

# Caracterización del clima espacial a partir de las observaciones solares realizadas por Eric Strach (1969-2008)

Víctor M. Olmo y José M. Vaquero

*volmomat@alumnos.unex.es, jvaquero@unex.es*  
*Departamento de Física, Centro Universitario de Mérida,*  
*Universidad de Extremadura,*  
*Avda. Santa Teresa de Jornet, 38, Mérida (Badajoz), Spain*

## RESUMEN

La meteorología espacial tiene una gran importancia sobre nuestra tecnología actual, incluyendo posicionamiento, redes eléctricas, telecomunicaciones y muchas más. Así, el objetivo general de este trabajo es aumentar nuestro conocimiento sobre la meteorología espacial observada en las últimas décadas. Para ello, vamos a caracterizar el clima espacial del periodo 1969-2008 usando las observaciones de manchas solares y de protuberancias realizadas por Eric Hugo Strach (1914–2011) y relacionaremos dichas observaciones con diferentes índices de actividad solar. Para conseguir este objetivo, se han recuperado diferentes índices diarios a partir de las observaciones de Strach preservadas en el “Historical Archive of Sunspot Observations”. Posteriormente, se han establecido varias relaciones interesantes entre los datos de las observaciones de Strach y los diferentes índices de actividad solar. Con la recuperación y el análisis de estas largas series de datos es posible mejorar nuestro conocimiento del clima espacial que se ha dado en el pasado que, potencialmente, pueden mejorar nuestra capacidad predictiva.

*Palabras Clave:* actividad solar, clima espacial, manchas solares, meteorología espacial, observaciones solares, protuberancias.

---

## 1. Introducción

El Sol es la estrella más cercana a la Tierra y, por ello, las variaciones que se producen en él tienen grandes repercusiones sobre distintos fenómenos terrestres. Estas variaciones son fácilmente observables siguiendo las manchas solares y otros fenómenos que se dan en la atmósfera solar (por ejemplo, las protuberancias). El estudio de estos fenómenos tiene un papel importante en varias ramas de la ciencia moderna como la astrofísica, la física solar y las ciencias de la tierra (Kamide y Chian, 2007).

La actividad solar tiene, por lo tanto, una gran importancia sobre la seguridad de los astronautas (especialmente cuando realizan una actividad extravehicular), los fallos en computadoras y memorias que están en satélites y naves espaciales, en la carga eléctrica superficial e interior de los satélites, perturbaciones en las ondas de radio, rozamiento atmosférico de los ingenios espaciales que están en órbitas bajas, radiación recibida por los pasajeros y tripulación de aviones que vuelan a gran altura, fallos en la red de distribución eléctrica, interrupción de comunicaciones en cables submarinos, interferencias de radar, etc. (Figura 1)

(Goodman, 2005). Es de gran importancia el efecto en el comportamiento de la alta ionosfera, que repercute en el movimiento de las partículas cargadas de esta capa de la atmósfera. Esto conlleva que las señales de comunicación (ondas electromagnéticas) que atraviesan dicha capa se vean afectadas como, por ejemplo, las señales utilizadas por los Sistemas Globales de Navegación por Satélite (Lilensten, 2007).

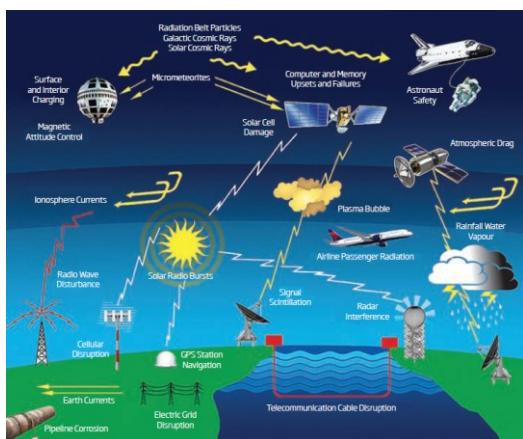
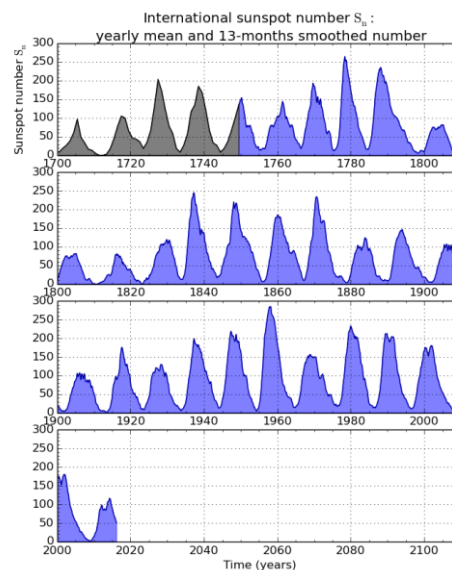


Fig 1. Efectos de la variabilidad solar sobre la meteorología espacial (Fuente: Blog de Ismael Pellejero Ibáñez [http://emercomms.ipellejero.es/wp-content/uploads/2013/03/SW\\_Lanzerotti.jpg](http://emercomms.ipellejero.es/wp-content/uploads/2013/03/SW_Lanzerotti.jpg))

Las manchas solares (como otros fenómenos de la atmósfera solar) nos indican el estado del Sol en cada momento. Las observaciones de las manchas solares se han llevado a cabo desde hace más de 250 años (Figura 2) (Vaquero, 2007). El número de manchas solares a lo largo del tiempo describe claramente un ciclo de 11 años (el cual puede apreciarse en la Figura 2). Aunque el ciclo de actividad solar es un patrón con una clara periodicidad, no podemos decir lo mismo de la amplitud del ciclo, que es muy variable (Clette et al., 2014). La amplitud de los mayores ciclos es del orden de 3 veces la amplitud de los ciclos más pequeños (Bothmer y Daglis, 2007).



SILSO graphics (<http://sidc.be/silso>) Royal Observatory of Belgium 2016 October 7

Fig 2. Evolución temporal del “International Sunspot Number” (S<sub>n</sub>) (Fuente: SILSO)

La meteorología espacial es la ciencia que trata de investigar la influencia que existe entre el Sol y la Tierra. Estudiar la meteorología espacial consiste en investigar el comportamiento del Sol y cómo nos afecta en el día a día en nuestro planeta Tierra. La meteorología espacial puede afectar a la tecnología moderna de hoy en día y crear graves problemas con las comunicaciones. Si nos referimos al estudio de las relaciones entre el Sol y la Tierra en un contexto de largo plazo (largos periodos de tiempo), en vez de meteorología espacial, usamos el término “Clima espacial” (tal y como ocurre con la meteorología y la climatología terrestre) (Hanslmeier, 2007).

Así, de cara a la realización de previsiones o para conocer con propiedad lo ocurrido en el pasado, es de enorme interés disponer de series largas de observaciones solares. En la biblioteca del Centro Universitario de Mérida (UEX), se encuentra el HASO (Historical Archive of Sunspot Observations). Entre los materiales preservados por este archivo, se encuentran las observaciones solares realizadas por el astrónomo aficionado Eric Strach desde 1969 hasta 2008.

