

Observación del Sol

Si se toman las debidas precauciones para la protección de la vista, la observación del Sol es una de las más cómodas, gratificantes y fáciles de realizar. La favorece el hecho de poder hacerse durante las horas diurnas y ser, junto con la Luna, el astro más brillante y de mayores dimensiones aparentes visto desde la Tierra. Además, ofrece la oportunidad de poder colaborar en la interesante estadística diaria de la actividad solar que realizan observatorios profesionales y aficionados de todo el mundo (cálculo del índice «R» o «número de Wolf»).

Es evidente que el Sol no debe ser mirado directamente. Hacerlo a simple vista ya supondría un fuerte deslumbramiento, pero a través de un telescopio (aun siendo de poca potencia) significaría la ceguera casi instantánea por la quemadura que sufriría la retina. Sin embargo, con los sencillísimos métodos que se utilizan para disminuir eficazmente las nocivas radiaciones infrarrojas y ultravioletas de su luz, es una observación fácil y absolutamente segura, asequible al aficionado.

En cuanto a requerimientos técnicos, es necesario disponer de un instrumento con apertura de 60 mm, por lo menos, reflector o refractor, pero preferentemente de este último tipo. Aunque no resulta imprescindible, es muy conveniente una montura ecuatorial.

Técnicas visuales

Observación por proyección

El procedimiento visual por proyección, además de no ofrecer ningún riesgo, resulta muy cómodo para la observación simultánea de varias personas y prácticamente no precisa de accesorios especiales. El principal inconveniente estriba en que no permite apreciar las más finas estructuras de la fotosfera.

Consiste en proyectar la imagen del Sol sobre una pantalla blanca y lisa (una simple cartulina) situada a una distancia adecuada detrás del ocular, distancia que puede oscilar entre 15 y 50 cm. Resulta muy útil fijar la pantalla a un soporte solidario con el tubo del telescopio que permita el desplazamiento de la misma en el sentido perpendicular de los rayos solares hasta conseguir una imagen nítida y suficientemente luminosa; sin embargo los mejores resultados, en cuanto al número de detalles y fineza, tal vez se obtienen sosteniendo la pantalla con la mano al tiempo que se la somete a un pequeño movimiento oscilatorio a fin de no percibir los posibles defectos de la pantalla.

Un problema que ocasiona este procedimiento es que la luz difusa disminuye el contraste. Una buena opción es convertir la pantalla en una cámara oscura (fig 1).

Usando telescopios refractores o catadióptricos, y en el caso de no disponer de un prisma acodado que proyecte lateralmente la imagen solar, es conveniente utilizar un parasol a fin de que produzca sombra sobre la pantalla. El más sencillo es una cartulina suficientemente grande con un agujero central que permita el paso del ocular; se sitúa junto a éste para evitar que la luz solar perjudique la observación de la imagen ampliada en la pantalla.

Observación directa con filtro de apertura total

Actualmente se utilizan unos excelentes filtros para el Sol que se colocan en la boca del telescopio, en la parte superior del tubo. Estos filtros son láminas de plástico o cristal que han sido recubiertas de una fina capa de un metal altamente reflectante (aluminio, oro, níquel, cromo, etc.) y que permiten la transmisión de la luz visible y una transmisión prácticamente nula en el ultravioleta e infrarrojo. Esto hace que pueda observarse directamente a través del telescopio sin ningún peligro para la visión y, además, con óptima calidad de imagen y total resolución, ya que no es necesario diafragmar la apertura. Puede considerarse que es el procedimiento más recomendable para apreciar finos detalles fotosféricos sin necesidad de diafragmar el telescopio y, por lo tanto, manteniendo su total poder de resolución. Por lo que respecta a filtros de cristal óptico metalizado existen

diversas marcas como, por ejemplo: «Orion» (<http://telescope.com>) o «Thousand Oaks Optical» (<http://www.thousandoaksoptical.com>). En cuanto a filtros de lámina plástica, los más conocidos son de las firmas Baader o Schott. Estos filtros pueden adquirirse directamente a los fabricantes o bien en comercios especializados españoles.

Los filtros de cristal presentan el inconveniente de su peso, mientras que en los de lámina de plástico el peso es prácticamente despreciable. Estas láminas se comercializan en formatos estándares, y el usuario debe recortar el trozo que precisa para la abertura de su telescopio; luego es preciso construir un sencillo aro para sujetar la lámina, que no debe quedar tensa.

Observación directa con filtro situado en el ocular

Este procedimiento **no es aconsejable por ser peligroso**, incluso con telescopios pequeños.

Los filtros para colocar en el ocular que facilitan entre los accesorios algunas marcas de pequeños telescopios (muchos de ellos con la inscripción «SUN») quedan situados cerca del foco. La concentración de los rayos solares produce un gran aumento de la temperatura en el foco, lo que puede provocar la rotura del filtro (incluso con el telescopio diafragmado) ocasionando inmediatas y graves quemaduras en la retina. El resultado puede ser la ceguera temporal o la ceguera parcial o total.

