ESTUDIO DE LA VARIABILIDAD SOLAR CON FUENTES DOCUMENTALES DEL OBSERVATORIO ASTRONÓMICO DE MADRID

Pérez Aparicio, Alejandro Jesús

El Sol es la principal fuente de energía del sistema climático de la Tierra. Hace posible la vida en nuestro planeta sustentando multitud de procesos naturales. No obstante, este astro también es la fuente de eventos violentos (tormentas solares) que afectan al funcionamiento de los sistemas eléctricos y electrónicos de los que actualmente nuestra sociedad es totalmente dependiente. El Sol, además, controla la radiación y las partículas energéticas del medio interplanetario, las cuales son mortales para los seres vivos que abandonen la protección de la atmósfera y de la magnetosfera terrestres. Por otro lado, hay que destacar que en los últimos años el calentamiento global se está convirtiendo en uno de los mayores retos que debe afrontar nuestra sociedad. De forma que es fundamental conocer el papel que el Sol juega en este fenómeno. Por último, el Sol es una estrella común. Así que podemos aprovechar nuestra cercanía a él para aprender todo lo posible de su estructura y comportamiento con la finalidad de aplicarlo a otras estrellas de su tipo.

La actividad solar varía en ciclos de 11 años (de media). Es lo que se conoce como ciclo de actividad solar (o simplemente como ciclo solar). Por ello, los estudios de actividad solar requieren largas series temporales que cubran numerosos ciclos. Por desgracia, la mayor parte de las series de datos comienzan en la segunda mitad del siglo XX, de esta manera cubriendo pocos ciclos solares. No obstante, existen registros telescópicos de manchas solares desde 1610. Dichas manchas solares constituyen las más antiguas manifestaciones directas conocidas de la actividad solar. Por lo tanto, los índices basados en ellas se extienden atrás en el tiempo varios siglos, siendo los índices de referencia en el estudio de la actividad solar de largo plazo o, como recientemente se ha denominado, “clima espacial”. Entre estos índices destaca el número relativo de manchas solares (Sunspot Number, SN) con una serie temporal que contiene datos desde 1700, el número de grupos de manchas solares (Group Sunspot Number, GSN), con registros desde 1610, y el área total cubierta por manchas solares (Sunspot Area, SA), cuya serie empieza en 1874. Estos índices están altamente correlacionados con los más modernos índices de medida de la actividad solar global. De

forma que los índices basados en manchas solares permiten un seguimiento fiable de la actividad solar con una amplitud temporal mucho mayor que con cualquier otro índice.

Los índices mencionados anteriormente ofrecen información del Sol a escala global. Sin embargo, recientemente también se está trabajando en digitalizar catálogos de manchas solares para obtener información del Sol a una escala menor. Los catálogos muestran información individualizada de posición, área y tipología de las manchas solares. Así, se puede seguir el movimiento y comportamiento diario de cada mancha solar a lo largo del Sol. Esta información es de gran importancia para los estudios de dinamo solar que tratan de simular el comportamiento magnético del Sol, y para los estudios de regiones solares que originaron grandes tormentas solares. Estas tormentas no suceden muy frecuentemente, por lo que es sumamente valioso contar con registros que proporcionen información detallada de manchas solares, puesto que estas generalmente son la fuente de estos violentos eventos.

El objetivo principal de mi investigación consiste en realizar un estudio del clima espacial (actividad solar de largo plazo) de los últimos siglos. Para ello, hemos partido de medidas de actividad solar que durante más de un siglo (1876-1986) se realizaron en el Observatorio Astronómico de Madrid, y que se conservan en anuarios y boletines de dicho observatorio. A partir de ellas hemos construido series temporales de los índices de actividad solar SN, GSN y SA. Estas series han demostrado ser fiables mediante su análisis y comparación con otras series internacionales de referencia. Posteriormente, las series han sido hechas disponibles a la comunidad científica internacional en formato electrónico (Aparicio, Vaquero, Carrasco y Gallego, 2014). Los mismos procesos de digitalización, análisis y comprobación de fiabilidad han sido realizados con dos catálogos de manchas solares para los períodos 1914-1920 y 1952-1986, antes de haberlos hecho disponibles (Aparicio *et al.*, 2018; Lefèvre, Aparicio, Gallego y Vaquero, 2016).