En este trabajo, vamos a analizar las observaciones que hizo Eric Strach con su telescopio particular durante el periodo 1969-2008 y las compararemos con las observaciones oficiales publicadas por el Observatorio de Bruselas (número de manchas solares) y el Observatorio radiofísico de Dominion (radio-flujo solar). Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es caracterizar el clima espacial del periodo 1969-2008 usando las observaciones de Eric Strach. En particular, los objetivos concretos de este trabajo son:

- Digitalizar el número total y hemisférico diario de grupos de manchas solares de los cuadernos de Strach que se encuentran en la biblioteca del Centro Universitario de Mérida.
- Digitalizar el número total y hemisférico diario de protuberancias solares de los cuadernos de Strach que se encuentran en la biblioteca del Centro Universitario de Mérida.
- Obtener una relación entre el radio-flujo solar y diferentes índices basados en el conteo de manchas solares, tanto el conteo oficial como el realizado por Strach.
- Obtener la relación entre el número de manchas solares oficial y diferentes índices de actividad solar basados en las observaciones de Strach.
- Obtener la asimetría hemisférica de la actividad solar (diferenciando la actividad solar de los hemisferios norte y sur del sol) utilizando los datos del número de grupos de manchas solares y el número de protuberancias obtenidos por Strach.

El proceso que se ha seguido para la realización de este trabajo es el siguiente:

- Documentación e investigación de temas relacionados con la actividad solar como, por ejemplo, meteorología y clima espacial.

- Digitalización de los datos de manchas solares y de protuberancias. Para ello se ha utilizado la hoja de cálculo Excel en la cual se han copiado manualmente los datos de las observaciones. Posteriormente, se han procesado estos datos para obtener así los resultados.
- Obtención de los datos oficiales de las manchas solares del observatorio de Bruselas para posteriormente analizar la relación que tienen con las observaciones de Eric Strach.
- Obtención de los datos oficiales del radio-flujo solar del DRAO (Dominion Radio Astrophysical Observatory) para posteriormente analizar la relación que tienen tanto con las observaciones oficiales del observatorio de Bruselas con las observaciones realizadas por Strach.
- Determinación de la asimetría hemisférica, utilizando tanto los datos de las observaciones realizadas por Strach como de los datos del observatorio de Bruselas y de Temmer et al. (2006).
- Análisis de las relaciones entre los diferentes conjuntos de datos sobre asimetría hemisférica.

## 2. Datos y procedimiento

Para realizar este proyecto, utilizaremos los documentos que se encuentran en el Historical Archive of Sunspot Observations (HASO, [haso.unex.es](http://haso.unex.es)) y fueron donados a este archivo por los familiares de Eric Strach tras su muerte. Este archivo se conserva en la biblioteca del "Centro Universitario de Mérida", ubicado en Mérida. El objetivo de HASO es recoger y conservar todos los documentos en cualquier formato (original, fotocopia, fotografía, microfilm, copia digital, etc.) con las observaciones de manchas solares que se pueden utilizar para calcular el número de manchas solares en el

período histórico, así como documentos relacionados con esta tarea.

### 2.1. Eric Hugo Strach, 1914–2011

Eric Strach era un cirujano ortopédico que se graduó en medicina en la Universidad de Praga en 1938.

Eric fue un astrónomo amateur (Figura 2). Construyó un observatorio solar en su jardín en el que observaba el Sol siempre que el tiempo lo permitía, y acumuló un registro completo de dibujos e imágenes de la actividad solar. Sus observaciones y dibujos de las erupciones solares y las prominencias eran meticulosamente ejecutados y publicados en la revista de la Asociación Astronómica Británica.



Fig 1. Eric Hugo Strach (1914-2011) (Fuente: Obituario publicado por la BAA <http://adsabs.harvard.edu/full/2011JBAA..121..306G>)

### 2.2. Tipos de observaciones hechas por Strach

Hay varias formas de observar el Sol. En este proyecto utilizamos observaciones en luz blanca y en H-alpha, que son las que utilizó Erich Strach.

#### 2.2.1. Luz blanca

La forma más fácil (y barata) de observar el Sol con un telescopio sin quemarnos ni los ojos ni el sensor de la

cámara es utilizar un filtro que reduzca la cantidad de luz que recibimos. El más conocido de todos seguramente es la lámina Baader. No es más que una hoja de policarbonato de altas prestaciones ópticas que filtra el 99,999 % de la luz.

Lo que observamos con este tipo de filtros es la fotosfera, la capa visible del Sol (Figuras 4 y 5). Vemos las manchas solares, las fáculas, los gránulos y los supergránulos.

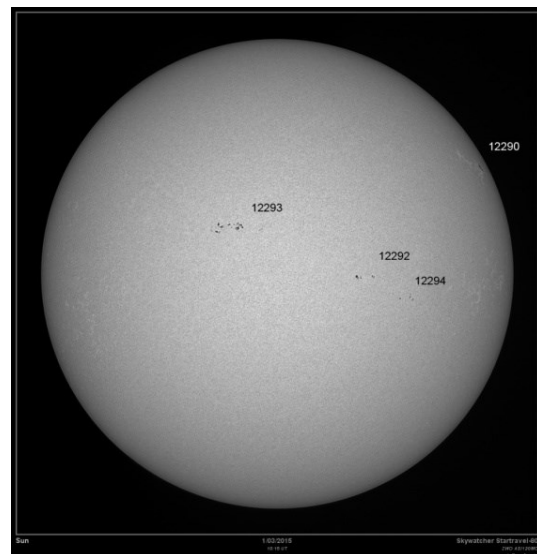


Fig 4. Imagen en luz blanca

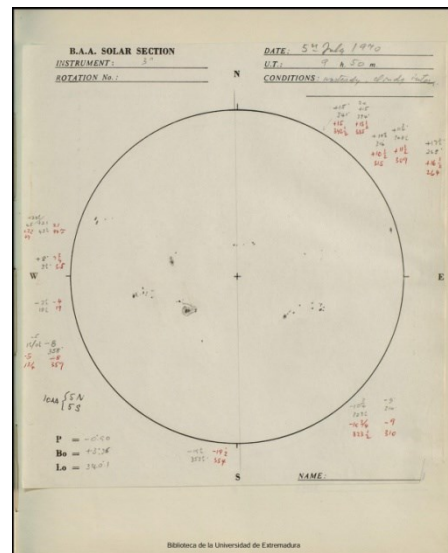


Fig 5. Representación de observación realizada por Strach

#### 2.2.2. H-alpha

Gracias a estos filtros, podemos aislar la luz emitida en unas frecuencias muy

específicas por átomos que se ionizan debido a las elevadas temperaturas de la cromosfera. Con este filtro podemos ver gran parte de lo que sucede en la cromosfera: filamentos, prominencias, eyecciones, etc. (Figuras 6 y 7).

