

SolarLab - Unidad Didáctica 3



Autora:

Alejandra Goded Merino

Universidad de La Laguna

Supervisor

Alfred Rosenberg González

Instituto de Astrofísica de Canarias

Última revisión: Noviembre 2025

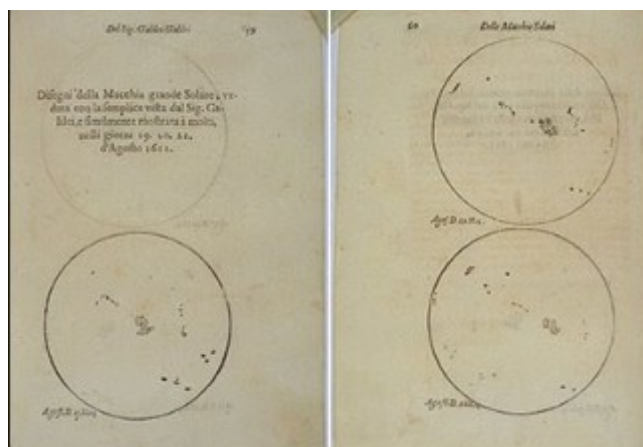
3. Obtención del número de Wolf

Introducción. La actividad solar

El Sol parece un objeto estático, quieto en el centro del Sistema Solar mientras los planetas orbitan alrededor de él. Pero no es así, en nuestra estrella ocurren continuamente procesos de cambio que liberan grandes cantidades de energía y, en realidad, el hecho de que su apariencia y luminosidad nos parezcan estables, se debe a un equilibrio de fuerzas que están en constante enfrentamiento.

Los procesos que ocurren en la superficie y la atmósfera del Sol, que producen el viento solar, las fulguraciones (llamaradas) y las eyecciones de masa coronal a veces son más intensos y frecuentes, esta intensidad la conocemos como actividad solar.

La actividad solar la cuantificamos a través de sus emisiones en ondas de radio. Pero si queremos conocer cómo ha evolucionado el Sol en estos 400 años que llevamos estudiándolo, debemos buscar una forma de medirlo que sea sencilla y visual.



Representación de las manchas solares realizada por Galileo en 1610

En esta actividad vamos a buscar una forma de relacionar las manchas solares con la actividad solar. La vamos a cuantificar con un número llamado número de Wolf (en honor al astrónomo suizo que lo utilizó por primera vez en 1848).

Hipótesis previa. El número de Wolf

Para encontrar un número que relacione las manchas con la actividad solar, debemos encontrar qué característica de las manchas es la que nos proporciona más información. Las manchas se distribuyen en grupos, a veces sencillos y otras, más complejos. Vamos a plantear tres posibilidades, jugando con el número de manchas y el número de grupos. Aquí proponemos tres, aunque invitamos a dejar que el alumnado piense las suyas.

1. **El número de manchas.** Todos y cada uno de los poros individuales afectan considerablemente a la actividad solar. Sin importar su tamaño o posición. Si están en grupos afectan un poco más que si están separados.
2. **La distribución de las manchas.** Cuanto más complejos sean los grupos, más actividad indican, así que la actividad se podría deducir del número de poros en cada grupo.
3. **El número de grupos.** La aparición de un grupo, aunque sea de un solo poro, indica una actividad solar intensa. Los grupos con más manchas tendrán un poco más de actividad.