En todo caso, si se utilizan, no debe apuntarse al Sol más de 15 segundos seguidos. Luego hay que desviar el telescopio hasta que se enfríe el filtro.

Algunos telescopios cuentan entre sus accesorios, además del filtro solar (SUN), con un filtro lunar (MOON): ¡atención a posibles errores de identificación!

Observación directa con helioscopio y filtro

Es un sistema clásico que permite observar finas estructuras de la fotosfera, además de ser seguro, aunque está cayendo en desuso después de la aparición de los filtros de apertura total. Contribuye a este desuso el hecho de que el helioscopio deba colocarse en el portaocular; la radiación del Sol calienta todos los elementos del telescopio antes de ser filtrada, lo que no ocurre empleando filtros en la abertura.

El helioscopio de Herschel es el método que suele proporcionar mejores imágenes a través de telescopios refractores. Consiste en un prisma en forma de cuña que elimina el 80% de la luz y el calor provenientes del Sol. El 20% restante llega al ocular y debe observarse a través de un filtro solar, aunque ya sin riesgo de recalentamiento anormal.

Generalmente en los pequeños instrumentos el empleo de un filtro solar produce una imagen muy poco luminosa, por lo que es preciso proveerse de filtros algo más claros (como el mencionado filtro lunar); los filtros más agradables para la observación solar son los verde-amarillentos.

Al usar el helioscopio de Herschel en los telescopios reflectores puede ocurrir que la imagen no resulte accesible por falta de recorrido en el portaocular; esto es corregible mediante el empleo de una lente de Barlow.

Otros métodos de observación

Si el telescopio es reflector y sólo se usa para la observación solar, puede sustituirse el espejo diagonal por un prisma que refleje los rayos procedentes del objetivo por su cara hipotenusa (reflexión vítrea), o mejor aún, dejar el espejo primario sin



Fig. 1 - Observación del Sol por proyección en un telescopio refractor y en un reflector Newton.

aluminzar. En ambos casos se obtiene una pérdida de intensidad luminosa suficiente sin que se vea afectada la resolución.

Existen otros procedimientos (entre ellos: un prisma pentagonal con filtro o con oculares de polarización, helioscopio con polaroides, helioscopio de Colzi, etc.) que el observador experimentado podrá ensayar de acuerdo con su instrumento, pero cuyo uso cada vez es menos habitual entre los aficionados.

Como precaución suplementaria, en todos los casos es conveniente cubrir el buscador a fin de evitar cualquier quemadura accidental al pasar por su foco. Para la búsqueda del Sol a través del telescopio debe observarse la sombra que éste proyecta en el suelo mientras se mueve el tubo hasta que la sombra deja de ser alargada.

Observación de la fotosfera

Determinación del número de Wolf

La observación de la fotosfera en luz integral (por proyección o mediante filtro de abertura total o con helioscopio) permite ver las manchas, las fáculas y la granulación. Excepcionalmente puede verse alguna fulguración en zonas muy activas.

Los aficionados que observan asiduamente el Sol pueden determinar el índice de actividad mediante el cálculo del número de Wolf (W , o también denominado R), lo que se realiza contabilizando las manchas que hay cada día. Para ello se emplea la fórmula $W = 10G + F$, en la que G es el número de grupos y F el número total de manchas y poros individuales. Con ello, el número W que determina un observador es, simplemente, el resultante de multiplicar por 10 el número G (grupos) y sumarle el número F (manchas o poros). Los observadores remiten sus resultados al final de cada mes rellenando un parte-resumen global.

Después de los pertinentes ensayos, una vez escogido el método de observación, instrumento y aumentos, se recomienda proceder siempre del mismo modo. El coordinador de las observaciones corrige el resultado de cada observador multiplicando el valor obtenido por un factor de corrección (K) que depende de la capacidad instrumental y de las condiciones de observación.

Procedimiento para colaborar eficazmente con la Agrupación en el registro diario de la actividad solar

La primera tarea del observador consiste en efectuar un dibujo esquemático de todas las manchas con sus respectivas penumbras a fin de poderlas identificar en días sucesivos y determinar mejor sus posiciones. Para ello se debe utilizar la hoja de parte diario (fig. 2), sujeta sobre la pantalla de proyección (sin filtro alguno), encuadrando la imagen del Sol en el círculo de la plantilla.

Como sea que la orientación del disco solar varía continuamente con el transcurso del tiempo, en la hoja del parte diario debe indicarse la posición del eje de rotación solar (en la escala graduada situada en la parte superior) e inclinarla adecuadamente. Para hacerlo se emplean las plantillas y el método que se describirá más adelante. También debe determinarse la línea E-W celeste, simplemente parando el telescopio y viendo en qué dirección se desplaza el Sol (oeste).