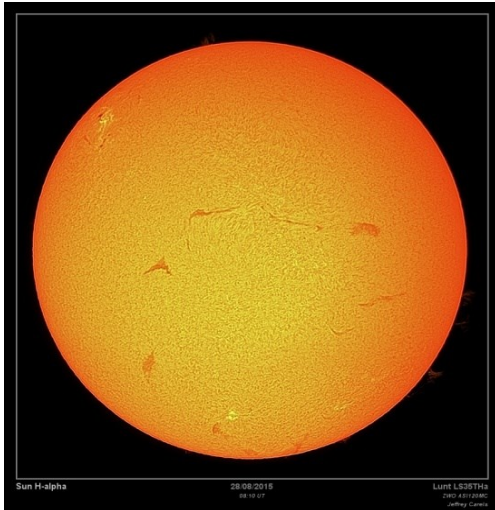


Fig 6. Imagen en H-alpha

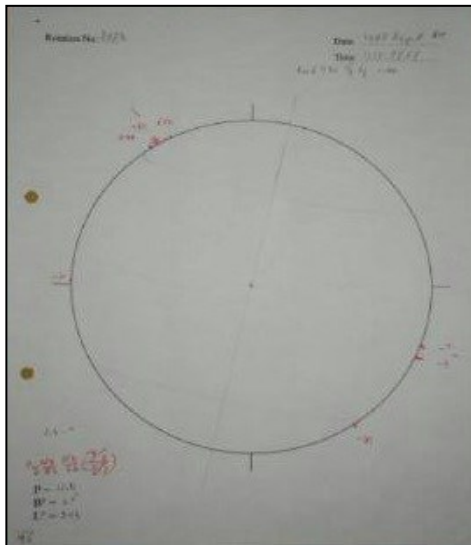


Fig 7. Representación de observación realizada por Strach

### 2.3. Datos oficiales de actividad solar

#### 2.3.1. El número de manchas solares

En la página web de SILSO se encuentran los datos sobre las manchas solares obtenidos por el Observatorio Real de Bélgica, Bruselas. Todos estos datos están en ficheros ASCII, para que puedan ser utilizados mediante

programas como, por ejemplo, hojas de cálculo.

Los datos que hemos utilizado de esta plataforma son las medias mensuales de las manchas solares y se encuentran concretamente en la siguiente dirección: [http://sidc.be/silso/DATA/SN\\_d\\_tot\\_V2.0.txt](http://sidc.be/silso/DATA/SN_d_tot_V2.0.txt)

#### 2.3.2. El radio-flujo solar

Los datos sobre el radio-flujo solar se han obtenido del DRAO (Dominion Radio Astrophysical Observatory) situado en Columbia Británica, Canadá. Este observatorio obtiene el radio-flujo solar de 10.7 cm.

Los datos que hemos utilizado son las medias mensuales del radio-flujo solar y se encuentran concretamente en la siguiente dirección: [ftp://ftp.geolab.nrcan.gc.ca/data/solar\\_flux/monthly\\_averages/solflux\\_monthly\\_average.txt](ftp://ftp.geolab.nrcan.gc.ca/data/solar_flux/monthly_averages/solflux_monthly_average.txt)

#### 2.3.3. Datos de asimetría hemisférica

Hemos obtenido datos hemisféricos de manchas solares de dos procedencias distintas para así poder realizar más relaciones.

Un conjunto de datos proceden de la página web de SILSO. Estos datos pertenecen a un periodo de tiempo que va desde 1992 hasta la actualidad. Los datos obtenidos que hemos utilizado de esta plataforma son las medias mensuales de las manchas solares en cada hemisferio y se encuentran concretamente en la siguiente dirección: [http://sidc.be/silso/DATA/SN\\_d\\_hem\\_V2.0.txt](http://sidc.be/silso/DATA/SN_d_hem_V2.0.txt)

También tenemos datos hemisféricos de manchas solares obtenidos por Temmer et al. (2006) que pertenecen al periodo de tiempo que va desde 1945 hasta 2004 que se encuentran en la siguiente dirección: <http://vizier.cfa.harvard.edu/viz->

[bin/VizieR-3?-source=J/A%2bA/447/735/monthns](http://bin/VizieR-3?-source=J/A%2bA/447/735/monthns)

En este apartado se encuentran los datos obtenidos por Strach después del proceso de digitalización.

### 3. Digitalización de los datos

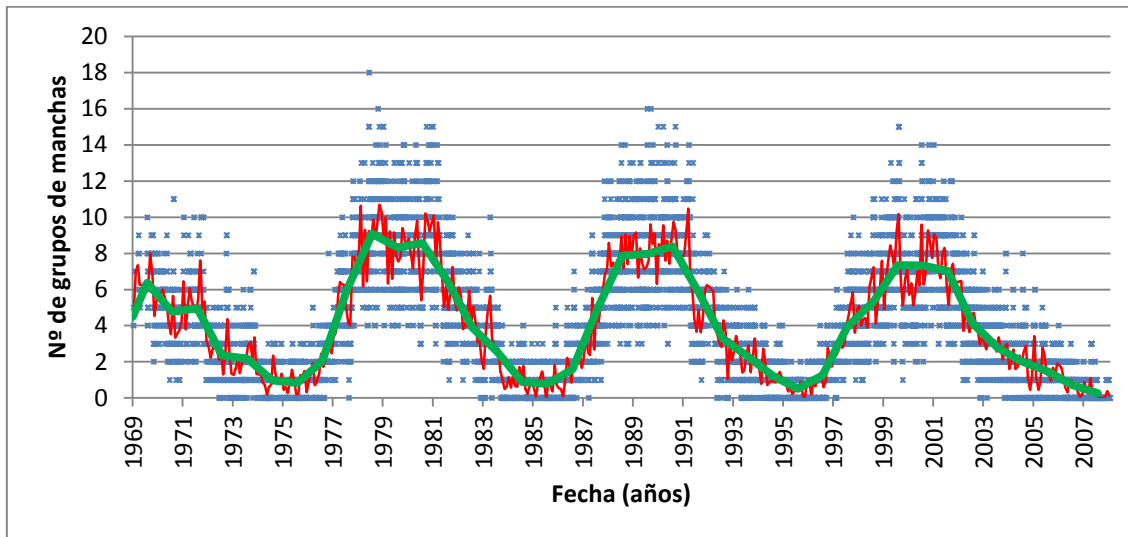


Fig. 8. Número de grupos de manchas solares.