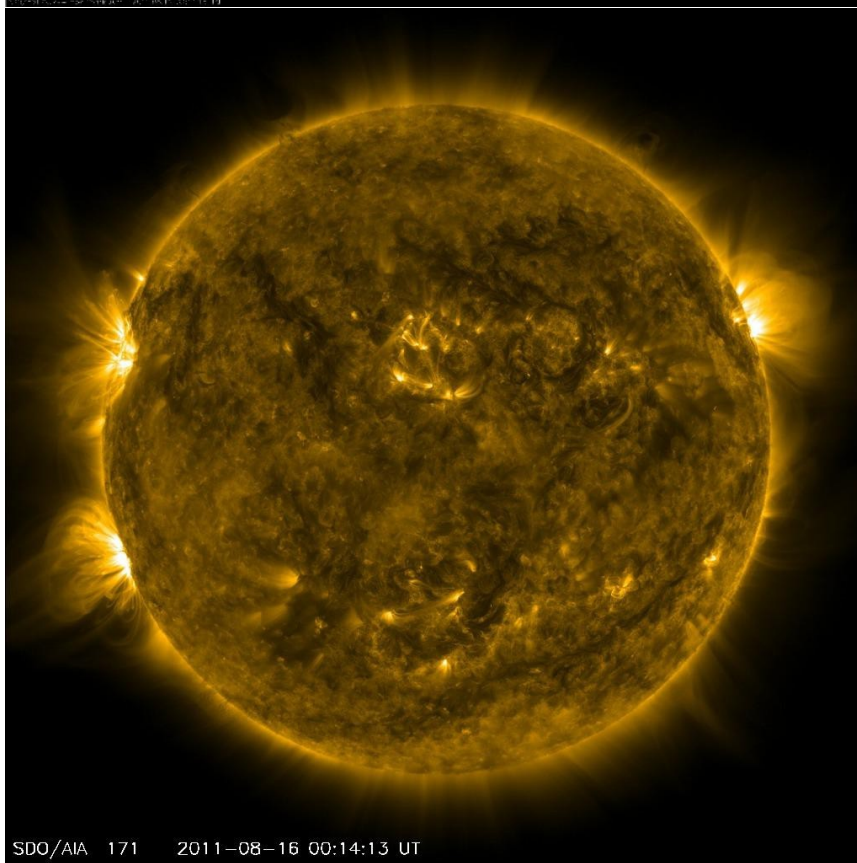
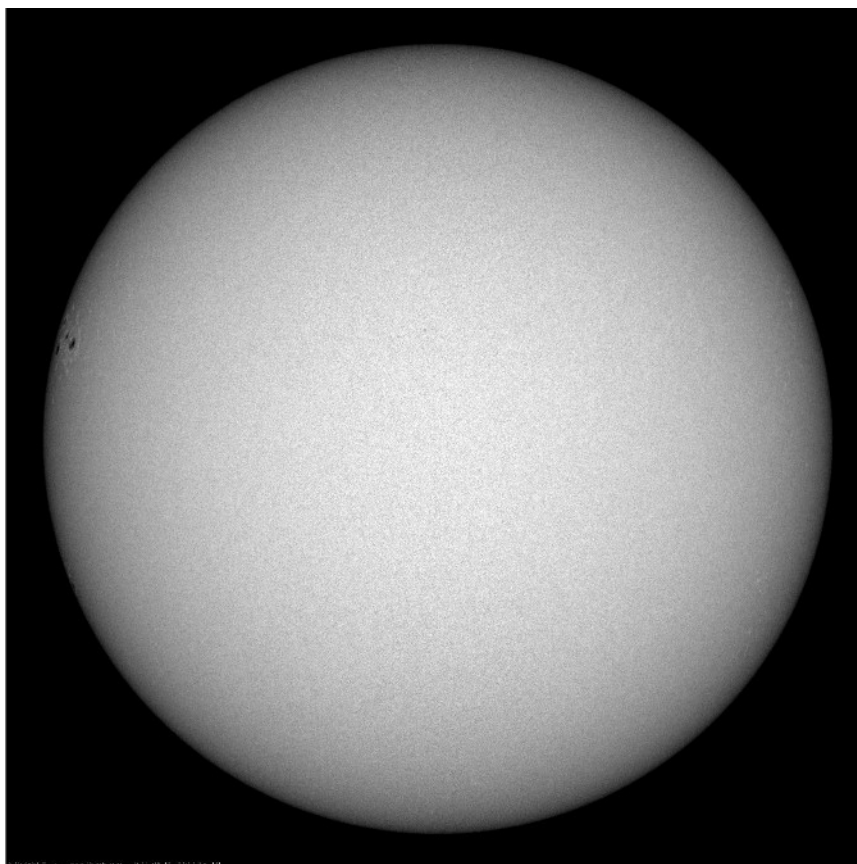
Sólo una de las tres afirmaciones es correcta. Podemos averiguar cuál es si las ponemos a prueba con imágenes y datos reales del Sol. Para seguir los pasos del método científico, empezamos con una observación a partir de la cual emitimos una hipótesis y después la comprobaremos o refutaremos con datos experimentales.

Observación

Vamos a analizar unas imágenes del Sol que se han tomado con el observatorio espacial SDO, de la NASA. Para cada día, se muestra una fotografía en blanco y negro tomada con el filtro HMI-Intensitygram, en la que se pueden ver nítidamente las manchas solares junto a otra, de color amarillo, que muestra la emisión ultravioleta observada con el filtro AIA 171 Å. Esta imagen sirve como muestra cualitativa de la actividad solar. En cada imagen, vamos a contar el número de focos y de grupos que se observan. Se recomienda comparar las imágenes con los valores que se dan en la tabla al final: el número de manchas o focos (F), el número de grupos (G) y el promedio de manchas en cada grupo (Avg).