El dibujo debe realizarse con lápiz, como si se calcara la imagen proyectada. Una vez terminado este esquema debe cambiarse el sistema de observación, retirando la pantalla de proyección para colocar el filtro de abertura total o el helioscopio, y utilizar un ocular que proporcione mayor potencia. Con el nuevo sistema se perfecciona el dibujo, añadiendo, si fuera preciso, las pequeñas manchas (poros), las penumbras y los detalles que no hayan sido vistos en la proyección. Si no se dispone del sistema de proyección y se tiene suficiente habilidad para dibujar los grupos con su tamaño, proporciones, forma y posición correctas, se podría hacer el dibujo mirando a través del ocular, en

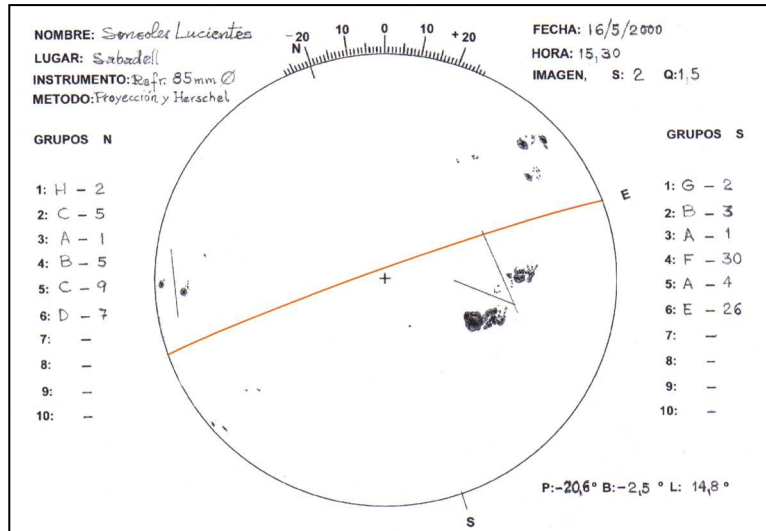


Fig. 2 - Ejemplo de parte solar diario.

Tabla I Valoración de la calidad de la imagen solar Escala de Kiepenheuer

Para estas determinaciones se recomienda no usar menos de 100 aumentos

Calidad	Definición (S)	Movimiento (Q)
1,0	Visible alguna fina estructura en las grandes sombras (puntos umbrales). Estructuras muy finas en la penumbra.	No es detectable movimiento alguno en la imagen, ya sea en el limbo o en el disco.
1,5	Estructuras finas en la penumbra. Granulación muy definida.	Movimiento de la imagen (agitación) en el limbo, menor o igual a 0"5.
2,0	Alguna fina estructura en la penumbra y en las divisiones sombra-penumbra. Granulación bien definida.	Movimiento de la imagen en el limbo de 1"0 a 1"5. Tenues ondulaciones. Movimiento en las manchas prácticamente imperceptible.
2,5	Estructura de la granulación bien visible. Clara división entre sombra, penumbra y fotosfera, pero sin finas estructuras.	Agitación en el limbo de 2"0 a 2"5 y bien visible en el disco. Ondulaciones en el limbo solar.
3,0	La granulación es detectable cuando se desplaza la imagen solar. Poco contraste en la división sombra-penumbra.	Movimiento de la imagen entre 3"0 y 3"5. Fuertes ondulaciones en el limbo.
3,5	No es visible la estructura granular. Dificil separación entre sombra y penumbra.	Agitación de 4"0 a 5"0.
4,0	Sombra y penumbra sólo distinguibles en las grandes manchas. No es detectable la estructura granular.	Movimiento de la imagen de 6"0 a 7"0
4,5	Sombra y penumbra sólo distinguibles en las manchas muy grandes.	Movimiento de la imagen de 8"0 a 10"0.
5,0	Sombra y penumbra se confunden.	Agitación mayor de 10"0.

cuyo caso hay que tener especial cuidado con las manchas o poros próximos al ecuador, para no situarlos en el hemisferio equivocado.

Hecho esto se estima la calidad de la imagen de acuerdo con la «escala de Kiepenheuer» (ver tabla I) y se anota en el parte.

A continuación, con la tabla de clasificación de los grupos de manchas a la vista (tabla II) y teniendo en cuenta las definiciones, debe anotarse la clasificación empezando por el grupo más occidental del hemisferio norte (que se inscribirá como el número 1 de su hemisferio) y terminando por el más cercano al borde este. Si en un hemisferio hubiese dos o más grupos en el mismo meridiano, se inscribiría primero el de latitud más elevada para seguir con el de latitud más baja. Luego se hace lo mismo con los del hemisferio sur para determinar, finalmente, el W de cada hemisferio.