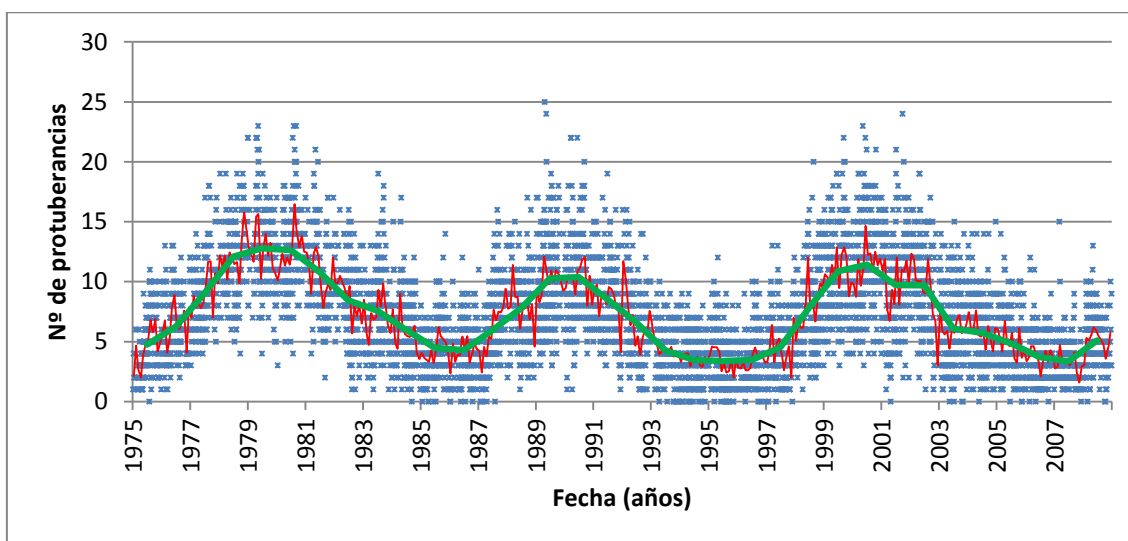


Fig. 9. Número de grupos de protuberancias.

Estas gráficas indican el número de manchas solares (Figura 8) que se han encontrado entre los años 1969 y 2008 y de protuberancias que se han encontrado entre los años 1975 y 2008 (Figura 9). Se puede apreciar con facilidad que en las gráficas aparece el ciclo de once años anteriormente mencionado. Coincide que en ambas gráficas, los máximos se encuentran aproximadamente en los años 1979, 1990, 2001. Y lo mismo ocurre con los

mínimos, que se encuentran en los años, 1985 y 1996. Con esto, podemos deducir que existe una relación directa entre el número de manchas solares con el número de protuberancias que se producen en la superficie del sol.

A continuación, se muestra una gráfica con el número total de observaciones mensuales (Figura 10): meses donde se observó más, meses donde se observó menos, huecos, etc.

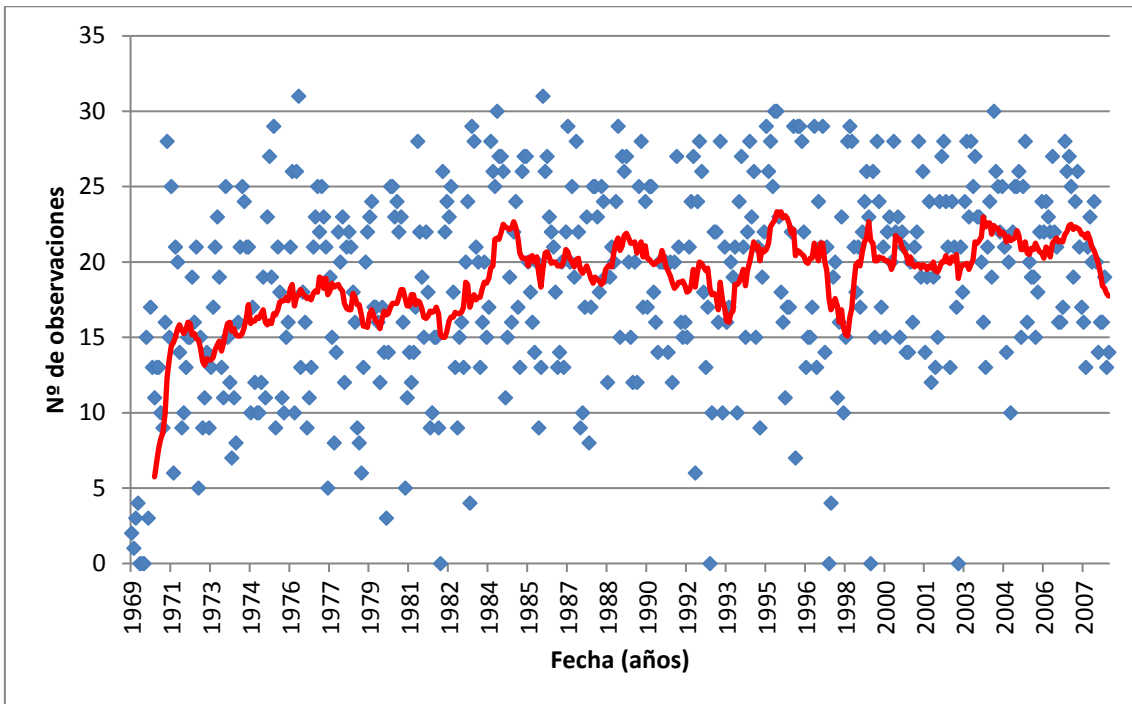


Fig. 10. Número de observaciones realizadas en cada mes.

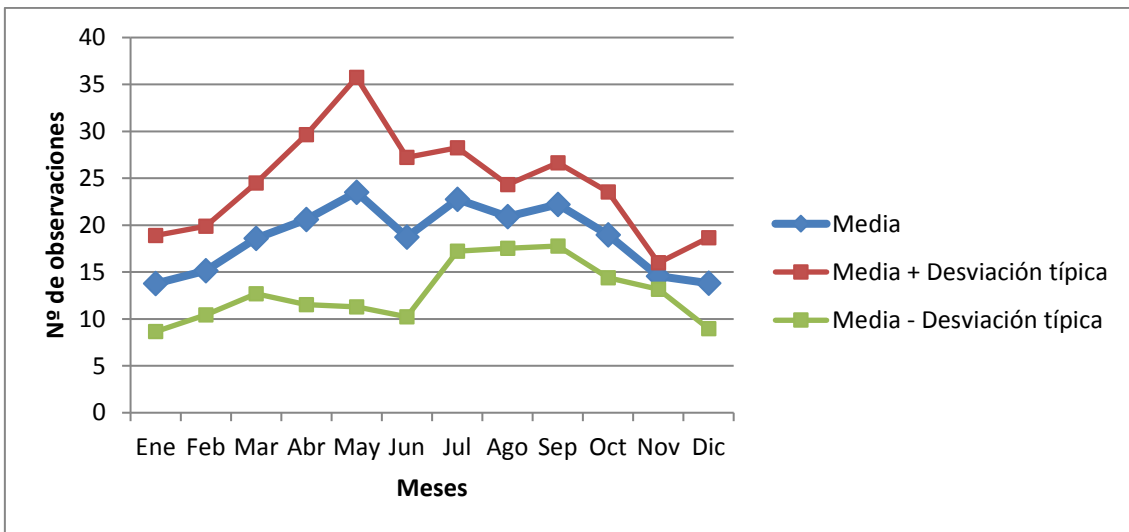


Fig. 21. Media de observaciones en cada mes del año.

Observando la gráfica de la figura 11, podemos deducir que el número de observaciones de Strach está controlado por la nubosidad ya que, en Reino Unido, meses como mayo o junio tienen una cobertura nubosa más variable de un año para otro que meses como noviembre, que tiene menos variabilidad.

#### 4. Análisis

##### 4.1. Relaciones entre las diferentes variables

En este apartado vamos a analizar las relaciones que pueden existir entre los diferentes conjuntos de datos que manejamos de índices globales de actividad solar: número oficial de manchas solares ( $S_N$ ), radio-flujo solar ( $F_{10.7}$ ), grupos de manchas observadas por Strach ( $G_S$ ), protuberancias observadas por Strach ( $P_S$ ). Como primera aproximación vamos a realizar

ajustes lineales o cuadráticos entre los diferentes índices.

