

# EVOLUCIÓN DEL CICLO SOLAR No 23

Moreno F. Coordinador CEAf

*Hay un sol, que a falta de mejor palabra  
solo puedo llamarla amarilla,  
amarilla sulfurosa pálida,  
dorada pálida.  
Qué amarillo más precioso!*

Vincent van Gogh

## RESUMEN

El Gimnasio Campestre inició en el año 2000 el proyecto para el seguimiento del número de manchas solares: Aplicando la ecuación para el cálculo del Número de Wolf, obtenemos una serie de datos que muestran la evolución del actual ciclo solar y como alcanzó su máximo. En este artículo también se describen los eventos más importantes que ocurrieron durante este período, tales como grupos más activos, los días y meses con mayor cantidad de manchas, destellos y eyecciones coronales.

**Palabras claves:** Número de Wolf, fulguración, eyección coronal, tormenta geomagnética

## ABSTRACT

The Gimnasio Campestre started a project about the study of the number of sunspots in the year 2000. Applying the equation for the estimate of Wolf's Number, we found out a series of data that show the evolution of the actual solar cycle and how it reached its maximum. Also in this article the most important events are described as they occur during this period, such as the most active groups, the days and the months with a greater amount of spots, flares and coronal mass ejections.

**Key words:** Sun Spots, Wolf's number, Flares, Solar active areas, Coronal mass ejection.

## INTRODUCCIÓN

El seguimiento a las manchas solares se inició en una forma más o menos continua en 1755 (ciclo I). La aparición de gran número de ellas es un claro indicio de nuestra estrella está en un período de mayor actividad. La duración del ciclo solar no es exactamente de 11 años sino que varía, así pues el más largo ocurrió entre 1784 y 1798, con una duración de 13.5 años mientras que el más corto tomó solamente 9 años, entre 1766 y 1775.

El cálculo de la cantidad de manchas se realizó aplicando la ecuación del Número de Wolf,  $R_z$ ;

$$R_z = k(10g + f), \text{ donde } K = 1$$

$g$  = número de grupos observados

$f$  = número total de manchas observadas

El número de grupos observado se definió según la Clasificación Modificada de Zurich, expuesta en el artículo del El Astrolabio volumen 2.<sup>4</sup> Para el cálculo se tuvieron en cuenta tanto manchas como poros. De la mayoría de ellas se tienen grabaciones en video o fotos con formatos avi. Se debe aclarar que los datos obtenidos a lo largo del tiempo no se deben entender como continuos ya que no poseemos información para todos los días, así pues, sólo nos muestra la tendencia del fenómeno. Los grupos de manchas son nombrados según la nomenclatura utilizada por la NOAA.<sup>5</sup>

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las observaciones hechas hasta julio de 2001 se hicieron con un telescopio newtoniano de 15 cms de diámetro y 1250 mm de distancia focal. A partir de esa

fecha se empleó un Schmith-Cassegrain de 20 cms de diámetro y 2000 mm de distancia focal. **Es importante recordar que la observación del Sol sin la debida protección genera daños irreparables en los ojos.** Por lo tanto, se utilizó inicialmente el método de proyección y posteriormente un filtro Mylar.

En este artículo presentamos los datos de la observación del número de manchas solares en el período comprendido entre enero de 2000 y julio de 2002. Se han realizado a la fecha cerca de 150 observaciones (figuras 1,7,8), faltando la información de los días en que, por las condiciones climáticas fue imposible observar. También haremos mención de los eventos más sobresalientes en lo que va recorrido del ciclo 23, tales como fulguraciones, poderosas descargas de energía en la atmósfera solar, que desfogan el equivalente de miles de millones de toneladas de TNT al espacio.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ciclo 23 empezó en octubre de 1996, fecha durante la cual el número de manchas llegó a solamente a 8.6 como promedio mensual, Tabla 1. En noviembre 1997 ocurrió la explosión o destello más cercana a un mínimo solar en el estudio moderno del Sol, tan solo 18 meses después del mínimo.<sup>1</sup> El promedio anual aumentó mes a mes, hasta alcanzar en 1999 un promedio anual de 95.34. Durante este año ocurrió algo singular como fue la calma en el viento solar en pleno desarrollo del máximo durante el mes de mayo.<sup>1</sup>