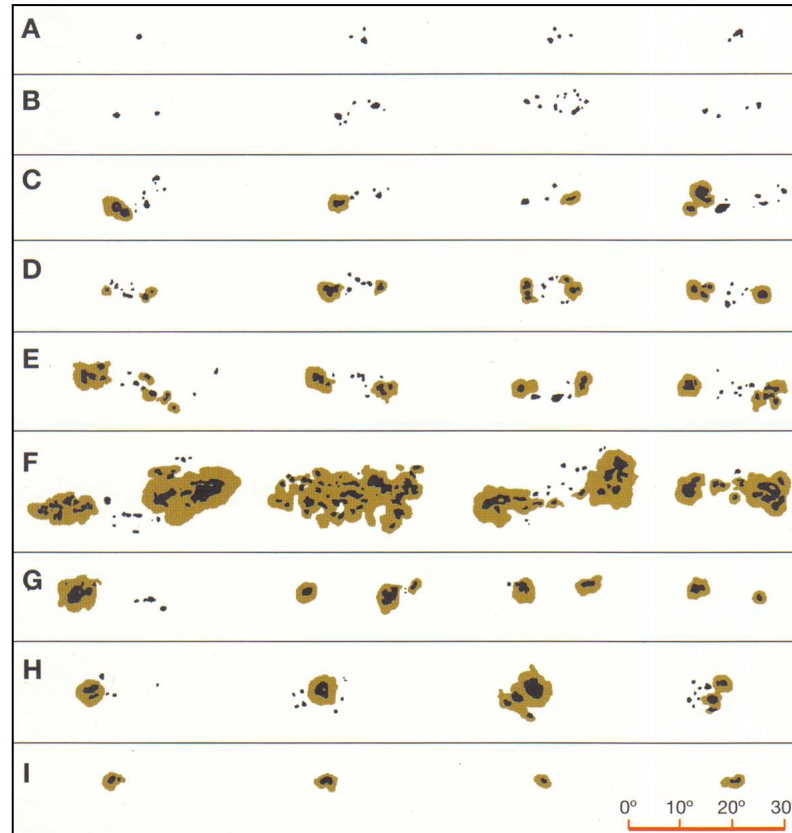
Cada grupo se registra con la letra correspondiente a su tipo, indicando el número de focos (manchas individuales) que lo integran (véase como ejemplo el parte-diario de la figura 2). Con el telescopio se comprueban aquellos grupos que ofrezcan dudas.

Al finalizar el mes es cuando deben remitirse las observaciones al coordinador lo más rápidamente posible (por correo postal o electrónico). Se recomienda no dejar para el último momento la transcripción de cada observación diaria al parte-resumen mensual (fig. 3). Existe un parte informatizado (en Excel); ambos

Tabla II Clasificación de los grupos de manchas

Terminología: **Manchas** = Cuando posee penumbra
Poros = Sin penumbra. Tamaño entre 2" y 6"

Cuatro ejemplos de cada tipo:



- A Pequeño grupo de poros sin disposición bipolar ni penumbra.
- B Grupo de poros mayor que el A, sin penumbra y en disposición E a W o bipolar.
- C Bipolar pero con una o más manchas de penumbra en uno solo de sus extremos.
- D Bipolar de hasta 10° de longitud, con manchas de penumbra en ambos polos.
- E Bipolar de 10° o más de longitud y manchas de penumbra en ambos extremos a menudo complejas.
- F Bipolar complejo, de por lo menos 15° de longitud, con grandes manchas y penumbras extensas.
- G Bipolar de por lo menos 10° de longitud, pero sin poros entre los polos extremos.
- H Monopolar con penumbra frecuentemente redondeada y diámetro de por lo menos 2".
- I Monopolar con pequeña penumbra y diámetro menor de 2".

electrónicas (y la dificultad que representa hacer un dibujo con valor científico), es altamente recomendable obtener diariamente una fotografía del Sol completo, y luego, con mayor detalle, otra de cada grupo detectado visualmente.

En el apartado «Notas» que figura en la parte mensual no es necesario referir las circunstancias meteorológicas, ya que no tienen ningún interés porque su efecto en la imagen ya queda reflejado en la valoración de Kiepenhauer.

Precisiones acerca del «método de Zürich» y errores de conceptos muy extendidos

Tratando de perfeccionar el método establecido y seguido por varios astrónomos suizos, y muy especialmente por su creador, Max Waldmeier, frecuentemente se ha incurrido en errores de concepto.

Puesto que nadie puede tener el 100% de observaciones diarias desde un mismo emplazamiento, cuando se empezó el estudio de la actividad solar se vio la necesidad de reunir las observaciones de muy diversos lugares para unificarlas confeccionando una sola estadística. Lo ideal hubiese sido obtener los datos fotográficamente (que es el modo menos subjetivo) pero en aquella época la fotografía no ofrecía tantas prestaciones como el ojo humano. Por ello se acordó que los observadores rellenarían unos partes descriptivos de lo que vieran basándose en una primitiva tabla de clasificación de grupos que luego hubo que ampliar para quedar como se muestra en la tabla II. En la práctica este método no es suficientemente preciso, dado que en la mayoría de casos la clasificación no tiene en cuenta las dimensiones de las manchas o de los grupos y en otros no permite clasificarlos con certeza por mostrar estructuras poco frecuentes.

Dado que la clasificación es eminentemente descriptiva, siempre se puede indicar en el apartado de «notas» aquella característica que no quedase bien definida por la letra correspondiente.