La primera relación que vamos a analizar es la que se da entre el número oficial de las manchas solares del observatorio de Bruselas ( $S_N$ ) y el radio-flujo solar obtenido por el DRAO ( $F_{10.7}$ ). En la figura 12, se aprecia con bastante facilidad la parábola que describe esta relación. La ecuación de dicha parábola es  $S_N = -0.0019 (F_{10.7})^2 + 1.9887 F_{10.7} - 119.12$ , con un coeficiente de determinación  $R^2 = 0.9625$ .

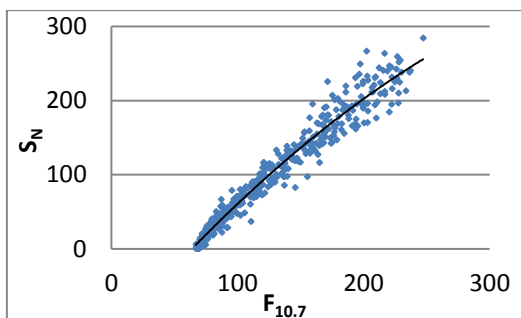


Fig. 12. Relación entre  $S_N$  y  $F_{10.7}$ .

A continuación, relacionaremos el número oficial de manchas solares del observatorio de Bruselas con las distintas observaciones de Eric Strach. En la figura 13 se relaciona el número oficial de manchas solares con el número de grupos de manchas solares observado por Strach y dicha relación describe una recta  $S_N = 24.012 G_S - 2.7067$  con un coeficiente de determinación  $R^2 = 0.9489$ . En la figura 14 se relaciona el número oficial de manchas solares con las protuberancias observadas por el mismo astrónomo amateur y dicha relación describe una parábola  $S_N = -0.6283 (P_S)^2 + 27.463 P_S - 62.658$ , con un coeficiente de determinación  $R^2 = 0.5657$ .

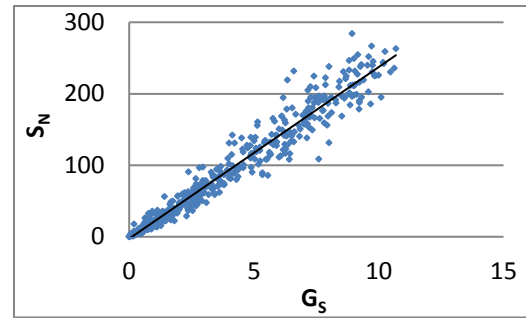


Fig. 13. Relación entre  $S_N$  y  $G_S$ .

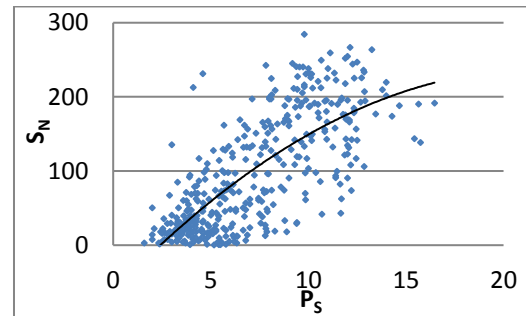


Fig. 14. Relación entre  $S_N$  y  $P_S$ .

Podemos apreciar que el número oficial de manchas solares tiene una gran relación con el número de grupos de manchas solares observadas por Strach, pero con el número de protuberancias no mantiene una relación tan directa.

Haremos las mismas relaciones sustituyendo esta vez el en lugar del número oficial de manchas solares. En la figura 15 se relaciona el radio-flujo solar con el número de grupos de manchas solares observado por Strach y dicha relación describe una recta  $F_{10.7} = 15.815 G_S + 60.722$  con un coeficiente de determinación  $R^2 = 0.9041$ . En la figura 15 se relaciona el radio-flujo solar con las protuberancias observadas por el mismo astrónomo amateur y dicha relación describe una parábola  $F_{10.7} = -0.5033 (P_S)^2 + 19.701 P_S + 15.893$ , con un coeficiente de determinación  $R^2 = 0.569$ .



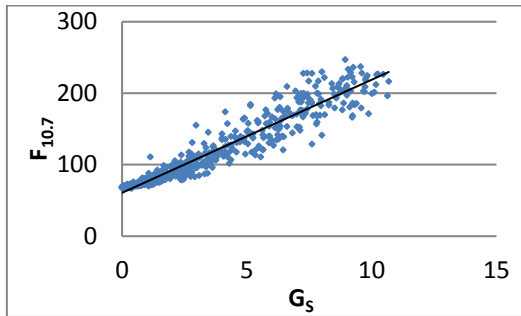


Fig. 15. Relación entre  $F_{10.7}$  y  $G_s$ .

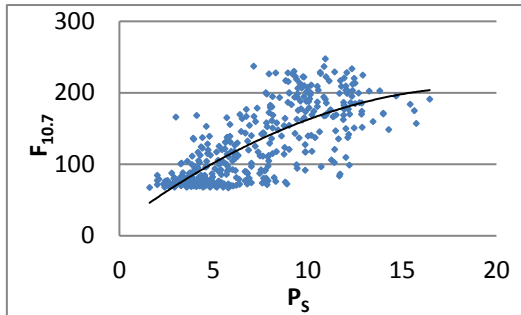


Fig. 16. Relación entre  $F_{10.7}$  y  $P_s$ .

En las figuras 15 y 16 podemos obtener la misma conclusión que obteníamos con las figuras 13 y 14. Así, el radio-flujo solar mantiene gran relación con las manchas solares pero no tanta con el número de protuberancias.

Para finalizar este apartado, vamos a relacionar las manchas solares con las protuberancias, ambas observadas por Strach. Dicha relación describe una parábola  $G_s = -0.0192 (P_s)^2 + 1.0157 P_s - 2.0874$ , con un coeficiente de determinación  $R^2 = 0.5783$ , y se muestra en la figura 17. Podemos deducir que, por lo general, cuanto mayor es el número de manchas solares, mayor es el número de protuberancias, aunque pueden encontrarse ocasiones en las que esta condición no se cumpla estrictamente.

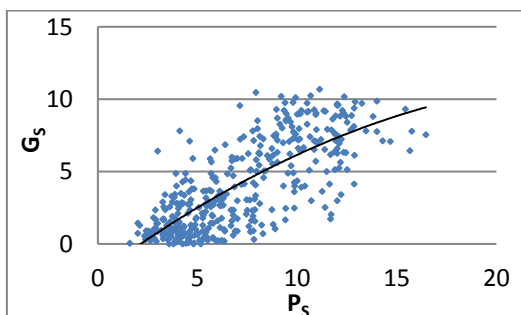


Fig. 17. Relación entre  $G_s$  y  $P_s$ .