AÑO	MANCHAS
1996	8.6
1997	21.5
1998	64.3
1999	95.3

Tabla 1. Promedio anual del N° de Wolf SDIC<sup>2</sup>

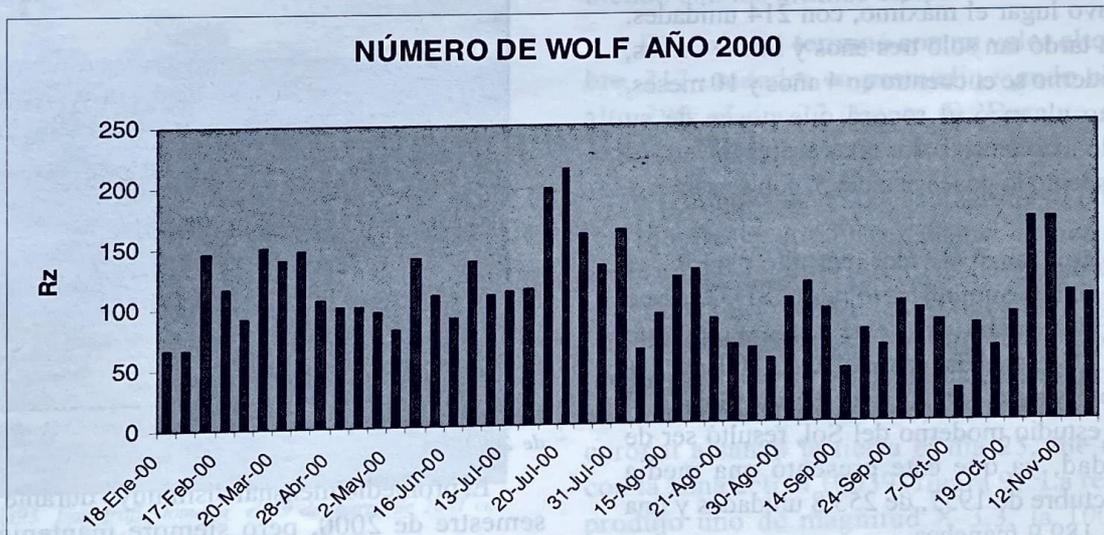


Figura 1. Número de Wolf para el año 2000. Observatorio Gimnasio Campestre.

Área de los grupos de manchas 2000-2001 NOAA <sup>5</sup>				
Año	mes	día	No	Área
2000	2	29	8882	1100
2000	3	2	8891	1030
2000	4	23	8970	1210
2000	5	15	8996	1280
2000	7	11	9077	1010
2000	9	19	9169	2140
2001	3	29	9393	2400

Tabla 2.

El año 2000 empezó con una importante explosión relacionada con el grupo 8858 en el mes de febrero.<sup>1</sup> Durante marzo se presentaron una serie de destellos relacionados con los grupos 8906, 8910 y 8913.<sup>1</sup> También se reportó una importante eyección de masa coronal (CME).<sup>5</sup>

El incremento en actividad solar se notó fuertemente desde el mes de marzo de 2000, (figura 1) cuando según las observaciones se sobrepasó  $R_z$  el valor de 100. En abril se presentó una gran eyección coronal que al llegar a la Tierra provocó auroras visibles en sitios con latitudes medias como Florida y Texas y generando una gran tormenta geomagnética.<sup>1</sup>

Durante los primeros días de mayo el número de regiones activas disminuyó apreciablemente. El día 6 de este mes el número de manchas bajo drásticamente apenas se observaron tres regiones activas.

En junio retomó el ascenso hasta el mes de julio del 2000 cuando tuvo lugar el máximo, con 214 unidades. Su culminación tardó tan solo tres años y nueve meses, el promedio moderno se encuentra en 4 años y 10 meses, sin embargo no alcanzó el record que posee de su antecesor, que lo hizo en solo dos años y diez meses. El incremento más lento lo posee el ciclo 5, con seis años y nueve meses.

El ciclo solar alcanzó el valor más alto para  $R_z$ , el día 20 de julio, el dato suministrado por el SIDC fue de 401 unidades.<sup>2</sup> La media para este mes, según esta entidad, fue de 236 manchas y para el año 2000, de 171 unidades. Al compararlo con el ciclo 19, que ha sido el más activo del estudio moderno del Sol, resultó ser de inferior actividad, ya que este presentó una media mensual para octubre de 1957, de 253.8 unidades y una media anual de 189.9 manchas.