Tabla III Calendario de plantillas con coordenadas heliográficas y ángulo B₀

Fecha	B ₀	Plantilla	Fecha	B ₀	Plantilla
1 enero	-3	11	2 julio	+3	4
9	-4	12	12	+4	5
20	-5	13	22	+5	6
1 febrero	-6	14	4 agosto	+6	7
20	-7	15	23	+7	8
21 marzo	-7	15	23 septiembre	+7	8
10 abril	-6	14	13 octubre	+6	7
22	-5	13	25	+5	6
2 mayo	-4	12	5 noviembre	+4	5
12	-3	11	14	+3	4
21	-2	10	22	+2	3
29	-1	9	30	+1	2
6 junio	0	1	8 diciembre	0	1
15	+1	2	16	-1	9
23	+2	3	24	-2	10

pueden solicitarse a la secretaria de la Agrupación.

Los dibujos diarios son primordiales en la observación ya que, si están hechos con un mínimo de rigor, eliminan cualquier ambigüedad en la clasificación y en el cómputo de grupos, pero dadas las facilidades que actualmente nos dan las cámaras

Waldmeier ya comentaba que la tabla está ordenada alfabéticamente, con ejemplos de las formas más corrientes de manchas solares y según un proceso que va desde un poro, que es la forma en la que empiezan siempre los grupos, hasta el máximo desarrollo y su decadencia, sin que ello signifique que deban pasar necesariamente por todos los estadios.

La evolución más comúnmente observada en función del índice de actividad y de la edad se muestra en la figura 5.

La manera de valorar la actividad solar por medio de la fórmula indicada es discutible, y por ello hay quien pretende hacerlo mejor con otras fórmulas, también discutibles, o teniendo en cuenta el área de disco solar manchada, quizás difícil de medir. Pero, a pesar de todo, la curva suavizada del número de Wolf se correlaciona perfectamente con la del flujo de radio medido mediante radiotelescopios, lo que hace suponer que se trata de un método útil y con una muestra estadística que se remonta a mediados del siglo XVIII.

A veces resulta un tanto difícil determinar si un conjunto de manchas o focos corresponde a un solo grupo o a dos. Para poderlo saber con exactitud deberían medirse sus polaridades magnéticas, cosa que no está al alcance del astrónomo aficionado, pero la experiencia y la observación en días sucesivos ayudan mucho a dilucidarlo.



ACTIVIDAD SOLAR

**AGrupació
ASTRONÒMICA
DE SABADELL**

**C. Prat de la Riba, s/n
(Parc Catalunya)
Tel. 93 725 53 73
Fax 93 727 29 41
Apartado de correos 50**

COORDINACIÓN: Josep Costas y Ricard Gaju
Enviar a: secretaria@astrosabadell.org

MES:	Junio	AÑO:	2007
OBSERVADOR:	Sonsoles Lucientes		
LOCALIDAD:	Sabadell (Barcelona)		
INSTRUMENTO:	C-200 mm F-1800	MÉTODO:	Filtro Mylar

DIA	HORA TU	HEMISFERIOS			TOTAL			CALIDAD IMAGEN		CLASIFICACIÓN DE LAS MANCHAS									NOTAS								
		G	F	W	G	F	W	S	Q	A	B	C	D	E	F	G	H	I									
1	17h 37'	0	0	0	0	0	0	1.5	1.5	0																	
2	14h 01'	1	44	54	1	44	54	1.0	1.0					1													
3	17h 39'	1	40	50	1	40	50	1.0	1.0					1													
4	17h 39'	1	35	45	1	35	45	1.5	1.5					1													
5	9h 22'	2	62	82	2	62	82	1.0	1.0		1			1													
6																											AUSENTE
7																											AUSENTE
8																											AUSENTE
9	9h 18'	1	6	16	1	6	16	1.0	1.0															1			
10	7h 39'	1	4	14	1	4	14	1.0	1.0															1			

27	17h 29'	1	2	12	1	2	12	2.0	2.0																			
28	8h 01'	1	11	21	1	11	21	1.5	2.5															1				
29	17h 37'	1	5	15	1	5	15	1.5	1.5															1				
30	14h 09'	2	19	39	2	19	39	1.0	1.0		1													1				
31																												

SUMAS:										3	4	6	3
MÁXIMO: 82 Día: 30										MÍNIMO: 0 Día: 16			

Fig. 3 - Modelo de parte para comunicar mensualmente las observaciones diarias de la actividad solar, mediante la clasificación de las manchas y la determinación del número relativo de Wolf. (Datos ficticios).

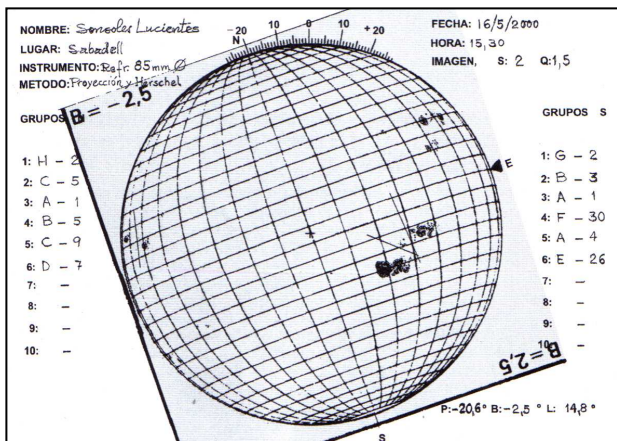


Fig. 4 - Plantilla transparente superpuesta a un parte diario.