Imagen 1

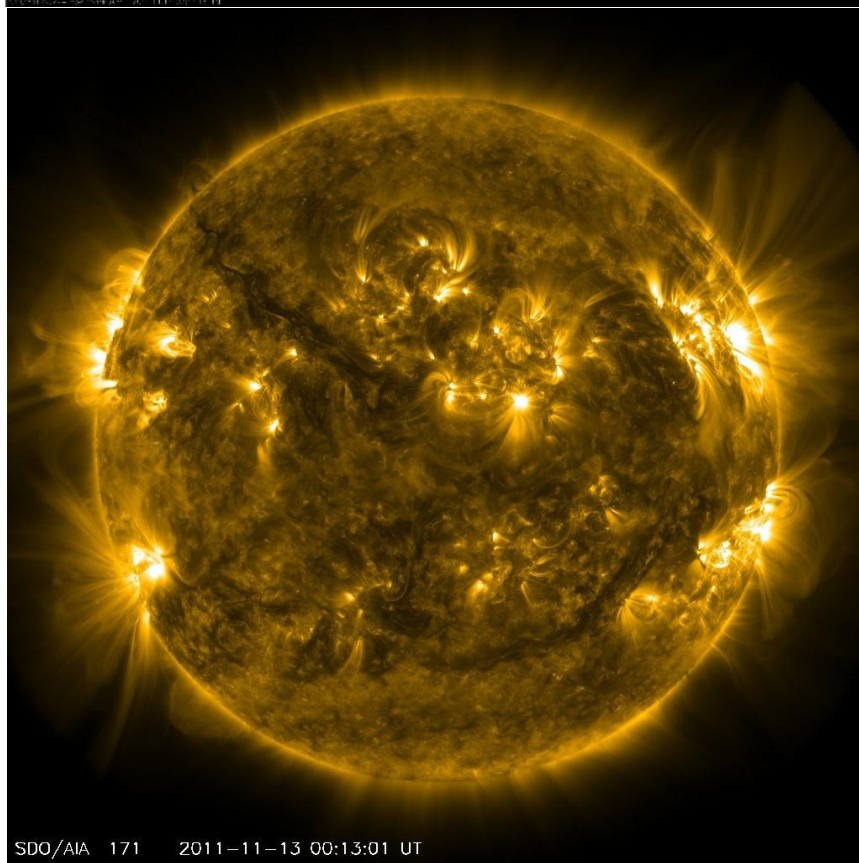
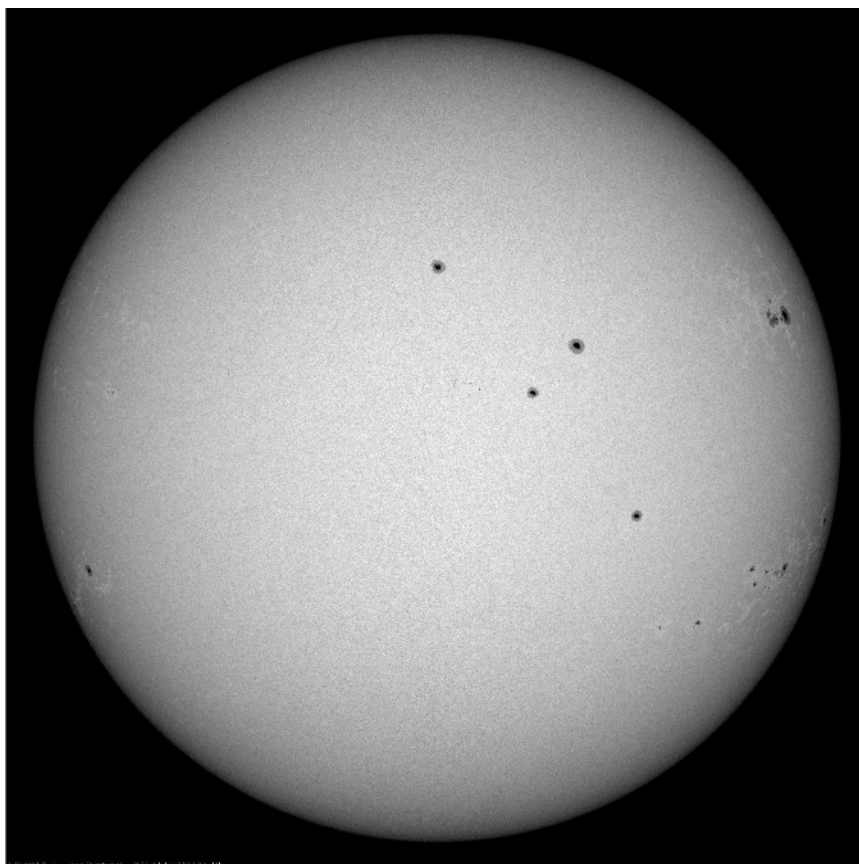
Fecha: 16-08-2011