Para la fecha del máximo, se observaron 13 grupos y se contaron 84 unidades. Cabe anotar que durante este período, nuestra estrella se promulgó en actividad, el día 14 de julio, el satélite SOHO<sup>6</sup> detectó una poderosa explosión y una gran eyección coronal, a la que se bautizó como "el efecto Bastilla", por coincidir con la famosa fecha histórica. Como resultado se generó una tormenta espacial con alto flujo de partículas energéticas, que duró más de dos días, produciendo daños de algunos satélites. Esta tormenta estuvo relacionada con la región 9077, (figura 2) la cual alcanzó un área de 1010 millonésimas, en ella cabían doce veces la Tierra.<sup>2</sup> Según datos suministrados por el SIDC (Tabla 1), el promedio para este mes alcanzó 236 unidades siendo el mayor de lo transcurrido del ciclo 23.

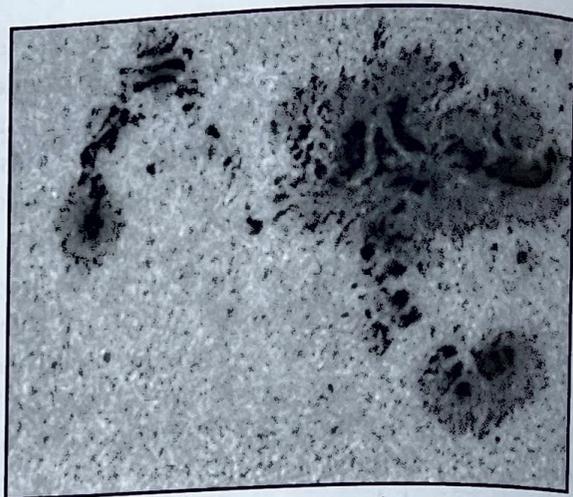


Figura 2. Grupo de manchas 9077. Tomada por NOAA. Julio 7 de 2000

A mediados de septiembre del año 2000 se desarrolló una región fácilmente visible, la 9169, que alcanzó 2140 millonésimas de la superficie solar (figura 3).

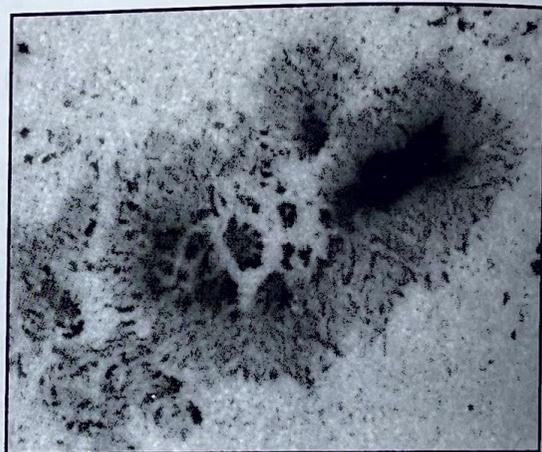


Figura 3. Grupo de manchas 9169. Tomada por NOAA. Septiembre 24 de 2000

El promedio mensual disminuyó durante el segundo semestre de 2000, pero siempre manteniéndose por encima de 130 unidades, incrementándose nuevamente en marzo de 2001, con 167 y abril con 163 unidades respectivamente.<sup>2</sup> Figura 4.

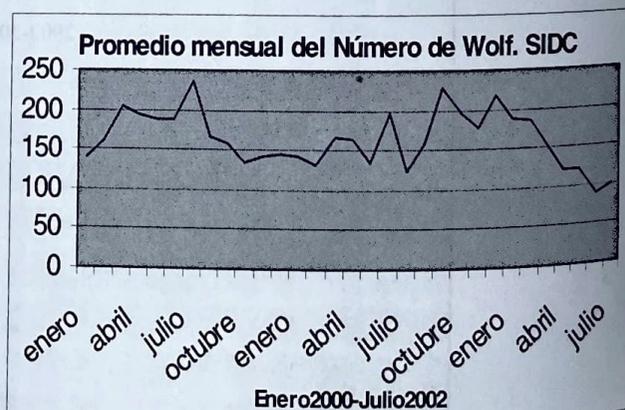
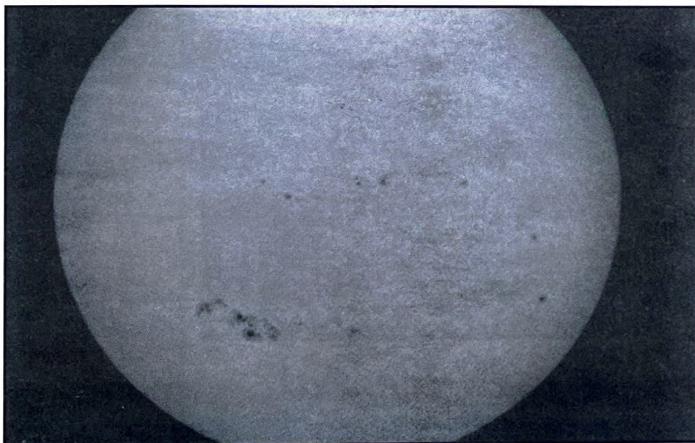


