

CAPÍTULO 67

Actividad solar a partir de
observaciones antiguas
de manchas solares.

VÍCTOR MANUEL SÁNCHEZ CARRASCO

En los últimos años, el interés por el estudio acerca de los temas relacionados con el calentamiento global y el clima del planeta ha experimentado un incremento significativo. Para predecir, por ejemplo, la climatología futura debemos conocer los mecanismos que han regido el sistema climático terrestre en el pasado. Así, el Sol constituye nuestra principal fuente de energía y por tanto es el modulador del clima en nuestro planeta. De este modo, la reconstrucción histórica de la actividad solar es un elemento clave para entender el comportamiento de nuestra estrella y, por consiguiente, su relación con el clima en la Tierra (Vaquero y Vázquez, 2009).

Aunque el concepto de actividad solar es bastante común hoy en día, no es sencillo ni definirlo ni interpretarlo inequívocamente. La variabilidad magnética, las tormentas solares, la actividad coronal o incluso la irradiancia solar pueden ser relacionadas con el concepto de actividad solar. Numerosos índices que cuantifican la actividad solar han sido propuestos para estudiar sus efectos, incluso *proxies* indirectos son utilizados para tal fin debido a sus conocidos efectos sobre la magnetosfera o la heliosfera (Usoskin, 2013).

Las manchas solares son regiones oscuras presentes en la superficie solar con una temperatura inferior al resto de la fotosfera. La superficie del Sol posee una temperatura media de unos 6.000K mientras que la temperatura de una mancha solar se encuentra en torno a 4.500K (Bray y Loughhead, 1964). La formación de este fenómeno es debida a la actividad magnética del Sol. Generalmente, las manchas solares están formadas por una parte central oscura llamada umbra rodeada por una región más tenue denominada penumbra. A las manchas solares que no contienen penumbra se les denomina poros. Pueden presentar diferentes tamaños, pudiendo ir desde pocos kilómetros, para los poros más pequeños, hasta manchas que pueden superar incluso el tamaño de la Tierra. Las manchas solares suelen aparecer en grupos, asociadas por parejas (se dice que una mancha es principal y la otra es seguidora) con polaridades opuestas y confinadas en un intervalo de latitud heliográfica aproximadamente de $\pm 40^\circ$.

Hay varios índices que miden la actividad de manchas solares presentes en el Sol (*Sunspot Number* por su traducción al inglés), siendo los más utilizados el *International Sunspot Number* y el *Group Sunspot Number* (Clette, Svalgaard, Vaquero y Cliver, 2014; Hoyt y Schatten, 1998; Vaquero, 2007). Estos índices están basados en el conteo de manchas solares y son definidos como: $ISN=k(10 \cdot g+s)$; $GSN=k' \cdot 12,08 \cdot g$, donde k y k' son constantes de calibración que dependen del telescopio, lugar de observación, condiciones atmosféricas y del observador; g representa el número de grupos de manchas solares y s el número total de manchas solares. Así, se comprueba que la actividad solar presenta un comportamiento periódico, es decir, se produce un máximo en la cantidad de manchas solares presentes en la superficie solar

cada once años aproximadamente. El periodo de tiempo que describe la evolución temporal del número de manchas solares aparecidas en la superficie solar es conocido como “ciclo de actividad solar” (Figura 1).