Además de manchas solares, el programa de observación solar del Observatorio Astronómico de Madrid también se extendió a medidas de radiación solar directa a nivel de suelo durante el primer tercio del siglo XX. Esta serie de medidas la hemos digitalizado, analizado y seleccionado los valores fiables, para después hacerla disponible. Esta serie puede considerarse una de las tres series de medidas pirheliométricas continuas más largas del primer cuarto del siglo XX en Europa, y la única del sur del continente. A partir de estos datos hemos estudiado la transparencia atmosférica en Madrid para el período 1910-1929. Dicho estudio ha encontrado una tendencia temporal descendente durante los años 1910-1925 y una ascendente durante los años 1925-1929 (ambas tendencias estadísticamente significativa al 95 %) que coinciden con

los períodos recientemente propuestos de “early dimming” y “early brightening” en radiación solar en superficie encontrados en otros lugares de Europa. Esta serie también ha mostrado la influencia de la erupción del volcán Katmai en Alaska en junio de 1912. Los efectos de esta erupción se notaron hasta febrero de 1914, puesto que hasta esa fecha la transparencia atmosférica en Madrid se vio reducida de forma significativa (Antón, Vaquero y Aparicio, 2014; Aparicio, Antón, Gallego, Sánchez-Lorenzo y Vaquero, 2019). Finalmente, hemos estudiado la relación entre la actividad solar y la radiación solar recibida en la superficie terrestre. De ese estudio se deduce que el impacto que la variabilidad solar tiene en la radiación solar recibida en la superficie terrestre es tan bajo que los factores atmosféricos lo enmascaran (Aparicio, Gallego, Antón y Vaquero, 2020).

REFERENCIAS

Antón, M., Vaquero, J.M. y Aparicio, A.J.P. (2014). The controversial early brightening in the first half of 20th century: A contribution from pyrheliometer measurements in Madrid (Spain). *Global and Planetary Change*, *115*, 71–75. https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2014.01.013

Aparicio, A. J. P., Antón, M., Gallego, M. C., Sanchez-Lorenzo, A. y Vaquero, J. M. (2019). Re-evaluation of trends in atmospheric column transparency from pyrheliometer measurements in Madrid (1910–1929). *Atmospheric Research*, *217*, 165–171. https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2018.11.003

Aparicio, A. J. P., Gallego, M. C., Antón, M. y Vaquero, J. M. (2020). Relationship between solar activity and direct solar irradiance in Madrid (1910–1929). *Atmospheric Research*, *235*, 104766. https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2019.104766

Aparicio, A. J. P., Lefèvre, L., Gallego, M. C., Vaquero, J. M., Clette, F., Bravo-Paredes, N., Galaviz, P. y Bautista, M. L. (2018). A Sunspot Catalog for the Period 1952 – 1986 from Observations Made at the Madrid Astronomical Observatory. *Solar Physics*, *293*(12), 164. https://doi.org/10.1007/s11207-018-1387-1

Aparicio, A. J. P., Vaquero, J. M., Carrasco, V. M. S. y Gallego, M. C. (2014). Sunspot numbers and areas from the Madrid Astronomical Observatory (1876–1986). *Solar Physics*, *289*(11), 4335–4349. https://doi.org/10.1007/s11207-014-0567-x

Lefèvre, L., Aparicio, A. J. P., Gallego, M. C. y Vaquero, J. M. (2016). An Early Sunspot Catalog by Miguel Aguilar for the Period 1914 – 1920. *Solar Physics*, *291*(9–10), 2609–2628. https://doi.org/10.1007/s11207-016-0905-2

APUNTES BIOGRÁFICOS

Alejandro Jesús Pérez Aparicio (Cáceres, 30 de enero de 1986) es Licenciado en Física, con Máster Universitario en Investigación en Ciencias (especialidad en Física) y doctor en Física por la Universidad de Extremadura. Desde 2004 reside en Badajoz, donde actualmente trabaja como personal científico e investigador en el Área de Física de la Tierra de la Universidad de Extremadura.

Contacto: **ajpa@unex.es**