#### 4.1. Determinación de la asimetría hemisférica

Determinar la actividad solar mediante el conteo de manchas solares y de protuberancias es importante. El siguiente paso será conocer la posición heliográfica de dichas manchas y protuberancias. Pero esto no es un trabajo sencillo. Una aproximación intermedia es conocer, simplemente, el hemisferio en el que se encuentran las manchas y las protuberancias. Por ello, vamos a estudiar en este apartado la asimetría hemisférica de la actividad solar, es decir, analizaremos la relación que tiene la actividad solar del hemisferio norte con la actividad solar del hemisferio sur. En el observatorio de Bruselas, empezó a registrarse la asimetría hemisférica de las manchas solares a partir del año 1992. Así pues, en este proyecto determinaremos la asimetría hemisférica desde un tiempo anterior (1969-2008), aunque también contamos con los datos de Temmer et al. (2006), que cubren el periodo que va desde el año 1945 hasta el año 2004.

Para determinar la asimetría hemisférica de las manchas solares utilizaremos la siguiente fórmula, que fue propuesta por Newton y Milsom (1955):

$$A_G = \frac{G_s^N - G_s^S}{G_s^N + G_s^S}$$

donde  $A_G$  es el índice normalizado de asimetría hemisférica de grupos de manchas solares,  $G_s^N$  es el número de grupos de manchas solares en el hemisferio norte y  $G_s^S$  es el número de grupos de manchas solares en el hemisferio sur.

Para el caso de asimetría hemisférica de las protuberancias, utilizamos una ecuación similar a ésta última sustituyendo los datos de los grupos de manchas por los de las protuberancias.

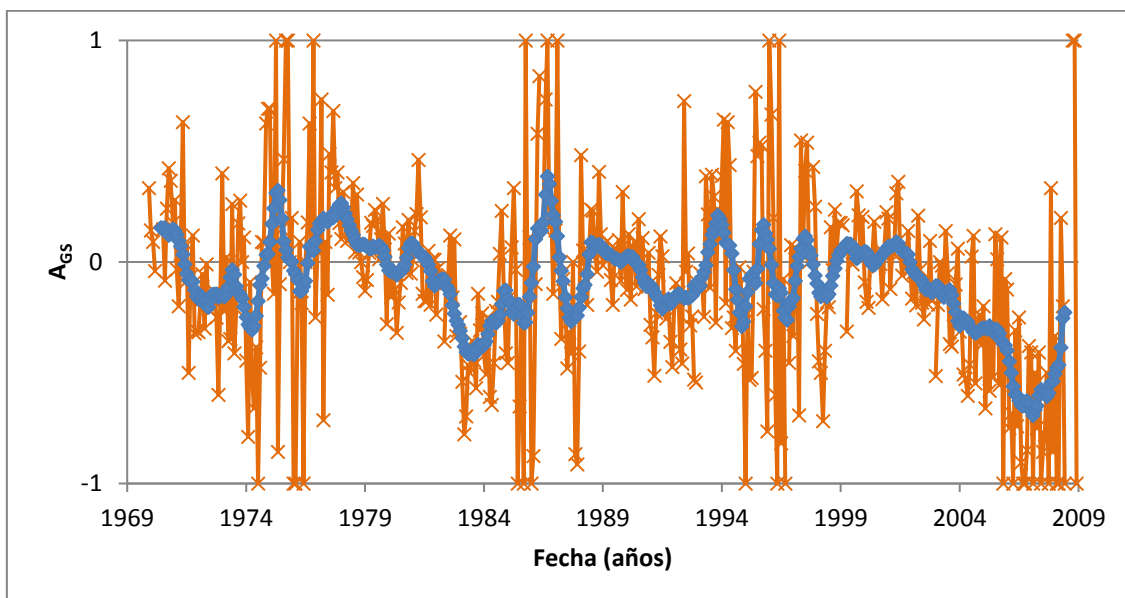


Fig. 18. Asimetría hemisférica de grupos de manchas solares observadas por Strach.

En la figura 18 se muestra la asimetría hemisférica de los grupos de manchas solares según las observaciones de Eric Strach. Se puede deducir de la figura 18 que, por lo general, en nuestro periodo de tiempo (1969-2008) ha habido alternancia entre hemisferios

dominantes, con la excepción del último tramo de este periodo, que desde el año 2002, en el que domina rotundamente la actividad solar de grupos de manchas solares en el hemisferio sur.

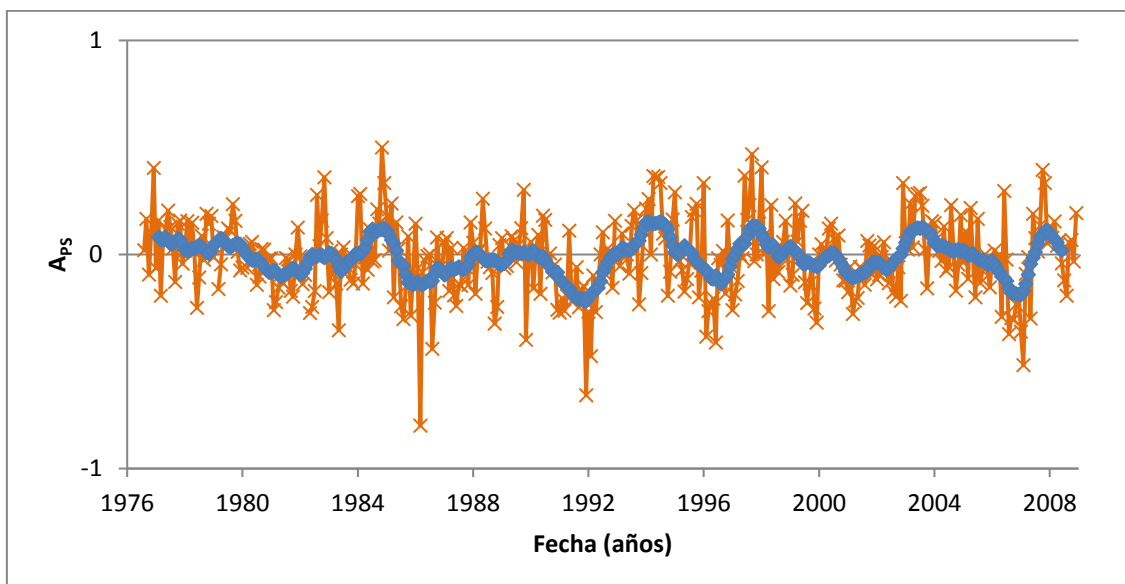


Fig. 19. Asimetría hemisférica de protuberancias observadas por Strach.

También hemos determinado la asimetría hemisférica de las protuberancias observadas por Strach entre los años 1976 y 2008. El resultado se muestra en la figura 19, en la cual podemos apreciar que el valor de este índice no se aleja mucho de cero, es

decir, las protuberancias se producen generalmente en ambos hemisferios por igual.

En la figura 20, vemos la asimetría obtenida mediante los datos del observatorio de Bruselas. En esta gráfica se aprecia el gran parecido que

tiene con respecto a la obtenida mediante los datos de las manchas

solares observadas por Strach.