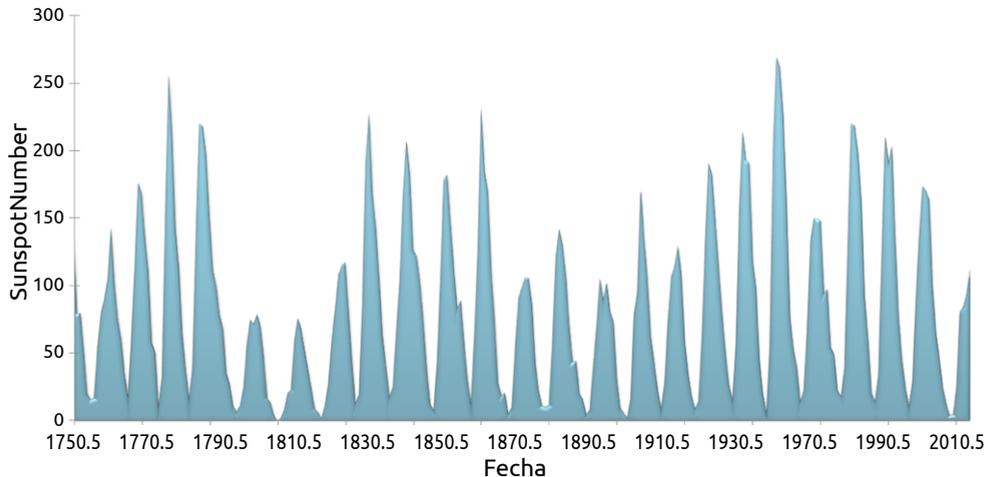


Figura 1. Ciclo de actividad solar a partir de los registros de manchas solares desde 1750 hasta la actualidad.

En general, un grupo de manchas solares presenta manchas con polaridades magnéticas diferentes. Dado un ciclo solar, las manchas líderes de cada grupo perteneciente a un mismo hemisferio poseen la misma polaridad, mientras que las seguidoras tienen la polaridad contraria. El otro hemisferio sigue el mismo comportamiento pero con las polaridades cambiadas. Cada ciclo solar, es decir unos 11 años, se invierten las polaridades para cada hemisferio con respecto al ciclo anterior. Así, el ciclo magnético completo del Sol tiene una duración aproximada de 22 años y es conocido como el ciclo de Hale (Hale, Ellerman, Nicholson y Joy, 1919).

En las fuentes documentales antiguas disponemos de una gran cantidad de información correspondiente a la actividad solar del pasado. Se han llevado a cabo varios estudios que nos han permitido reconstruir la actividad del Sol en diferentes periodos de la era telescópica. Estos trabajos van desde los primeros años de la era telescópica y el Mínimo de Maunder en el siglo XVII (Carrasco y Vaquero, 2015; Carrasco, Villalba y Vaquero, 2015a, 2015b) hasta la actualidad (Carrasco, Vaquero, Gallego y Trigo, 2012; Usoskin *et al.*, 2015; Vaquero, Kovaltsov, Usoskin, Carrasco y Gallego, 2015; Zolotova y Ponyavin, 2015). En España, podemos destacar las observaciones históricas de manchas solares llevadas a cabo en los Observatorios Astronómicos de Madrid y Valencia (Aparicio, Vaquero, Carrasco y Gallego, 2014; Carrasco, Vaquero, Aparicio y Gallego, 2014).

Por todo ello, el *Sunspot Number* es un elemento clave en el estudio del forzamiento solar en el sistema climático terrestre del pasado, especialmente durante el mínimo de Maunder

ya que coincidió con la conocida como “Pequeña edad de hielo”. Además, este índice está involucrado, por ejemplo, en trabajos de dínamo solar o cambio climático. Conocer el pasado de la actividad solar y su influencia en el sistema Sol-Tierra nos ayudará a entender su futuro. Para ello es necesaria la incorporación de nuevas observaciones históricas de manchas solares y, además, una revisión de los registros ya existentes.