Plantillas y orientación de la imagen solar

El posicionado de las manchas sobre un papel se realiza en la pantalla (por proyección), «calcando» las manchas. Para identificar en días sucesivos las manchas debe señalarse el eje solar, así como el ecuador para diferenciar los hemisferios. Los trabajos más comprometidos (determinación de las superficies, cálculo de tamaños reales, identificación de grupos dudosos, análisis de movimientos, etc) deberían hacerse por medio del cálculo, ya sea a través de coordenadas cartesianas o coordenadas polares. Sin embargo, el cálculo puede suplirse

en este caso utilizando unas plantillas transparentes que se superponen al disco solar del parte (fig. 4). Con ellas puede hacerse una lectura inmediata de las coordenadas heliográficas. La precisión, en un área de 60° alrededor del centro del disco solar, puede llegar a ser de medio grado si la orientación de la plantilla es correcta.

El juego de plantillas transparentes está formado por 8 ó 16. Contienen la red de coordenadas heliográficas con meridianos de 10° en 10° y paralelos de 5° en 5°. Las diferencias entre ellas muestran la variación de inclinación de la latitud heliográfica en el transcurso del año (B₀). Las plantillas se utilizan del derecho y al revés, de acuerdo con su numeración, con lo cual la colección completa equivale a 16 ó 32. La flecha indica el ecuador. En la tabla III se da el número de plantilla que debe utilizarse en cada fecha para la colección de 8. En fechas intermedias debe utilizarse la plantilla más próxima.

Las plantillas transparentes pueden solicitarse a la secretaria de la Agrupación.

La orientación de la plantilla del parte diario es relativamente fácil si se usa un telescopio refractor con montura ecuatorial. Si se proyectara la imagen del Sol sobre una pantalla transparente, vista desde atrás la imagen estaría orientada de la misma forma a como lo está a simple vista, con el norte y el este del disco solar coincidentes con la línea hacia el norte celeste y hacia el horizonte este. Pero si se mira la imagen del lado de la luz incidente (lo que ocurre en cualquier pantalla opaca), se tendrá la imagen como se muestra en la figura 6, que es el caso que ahora nos interesa.

La posición del eje N-S solar sólo se corresponde con el meridiano celeste los días 5 de enero y 7 de julio. Este eje tiene una oscilación que llega a un valor máximo de 26°3' hacia el W el día 10 de octubre, y de 26°3' hacia el este el día 7 de abril.

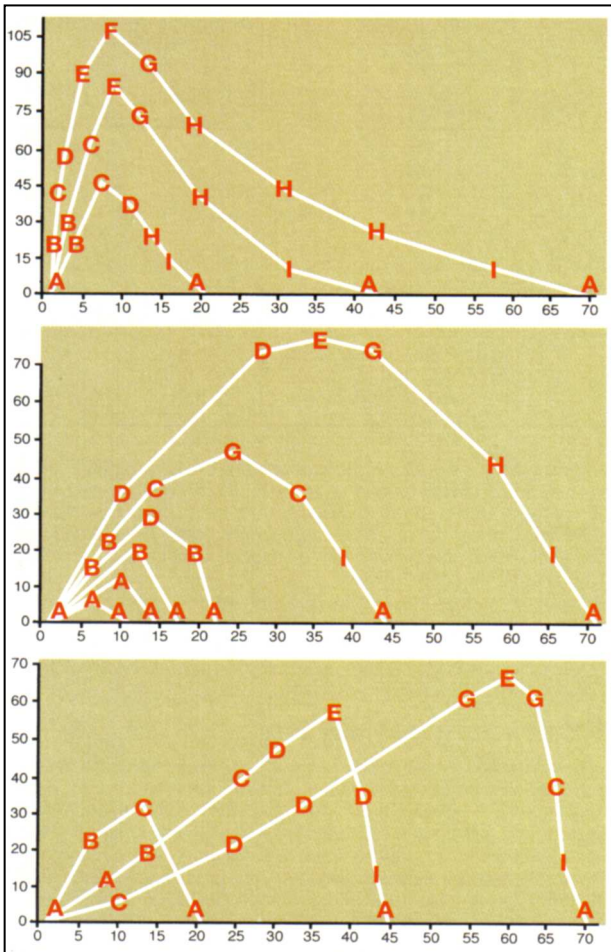


Fig. 5 - Curvas de las evoluciones típicas de los grupos de manchas solares. En ordenadas el índice de actividad y en abscisas el tiempo en días.