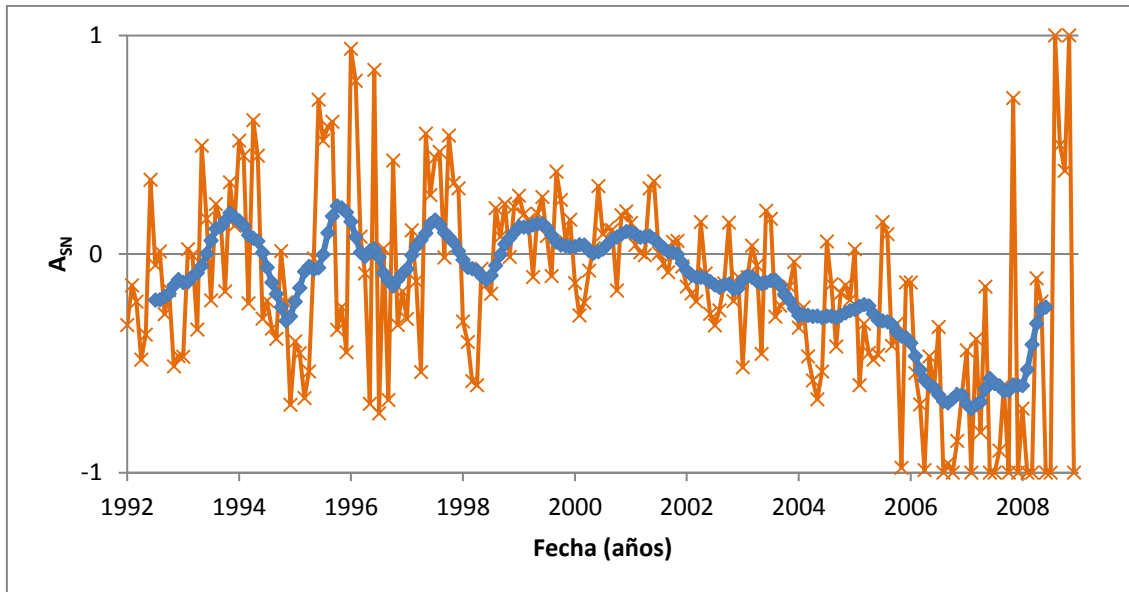


Fig. 20. Asimetría hemisférica de manchas solares obtenidas por el observatorio de Bruselas.

En la figura 21, vemos la asimetría hemisférica obtenida utilizando los datos de Temmer et al. (2006) en el periodo 1945-2004. En ella se aprecia que, entre los años 1958 y 1971

aproximadamente, hay una gran predominancia de actividad solar en el hemisferio norte frente al hemisferio sur.

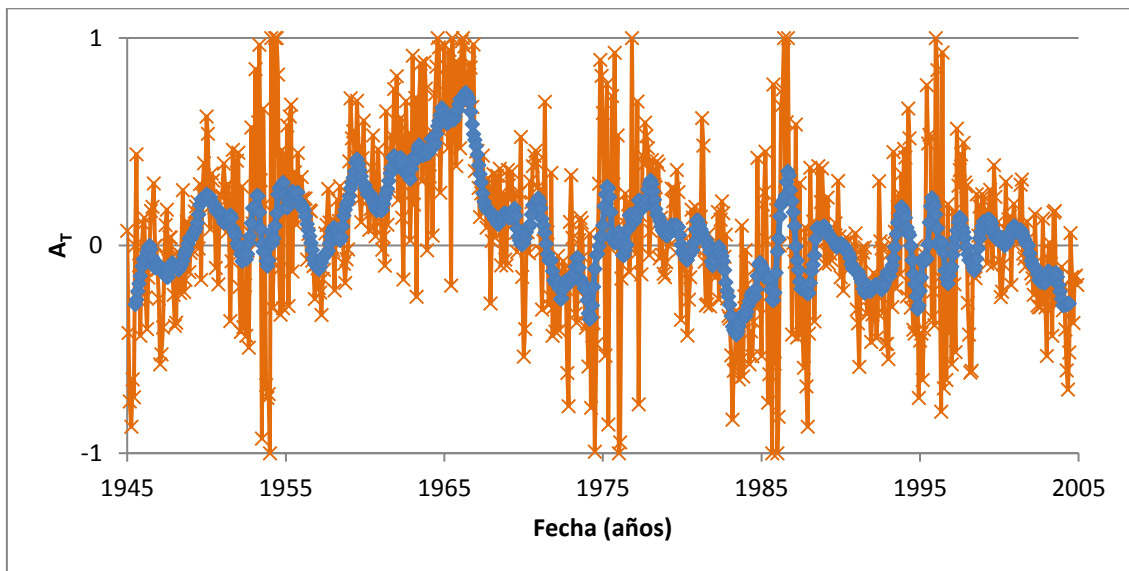


Fig. 21. Asimetría hemisférica según las observaciones de Temmer et al. (2006).

A continuación se encuentra la figura 22, en la que se muestra la asimetría hemisférica de las manchas solares obtenida a partir de las tres observaciones anteriormente analizadas.

En esta figura puede apreciarse el gran parecido que existe entre los resultados que se obtienen con cada una de las observaciones que, prácticamente, se superponen las líneas en su mayoría.

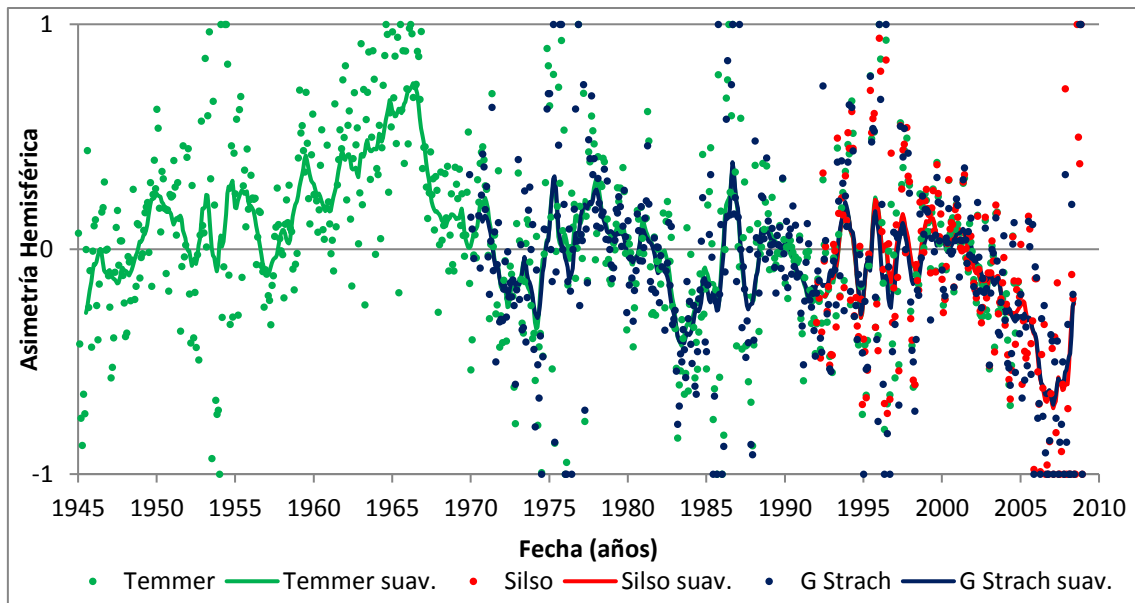


Fig. 22. Asimetría hemisférica obtenida a partir de los tres conjuntos de observaciones de manchas solares

Para finalizar el apartado de la determinación de la asimetría hemisférica analizaremos las relaciones que hay entre los distintos índices de asimetría que hemos obtenidos anteriormente. Relacionaremos la asimetría hemisférica obtenida mediante los datos del observatorio de Bruselas tanto con la asimetría obtenida mediante los datos de las observaciones de los

grupos de manchas solares como con la obtenida mediante los datos de las observaciones de las protuberancias (ambas observaciones realizadas por Eric Strach). Haremos también la misma relación sustituyendo la asimetría hemisférica obtenida mediante los datos del observatorio de Bruselas por la obtenida mediante los datos de Temmer et al. (2006).