REFERENCIAS

- 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, 4335. doi: 10.1007/s11207-014-0567-x
- Bray, R. J. y Loughhead, R. E. (1964). *Sunspots*. Nueva York: Dover.
- Carrasco, V. M. S. y Vaquero, J. M. (2015). Sunspots observations during the Maunder Minimum from the correspondence of John Flamsteed. *Solar Physics*. doi: 10.1007/s11207-015-0839-0
- Carrasco, V. M. S.; Vaquero, J. M.; Aparicio, A. J. P. y Gallego, M. C. (2014). Sunspot Catalogue of the Valencia Observatory (1920–1928). *Solar Physics*, 289, 4351-4364. doi: 10.1007/s11207-014-0578-7
- Carrasco, V. M. S.; Vaquero, J. M.; Gallego, M. C. y Trigo, R. M. (2012). Forty two years counting spots: Solar observations by DE Hadden during 1890–1931 revisited. *New Astronomy*, 25, 95-102. doi: 10.1016/j.newast.2013.05.002
- Carrasco, V. M. S.; Villalba Álvarez, J. y Vaquero, J. M. (2015a). Improving Sunspot Records: Observations in 1728-1729 by J.F. Weidler. *The Observatory*, 135, 257-265.
- Carrasco, V. M. S.; Villalba Álvarez, J. y Vaquero, J. M. (2015b). Sunspots during the Maunder Minimum from *Machina Coelestis* by Hevelius. *Solar Physics*, 290(10), 2719-2732. doi: 10.1007/s11207-015-0767-z
- Clette, F.; Svalgaard, L.; Vaquero, J. M. y Cliver, E. W. (2014). Revisiting the Sunspot Number. *Space Science Reviews*, 186(1), 35-103. doi: 10.1007/s11214-014-0074-2
- Hale, G. E.; Ellerman, F.; Nicholson, S. B. y Joy, A. H. (1919). The Magnetic Polarity of Sun-Spots. *Astrophysical Journal*, 49, 153–178. doi: 10.1007/s11214-008-9430-4
- Hoyt, D. V. y Schatten, K. (1998). Group Sunspot Numbers: A New Solar Activity Reconstruction. *Solar Physics*, 179(1), 189–219. doi: 10.1023/A:1005007527816
- Usoskin, I. G. (2013). A History of Solar Activity over Millennia. *Living Reviews in Solar Physics*, 10, 1-94. doi: 10.12942/lrsp-2013-1
- Usoskin, I. G.; Arlt, R.; Asvestari, E.; Hawkins, E.; Käpylä, M.; Kovaltsov, G. A.; Krivova, N.; Lockwood, M.; Mursula, K.; O’Reilly, J.; Owens, M.; Scott, C. J.; Sokoloff, D. D.; Solanki, S. K.; Soon, W. y Vaquero, J. M. (2015). The Maunder minimum (1645–1715) was indeed a grand minimum: A reassessment of multiple datasets. *Astronomy and Astrophysics*, 581, A95. doi: 10.1051/0004-6361/201526652
- Vaquero, J. M. (2007). Historical sunspot observations: A review. *Advances in Space Research*, 40(7), 929–941. doi: 10.1016/j.asr.2007.01.087

- Vaquero, J. M.; Kovaltsov, G. A.; Usoskin, I. G.; Carrasco, V. M. S. y Gallego, M. C. (2015). Level and length of cyclic solar activity during the Maunder minimum as deduced from the active-day statistics. *Astronomy and Astrophysics*, 577, A71. doi: 10.1051/0004-6361/201525962
- Vaquero, J. M. y V́zquez, M. (2009). *The Sun Recorded Through History*. Berlín: Springer.
- Zolotova, N. V. y Ponyavin, D. I. (2015). The Maunder Minimum is Not as Grand as it Seemed to be. *The Astrophysical Journal*, 800, 42. doi: 10.1088/0004-637X/800/1/42

APUNTES BIOGRÁFICOS

V́ctor Manuel Śnchez Carrasco (Talavera de la Reina, 15 de enero de 1986) posee el t́tulo de Licenciado en F́sica y Ḿster Universitario en Investigaci3n en Ciencias (F́sica) por la Universidad de Extremadura. Despu3s de trabajar como investigador en el Departamento de F́sica de la UEx en el ańo 2012 y 2013, trabaj3 durante casi dos ańos en el Centro de Geof́sica de ́vora (Universidad de ́vora, Portugal). Actualmente trabaja en el Departamento de F́sica de la UEx en el ́rea de F́sica de la Tierra.

Contacto: vmcarrasco@unex.es