SDO/AIA 171 2011-08-16 00:14:13 UT

Imagen 2

Fecha: 14-11-2011



SDO/AIA 171 2011-11-13 00:13:01 UT

Imagen 3

Fecha: 28-08-2013

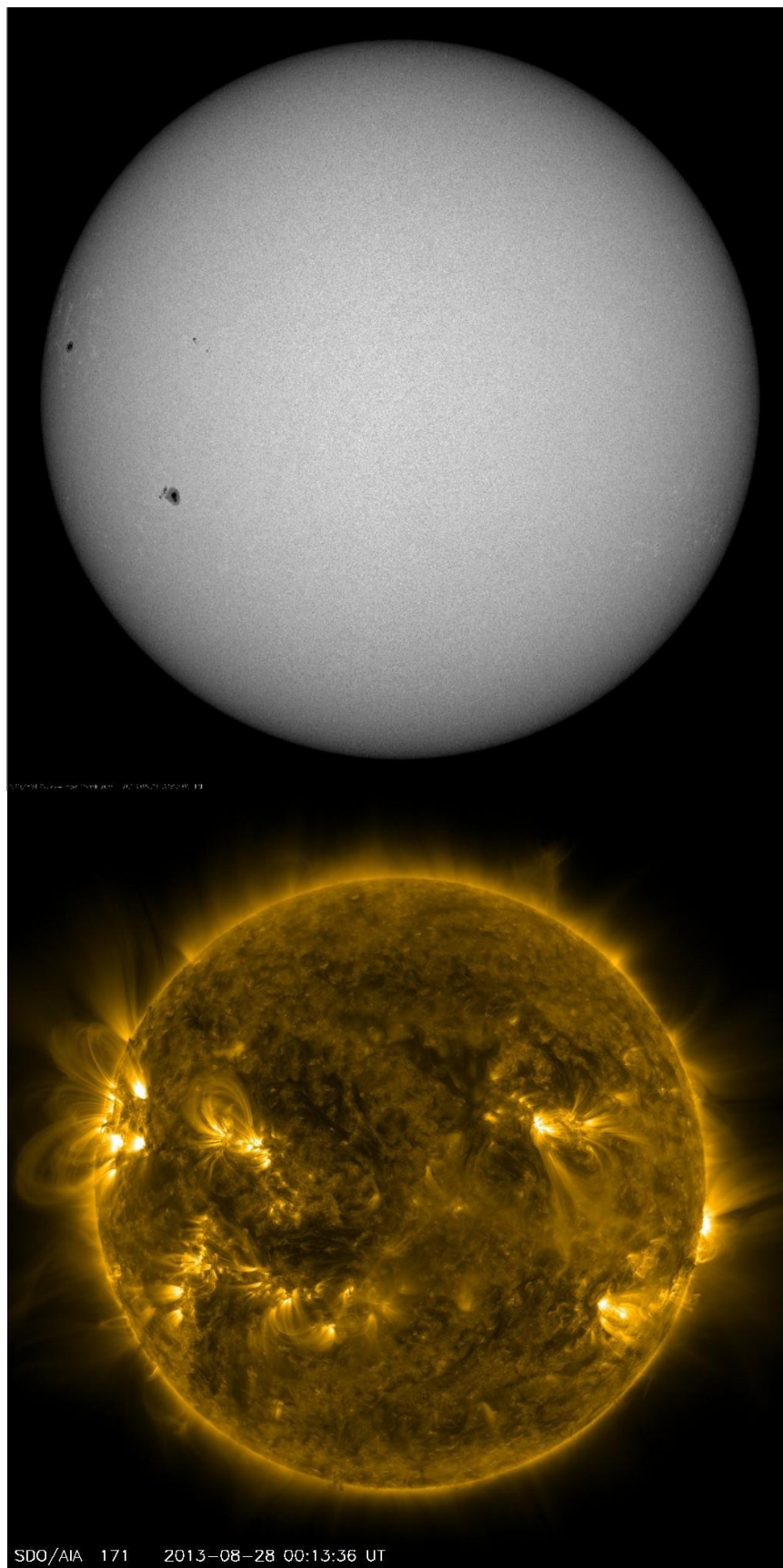
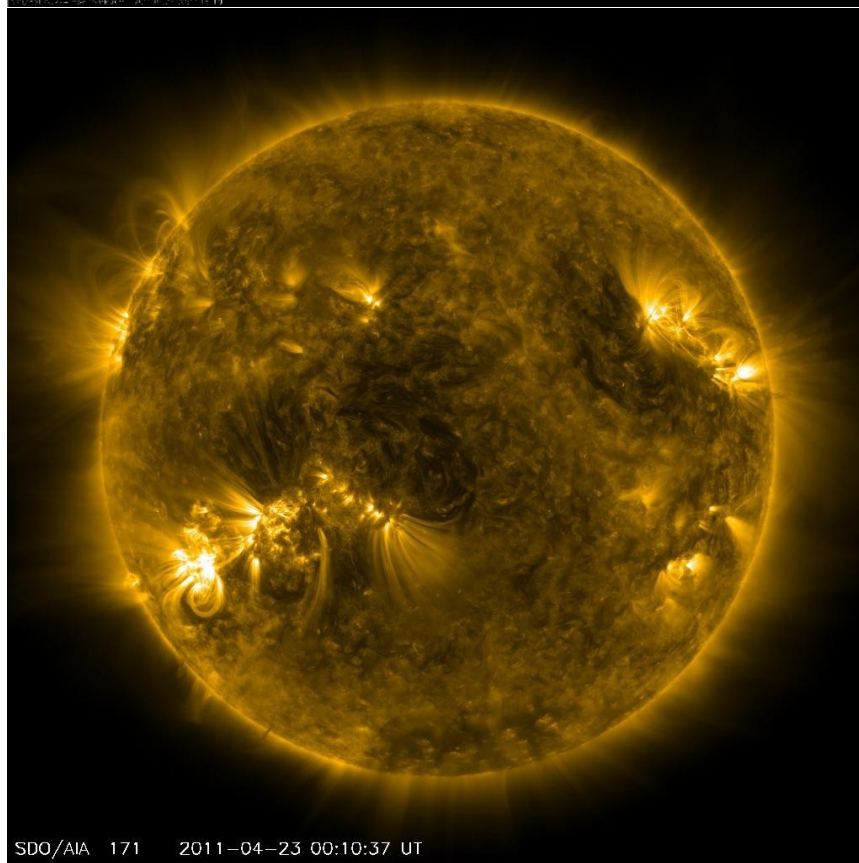
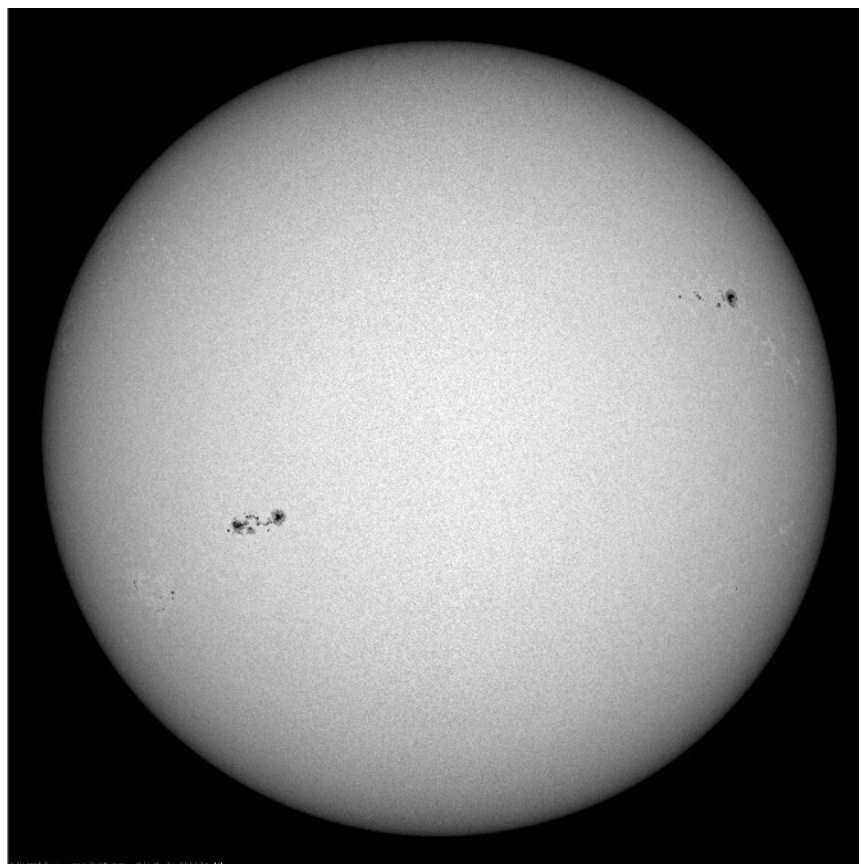