Figura 4. Promedio mensual del Número de Manchas entre Enero de 2000 y 2002 según SIDC<sup>2</sup>

La mancha más grande observada hasta la fecha de realización de este artículo, fue la llamada 9393, (figuras 5 y 6), siendo visible a finales de marzo del 2001 cuando llegó a tener 2400 millonésimas de la superficie solar, sin embargo no alcanzó el tamaño de las aparecidas en febrero y julio de 1947 que tuvieron 5202 y 4720 millonésimas de área respectivamente o de la número 6368, del ciclo 19, en noviembre de 1989 con 3600 millonésimas. La región 9393 fue responsable de numerosas destellos y eyecciones coronales una de las cuales produjo una importante tormenta geomagnética y generó auroras en sitios de latitudes medias como México. El grupo 9393 fue visible en una segunda rotación consecutiva distinguiéndosele con el número 9433, para desaparecer a principios de mayo. En el momento de mayor esplendor llegó a medir unos 200.000 Km. a lo largo, podríamos haber colocado 16 tierras una a continuación de la otra.<sup>5</sup>



**Figura 5.** Grupo 9393 Fotografía tomada el 29 de marzo de 2001 con un telescopio newtoniano de 4". Tomada por Cayetano Romero ASASAC



**Figura 6.** Grupo 9393 Fotografía tomada el 29 de marzo /2001. Telescopio Schmit-Cassegrain 8". Observatorio Gimnasio Campestre.

Esta región está relacionada con el destello más importante de este ciclo, ocurrido el 2 de abril, alcanzó una magnitud de X20 siendo el más intenso registrado, afortunadamente esta región no estaba en dirección de la Tierra, cuando ocurrió el suceso.

La actividad disminuyó en mayo y se elevó en junio, alcanzando un promedio para  $R_z$  de 196 manchas. El día 6 de junio se produjo una gran fulguración relacionada con la región 9484. Julio y agosto permanecieron bajos pero en septiembre llegó al segundo mayor valor del ciclo; el día 25, con 320 unidades y un promedio mensual de 229 unidades según el SIDC<sup>2</sup>.

Durante la observación se contaron trece grupos y treinta nueve manchas en total. Este incremento mostró claramente la naturaleza bimodal del ciclo (con dos crestas), tal y como ha venido sucediendo con los últimos ciclos.

El año 2001 terminó con un valor alto en diciembre, 217 unidades en promedio siendo el valor más alto 290, el día 27 (figura 4). Durante este mes la región 9280 fue la más interesante.

El número de manchas disminuyó (figura 8) ostensiblemente durante el primer semestre de 2002 alcanzando un promedio mensual de 88 unidades en junio. Para julio el promedio se elevó a 100 unidades (figura 4). Este mes se caracterizó especialmente por la aparición de cuatro grandes destellos, el mayor de ellos con magnitud X4.8, el 23 de julio, la eyección coronal alcanzó la tierra el día 25, fue relacionada con la zona activa 10039 (figura 9). La región 10036 produjo uno de magnitud X 3.3, la 10030 uno de magnitud X 3.3 y otro de X 1.7 tal vez los más importantes de este ciclo.

En la figura 10 se hace una comparación entre los datos observados y los suministrados por el SDIC entre julio y septiembre de 2002. La diferencia radica en el mayor número de manchas y poros observados al contar con un equipo con mayor aumento. En los períodos con  $R_z$  altos la diferencia se acentúa porque el número de poros pertenecientes a grupos tipo F y las manchas tipo A se incrementan y sólo son visibles con telescopios de mayor diámetro. También hay que tener en cuenta las condiciones meteorológicas al momento de la observación ya que la bruma o la alta nubosidad alteran las observaciones.

