, 287–367.
- Strik, G., Blake, T.S., Zegers, T.E., White, S.H. y Langereis, C.G. (2003). Paleomagnetism of flood basalts in the Pilbara Craton, Western Australia: Late Archaean continental drift and the oldest known reversal of the geomagnetic field. *Journal of Geophysical Research*, 108, 2551.