Imagen 4

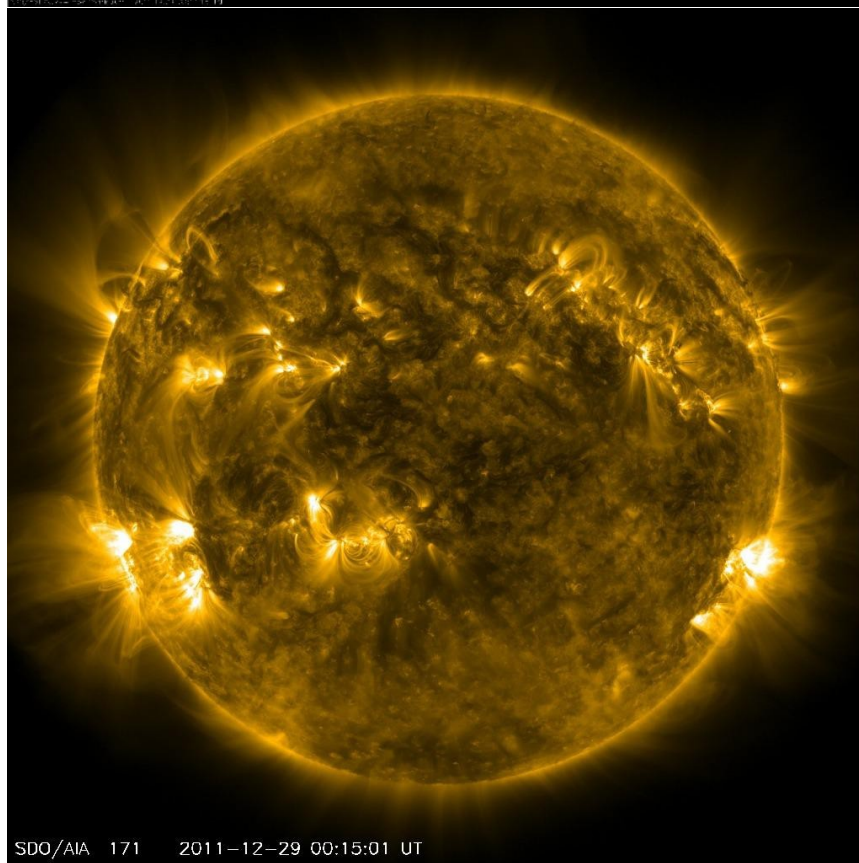
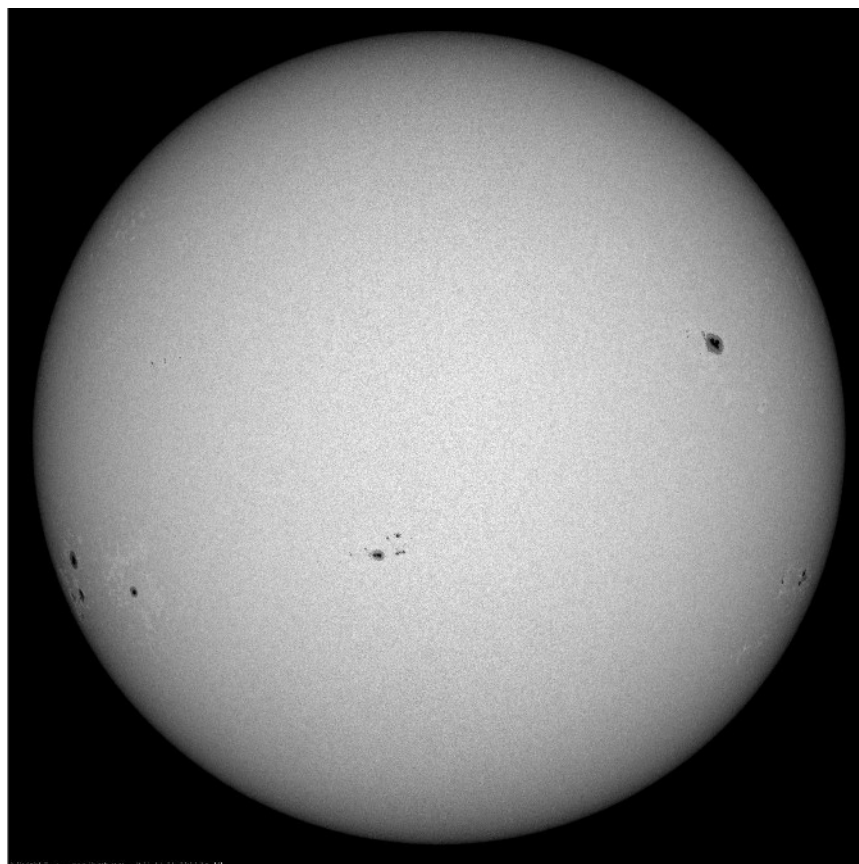
Fecha: 23-04-2011