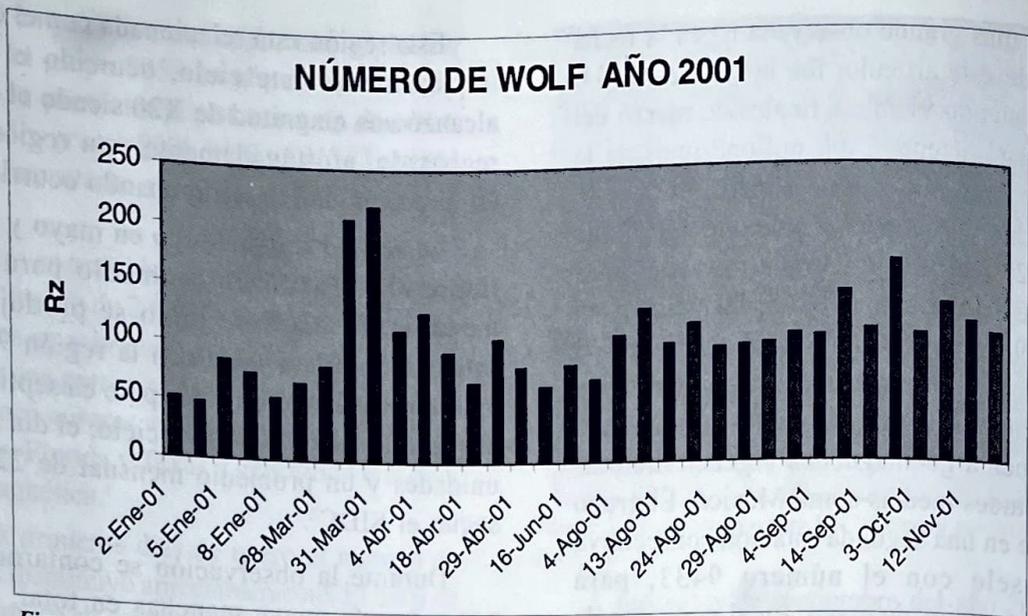


Figura 7. Número de Wolf diario para el año 2001. Observatorio Gimnasio Campestre.

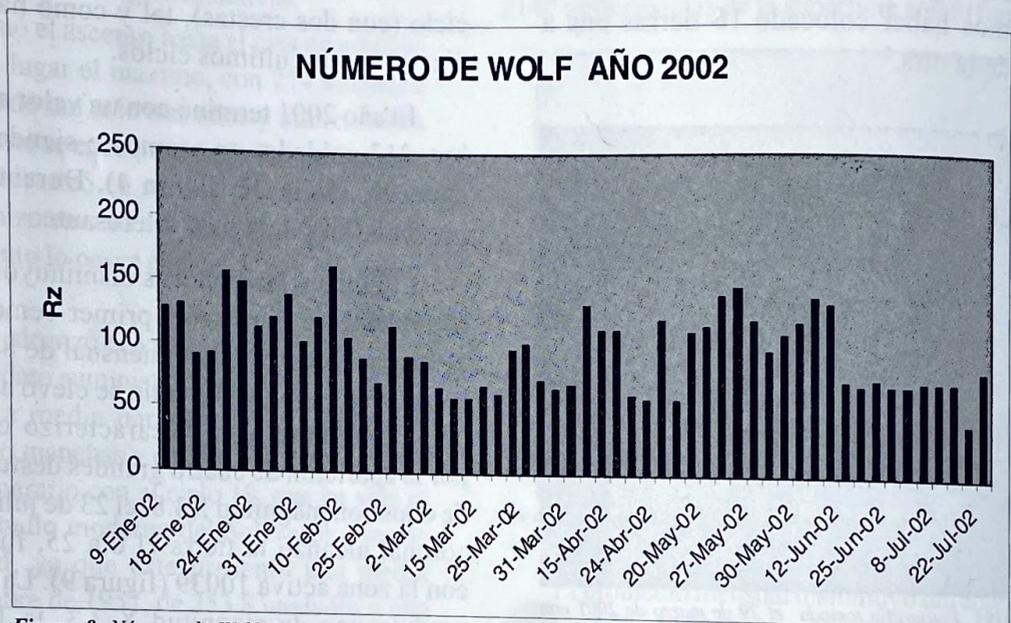


Figura 8. Número de Wolf para el periodo enero-julio de 2002. Observatorio Gimnasio Campestre.