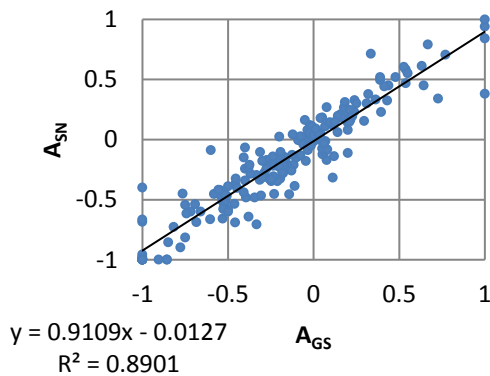


Fig. 23. Relación entre asimetría hemisférica obtenida mediante datos del observatorio de Bruselas y asimetría hemisférica obtenida mediante datos de los grupos de manchas solares observadas por Strach.

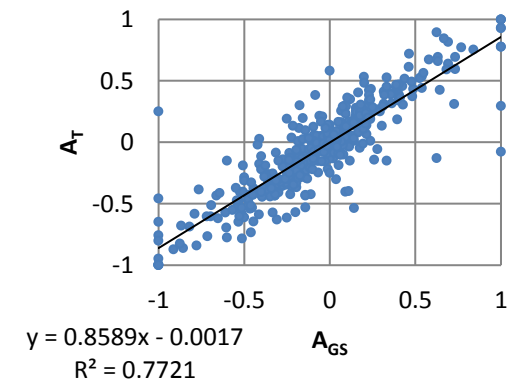


Fig. 24. Relación entre asimetría hemisférica obtenida mediante datos de Temmer et al. (2006) y asimetría hemisférica obtenida mediante datos de los grupos de manchas solares observadas por Strach .

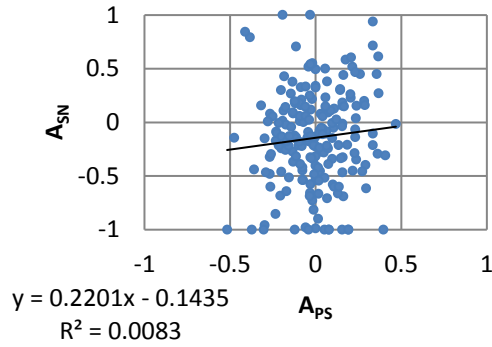


Fig. 25. Relación entre asimetría hemisférica obtenida mediante datos del observatorio de Bruselas y asimetría hemisférica obtenida mediante datos de las protuberancias solares observadas por Strach.

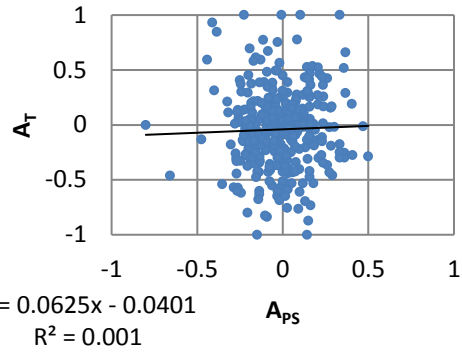


Fig. 26. Relación entre asimetría hemisférica obtenida mediante datos de Temmer et al. (2006) y asimetría hemisférica obtenida mediante datos de las protuberancias solares observadas por Strach.

## 5. Conclusiones

En este proyecto contamos con dos series largas diarias de observaciones relacionadas con la actividad solar. Una serie de datos son las observaciones de manchas solares y la otra serie de datos son las observaciones de las protuberancias, ambas observadas por Strach. Estas observaciones fueron realizadas diariamente, siempre que el tiempo y sus condiciones personales lo permitían, y abarcan desde el 1 de diciembre de 1969 hasta el 12 de diciembre de 2008. Gracias a este proyecto, ya estarán disponibles para ser utilizadas en las investigaciones en las que sea necesario. Los datos de todas las observaciones realizadas por Strach se encuentran de manera adjunta en el Anejo I.

Con estas observaciones, podemos realizar una caracterización del clima espacial en esta época (1969-2008). Se aprecia en las figuras 8 y 9, que hay tres ciclos solares y, que la actividad solar presenta una tendencia decreciente en esta época estudiada.

En este trabajo, se ha realizado un análisis de las relaciones que hay entre los datos de Strach con los índices internacionalmente reconocidos y podemos confirmar que la serie de datos de las observaciones de las manchas

solares correlaciona muy bien con dichos índices.

En cambio, la serie de datos de las protuberancias presenta correlaciones mucho más bajas que las que presenta el número de manchas solares. Casi nadie trabaja con esta variable, y el hecho de haber analizado esta variable es algo que hace original a este proyecto.

Por último, hemos obtenido series independientes de asimetría hemisférica solar de los diferentes índices de actividad solar. Y también hemos realizado un análisis de las relaciones entre las diferentes asimetrías anteriormente obtenidas.

## Referencias

- Bothmer, V.; Daglis, I. A. (2007) *Space Weather – Physics and Effects*. Springer.
- Clette, F. et al. (2014) Revisiting the Sunspot Number. A 400-year perspective on the solar cycle. *Space Science Reviews* **186**, 35-103.
- Goodman, J.M. (2005) *Space Weather & Telecommunications*. Springer.
- Hanslmeier, A. (ed) (2007) *The Sun and Space Weather*. Springer.
- Kamide, Y.; Chian, A. C.-L. (eds) (2007) *Handbook of the Solar-Terrestrial Environment*. Springer.

- Lilensten, J. (ed) (2007) *Space Weather: Research Towards Applications in Europe*. Springer.
- Newton, H.W.; Milsom, A.S. (1955) Note on the observed differences in spottedness of the Sun's northern and southern hemispheres. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **115**, 398-404.
- Temmer, M.; Rybák, J.; Bendík, P.; Veronig, A.; Vogler, F.; Otruba, W.; Pötzi, W.; Hanslmeier, A. (2006) Hemispheric sunspot numbers  $\{R_n\}$  and  $\{R_s\}$  from 1945-2004: catalogue and N-S asymmetry analysis for solar cycles 18-23. *Astronomy and Astrophysics* **447**, 735-743.
- Vaquero, J.M. (2007) Historical Sunspot Observations: A Review. *Advances in Space Research* **40**, 929-941.