SDO/AIA 171 2011-04-23 00:10:37 UT

Imagen 5

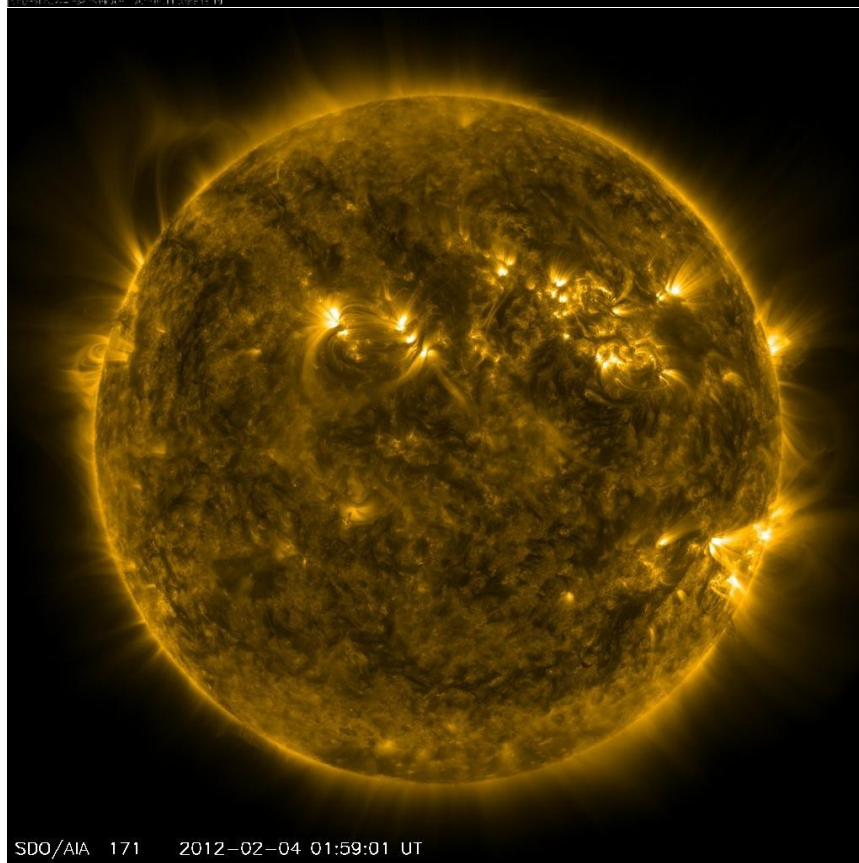
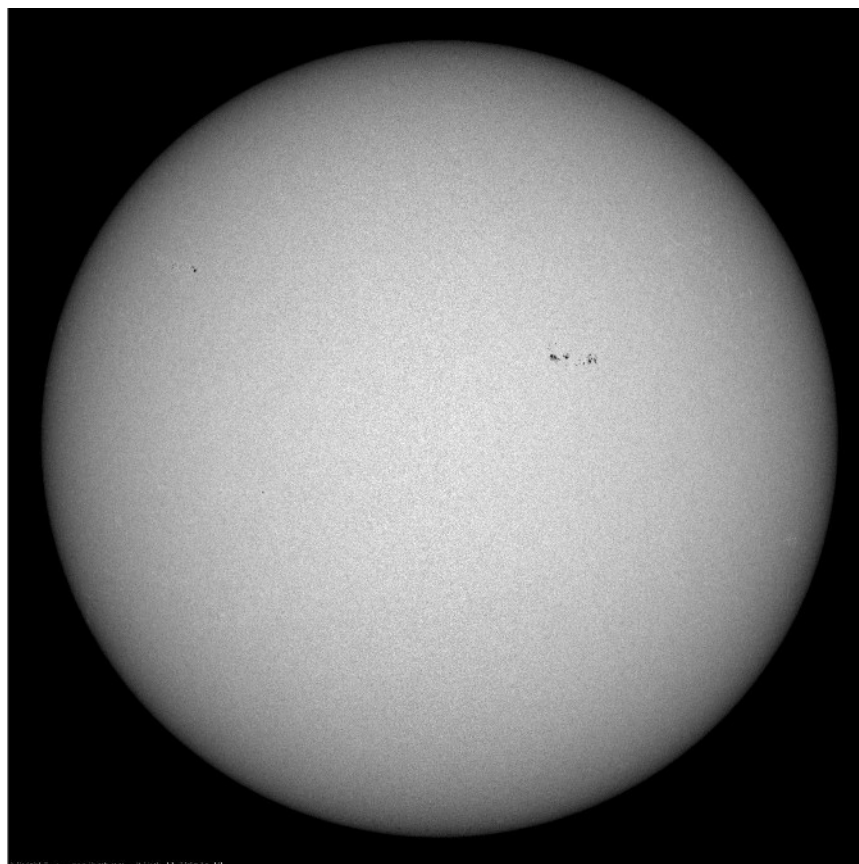
Fecha: 29-12-2011



SDO/AIA 171 2011-12-29 00:15:01 UT

Imagen 6

Fecha: 14-04-2012



SDO/AIA 171 2012-02-04 01:59:01 UT

Emisión de hipótesis

A partir de tu observación de las imágenes, ya estás preparado para elegir una de las tres opciones sobre el modo en que afectan las manchas a la actividad solar. Sin embargo, la hipótesis de un experimento debe formularse de forma que sea comprobable. Una buena manera de conseguirlo es cuantificarla numéricamente.