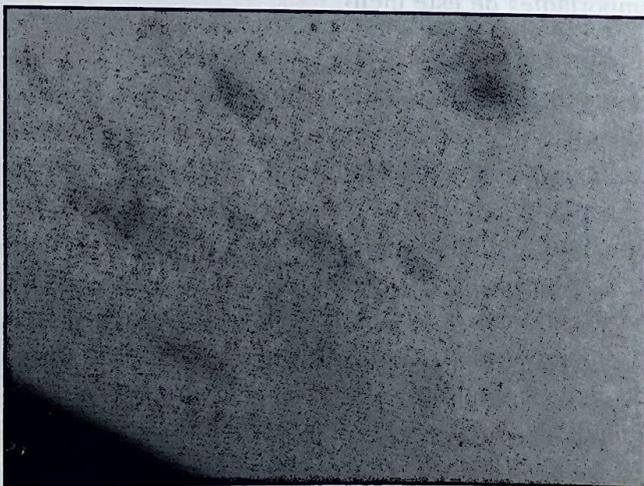


Figura 9. Grupo 10030. Observatorio Gimnasio Campestre.

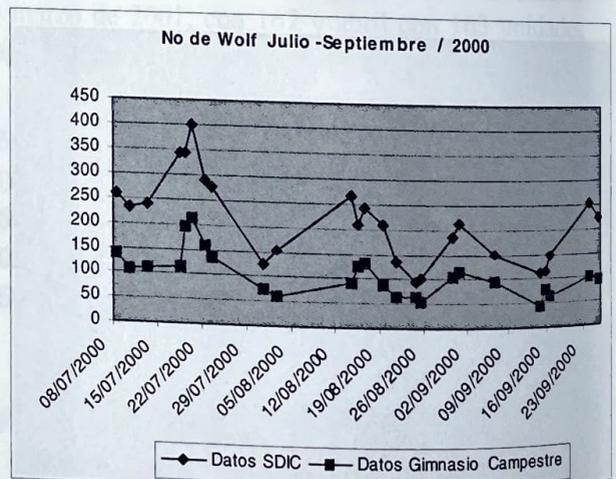


Figura 10. Comparación de las observaciones entre el SDIC y las del Observatorio del Gimnasio Campestre.

## ANOTACIONES SOBRE EL CLIMA

Los períodos del máximo solar se han caracterizado por tener algunos de las condiciones climáticas extremas, por ejemplo, 1861 posee el record de la mayor cantidad de lluvia caída durante un mes y durante un año, Australia 1980, cayeron 114 mm y en India, 2647 mm de agua en 1860.

Durante el período del máximo solar se recogió información sobre el notorio incremento de las precipitaciones alrededor del mundo. Algunos de estos registros climáticos se presentan en la tabla 3 son:

El Estudio de las manchas continuará realizándose para observar la evolución de las regiones activas a través

de los años convirtiéndose en una línea de investigación, que se complementará con un proyecto de radio astronomía solar. También sirve de base para otros estudios que se pueden realizar en torno a la clasificación y al área de las manchas solares.

## BIBLIOGRAFÍA

1. *Solar activity reports. Big Bear Observatory:* <http://www.bbso.njit.edu/>
2. *Centro de datos del índice solar SDIC.* <http://sidc.oma.be/>
3. *CNN Weather.* [www.cnn.com](http://www.cnn.com)
4. *Los ciclos del sol, Moreno F, García E, El Astrolabio, Gimnasio Campestre, volumen 2, febrero 2000, páginas 66-69*
5. *National Oceanic and Atmospheric Agency .* <http://www.sec.noaa.gov>
6. *SOHO,* <http://sohowww.nascom.nasa.gov/>

FECHA	FENÓMENO
Diciembre 1999	Grandes inundaciones en Venezuela
Febrero 2000	El peor invierno en Mongolia en cien años
Abril 2000	Peor inundación en Rumania en cien años
Mayo 2002	Fuertes lluvias en Uganda y Kenia
Junio 2002	La peores inundaciones en el sur de Chile en más de un siglo
Junio 2002	Grandes inundaciones en el sur de China. Cien millones de personas afectadas .
Junio 2002	El peor incendio forestal en la historia del estado de Colorado
Julio 2002	Nevadas y temperaturas de -20 °C en el sur del Perú
Julio 2002	Las peores inundaciones en la república Checa en 170 años

Tabla 3. Algunos fenómenos climáticos relevantes durante el máximo solar.