Estos 26³ se deben a la combinación de la inclinación de los ejes del Sol (7°25) y de la Tierra (23°5) sobre el plano de la eclíptica, de modo que con el giro de la Tierra alrededor del Sol la dirección del eje solar parece variar.

Para la correcta disposición de la plantilla transparente de cada fecha sobre la pantalla de proyección, debe marcarse sobre ésta la línea N-S (que se determina moviendo el telescopio en declinación). Centrados sobre esta línea se marcarán 27° hacia el E y 27° hacia el W. (Los partes diarios ya tiene impresa esta graduación; fig. 7). La plantilla se inclinará los grados correspondientes, según la fecha, de acuerdo con el ángulo P (tabla IV), teniendo muy en cuenta el signo (+ es en la dirección E desde el N, y - en la dirección W desde el N).

La solución mecánica para un sistema fácil de giro suele ingeniarla cada observador. Si la plantilla está bien orientada, las manchas deben seguir un mismo paralelo en el transcurso de los días.

Sabiendo que el diámetro del Sol es de 1.391.000 km, si se opera de modo que el diámetro del disco sobre la pantalla sea de 13,9 centímetros, se tendrá que 1 milímetro en el centro del disco corresponde a 10.000 km, lo cual facilita enormemente el cálculo de los tamaños reales de los fenómenos solares.

Cálculo de la superficie de las manchas

Como ya se ha apuntado, un método alternativo al número de Wolf para seguir la evolución de la actividad solar es el cálculo diario de la superficie que ocupan las manchas. Pese a haberse generalizado el uso del número de Wolf, algunos especialistas sostienen que sería más preciso utilizar el método de las superficies, aunque es bastante más complejo.

En este caso no hace falta determinar los tipos de manchas ni

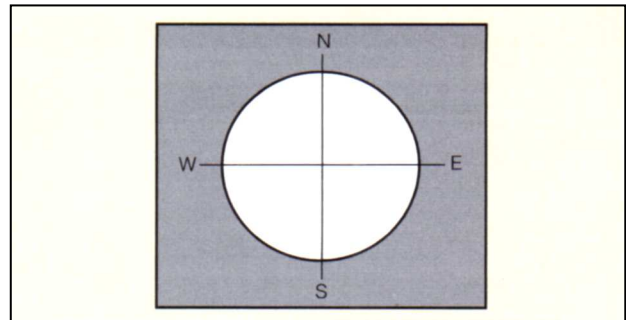


Fig. 6 - Imagen del Sol proyectada en una pantalla de telescopio refractor ecuatorial..

sus estructuras. Tan sólo se calcula la superficie total que ocupan las manchas expresándola en millonésimas del hemisferio visible. Para ello se utiliza la pantalla provista de un papel impreso con una retícula milimetrada; debe calcularse la equivalencia de cada milímetro con las millonésimas de hemisferio en función del diámetro del disco solar en la pantalla. El cálculo es relativamente sencillo para las manchas que están en la zona central del Sol, ya que el efecto de perspectiva resulta despreciable. Pero cuando las manchas se acercan al borde, la superficie aparente que ocupan no se corresponde con la real, lo que obliga a efectuar una corrección.

Si θ es el ángulo entre la mancha y el centro del disco solar (θ varía de 0° para una mancha en el centro del disco, hasta 90° para una mancha situada en el borde), la corrección es:

$S_R = S_A / \cos \theta$ donde S_R es la superficie real y S_A la superficie aparente.

Esta fórmula debe emplearse también cuando quieren calcularse las dimensiones reales de una mancha, de un filamento, etc.

Determinación del movimiento propio de las manchas

El estudio del movimiento de las manchas es una opción interesante para aficionados a la observación del Sol.

Las manchas individuales y los grupos pueden tener desplazamientos, tanto en latitud como en longitud, independientemente del desplazamiento aparente debido a la rotación solar. El hecho de que la superficie del Sol tenga rotación diferencial (gira más rápidamente en el ecuador que en los polos) da lugar a movimientos de las manchas diferentes entre sí cuando se hallan en latitudes distintas. Pero hay también movimientos propios de las manchas dentro de las zonas activas donde se originan, movimientos que pueden ser asimismo en los dos sentidos y que se evidencian particularmente en los grandes grupos cuando su vida se prolonga a lo largo de más de una rotación.

Analizar los movimientos propios de las manchas implica anotar

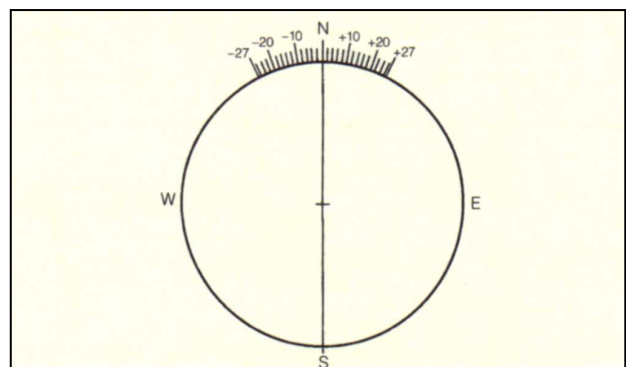


Fig. 7 - Ángulos marcados sobre la pantalla o sobre el parte diario para la orientación de las plantillas según la inclinación del eje de rotación solar. El eje N-S debe coincidir con el N-S celeste.