Vamos a traducir cada una de las tres hipótesis propuestas en números. Para traducirlo, hemos utilizado esta nomenclatura:

W_1 , W_2 y W_3 son los números de Wolf correspondientes a cada hipótesis.

F indica el número total de focos o manchas individuales en la superficie solar.

G es el número de grupos en que se distribuyen las manchas.

1. **El número de manchas. Las manchas tienen diez veces más importancia que los grupos**

$$W_1 = 10 \cdot F + G$$

2. **La distribución de las manchas. Lo importante es la media del número de manchas contenido en cada grupo**

$$W_2 = \frac{F}{G}$$

3. **El número de grupos. Los grupos tienen diez veces más importancia que las manchas individuales**

$$W_3 = 10 \cdot G + F$$

A partir de las observaciones de las dos imágenes, ¿cuáles te parece corresponden a días de mayor actividad? Contando el número de manchas y de grupos de cada día, ¿Qué valor del número de Wolf será más adecuado para cuantificar la actividad?

Para contar focos y grupos correctamente es necesario practicar. En caso de duda, los poros que son muy claros o pequeños no se tienen en cuenta para el recuento de focos. Si varias manchas se juntan en una grande, se considera un único foco.

Datos experimentales: la actividad solar

Ya tenemos una cuantificación de nuestra hipótesis. Lo que necesitamos ahora son datos reales del Sol que nos permitan comparar nuestros datos con la actividad real.

El mejor indicador de la actividad solar es la intensidad de rayos X. Por fortuna, la atmósfera sirve de filtro para ese tipo de radiación, que de otro modo haría imposible la vida. Sin embargo, esta emisión siempre va acompañada de ondas de radio de 2800 MHz de frecuencia (las ondas que recibimos en nuestras radios FM están entre 88 y 108 Hz). Estas ondas sí que llegan a la Tierra y nos sirven para medir la actividad.

En la siguiente tabla aparece la intensidad de radiación $F2800$ para cada una de las imágenes, dada en unidades de flujo solar, o sfu ($1 sfu = 10^{-22} W/m^2/Hz$). También se dan los valores de G y F , para su comprobación. A veces la contabilización de manchas es algo subjetiva. No importa si los valores obtenidos por ti no coinciden exactamente con los aportados en la tabla. Esto es normal.

	$F2800 (sfu)$	F	G
Imagen 1	93	8	1
Imagen 2	161	35	12
Imagen 3	108	13	3
Imagen 4	119	43	4
Imagen 5	147	55	8
Imagen 6	98	19	2

Análisis de los resultados

Queremos ver ahora si existe una relación entre la actividad solar ($F2800$) y el número de Wolf que hemos propuesto (W_1 , W_2 o W_3). Esto normalmente se hace a través de un valor estadístico llamado *coeficiente de correlación lineal*. Para esta práctica vamos a utilizar un modo más intuitivo, respondiendo simplemente a la pregunta ¿aumenta mi valor de W de cada vez que aumenta $F2800$?

Puedes comprobarlo con la siguiente tabla. Coloca los datos de las imágenes por orden de menor a mayor actividad solar y observa el comportamiento de W . Puedes compararlo con los valores obtenidos por tus compañeros.

Una forma rápida de verlo y mostrar los resultados a otras personas, es hacer una representación gráfica. Puedes hacerla para ver qué forma tiene en cada uno de los tres casos el número W (eje x) frente a $F2800$ (eje y).

¿Cuál es la ecuación correcta para obtener el número de Wolf?

Imagen nº	$F2800$	W_1	W_2	W_3

Aplicación

Ahora ya conoces una forma sencilla de indicar la actividad solar contando manchas solares. Muchos astrónomos aficionados de todo el mundo envían informes con los datos que obtienen a los observatorios solares para facilitar la labor de seguimiento. Tú también puedes hacer un recuento diario con el telescopio *H-alpha* y enviarlo al IAC, donde llevaremos un registro de todos los proyectos de los estudiantes.

En ocasiones resulta difícil distinguir si unas manchas pertenecen a un grupo o a dos. Para saberlo con claridad, conviene esperar unos días y ver cómo evolucionan.

Ficha de observación

Día y hora	F	G	W	Comentarios

Enlaces

Proyecto de ciencia ciudadana integrado en *Zooniverse*, para contribuir a la ciencia clasificando manchas solares

<http://www.sunspotter.org/>

Datos del Real Observatorio de Bélgica del número de Wolf a lo largo del tiempo y otros datos de la actividad solar

<http://sidc.oma.be/html/sunspot.html>

<http://sidc.oma.be/products/mobu/>

Datos del observatorio de Greenwich desde el S.XVIII

<http://solarscience.msfc.nasa.gov/greenwch.shtml>