Tabla IV Ángulo P para la orientación de la plantilla

Fecha	P	Fecha	P	Fecha	P	Fecha	P
Ene. 1	+2°	Abr. 5	-26°3	Jul. 10	+1°3	Oct. 15	+26°2
5	+0°2	10	-26°3	15	+3°5	20	+26°0
10	-2°2	15	-26°1	20	+5°7	25	+25°5
15	-4°6	20	-25°7	25	+7°9	30	+24°9
20	-6°9	25	-25°1	30	+9°9	Nov. 5	+23°8
25	-9°1	30	-24°4	Agt. 5	+12°3	10	+22°8
30	-11°3	May. 5	-23°4	10	+14°2	15	+21°5
Feb. 5	-13°7	10	-22°3	15	+15°9	20	+20°0
10	-15°6	15	-21°1	20	+17°6	25	+18°4
15	-17°3	20	-19°6	25	+19°1	30	+16°6
20	-19°0	25	-18°0	30	+20°5	Dic. 5	+14°6
25	-20°4	30	-16°3	Sept. 5	+22°0	10	+12°5
Mar. 1	-21°5	Jun. 5	-14°0	10	+23°1	15	+10°3
5	-22°5	10	-12°0	15	+24°0	20	+8°0
10	-23°5	15	-9°9	20	+24°8	25	+5°7
15	-24°4	20	-7°2	25	+25°4	30	+3°2
20	-25°1	25	-5°5	30	+25°9		
25	-25°7	30	-3°3	Oct. 5	+26°2		
30	-26°1	Jul. 5	-1°0	10	+26°3		

Tabla V Clasificación de las fulguraciones
Importancia o medida (1er. caracter del código)

Clase	Grados ² solares	Segundos ² de arco	10 ⁻⁶ de disco
S	< 2,06	< 600	< 100
1	2,06 - 5,15	600 - 1.500	100 - 250
2	5,2 - 12,4	1.500 - 3.500	250 - 600
3	12,5 - 24,7	3.500 - 7.200	600 - 1.200
4	> 24,7	7.200	> 1.200

Las de tipo **S** se conocen habitualmente como «sub-fulguraciones».

Grado de intensidad(2º caracter del código)

f	(«faint», débil)	< 1,5
n	(normal)	1,5 - 2,0
b	(«bright», brillante)	> 2,0

con gran precisión sus posiciones, lo que obliga a utilizar imágenes de una cierta potencia. Para ello es ideal el uso de fotografías o de imágenes CCD.

En el transcurso de un ciclo solar de 11 años los grupos de manchas van variando de latitud (al comienzo del ciclo están en latitudes altas, y al final próximas al ecuador). Este desplazamiento es el que configura el célebre «diagrama mariposa».

Los observadores regulares del Sol pueden realizar su propio «diagrama mariposa» anotando la latitud en que aparece cada grupo. Para ello deben utilizarse las plantillas con las coordenadas heliográficas que hemos comentado. En el transcurso de varios años percibirán el desplazamiento de las latitudes promediadas.

Observación en H α

Son bastantes los aficionados que disponen de filtro interferencial H α para la observación de los fenómenos cromosféricos (erupciones o fulguraciones, fáculas, filamentos, etc. dentro del disco, y de las protuberancias y espículas en el contorno). La visión de estos fenómenos es sumamente gratificante y su observación regular aporta una información complementaria al estudio estadístico de la actividad solar realizado por medio del número de Wolf. La imagen que da un filtro H α es de color rojo intenso y suficientemente fría como para que pueda observarse directamente en el ocular, sin otra precaución.

La mayoría de filtros H α se componen de dos elementos: un pre-filtro que debe colocarse en la abertura del telescopio (es un filtro de cristal rojo) y el filtro interferencial que se coloca en el portaocular, inmediatamente antes del ocular.

Estos filtros exigen telescopios con sistemas ópticos que den como resultado relaciones focales largas (entre $f/10$ y $f/15$), por lo que son ideales los refractores. Entre los amateurs se usan habitualmente filtros de 1,5 Å a 0,5 Å de paso de banda centrados en la línea H α del espectro (6.563 Å), correspondiente al hidrógeno. Para ver las protuberancias es suficiente una anchura de banda de 1,5 Å, pero se precisan bandas más estrechas para la observación detallada de la cromosfera ante el disco y para conseguir mayor resolución.

Por lo que respecta a las fulguraciones, pueden clasificarse según dos códigos que vienen expresados en la tabla V, el primero define la importancia y el segundo la intensidad. Así, pues, una fulguración clasificada como **Sn** sería una subfulguración con un brillo máximo medio, mientras que una **3b** sería bastante grande y con brillo máximo alto. Esta clasificación es subjetiva, por lo que pueden atribuírsele errores notables.