

Actividad solar y su impacto en la Tierra desde diciembre 2013

**Miguel Herraiz Sarachaga^{1,2}
Francisco Sánchez-Dulcet¹**

- 1. Departamento de Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica I
Universidad Complutense de Madrid***
- 2. Instituto de Geociencias (UCM,CSIC)***

Un año más ...

- 24 de Marzo, 2011: I Jornada Técnica de Clima Espacial
29 de Mayo, 2012: II Jornada Técnica de Clima Espacial
26 de Noviembre, 2013: III Jornada Técnica de Meteorología Espacial
24 de Marzo, 2015: IV Jornada Técnica



IV Jornada Técnica sobre:
Sistemas de alerta de fenómenos peligrosos inducidos por anomalías en la magnetosfera-ionosfera debidas a la actividad solar

Madrid, 24 de marzo de 2015

MINISTERIO DEL INTERIOR
DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y EMERGENCIAS

CICLO SOLAR 24

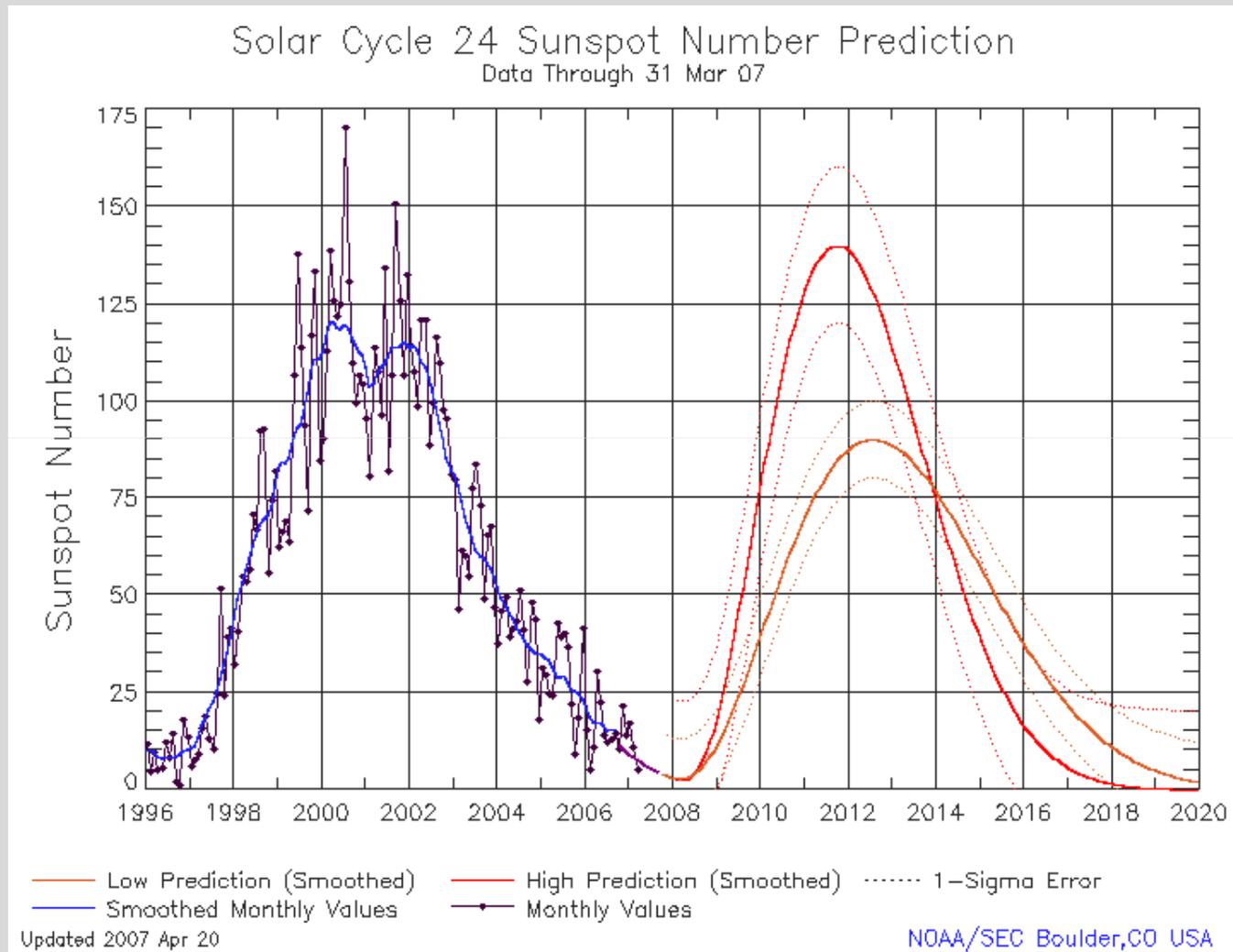
(enero 2008 - enero 2019)

Evolución desde el 1 de diciembre de 2013 hasta el 20 de Marzo de 2015

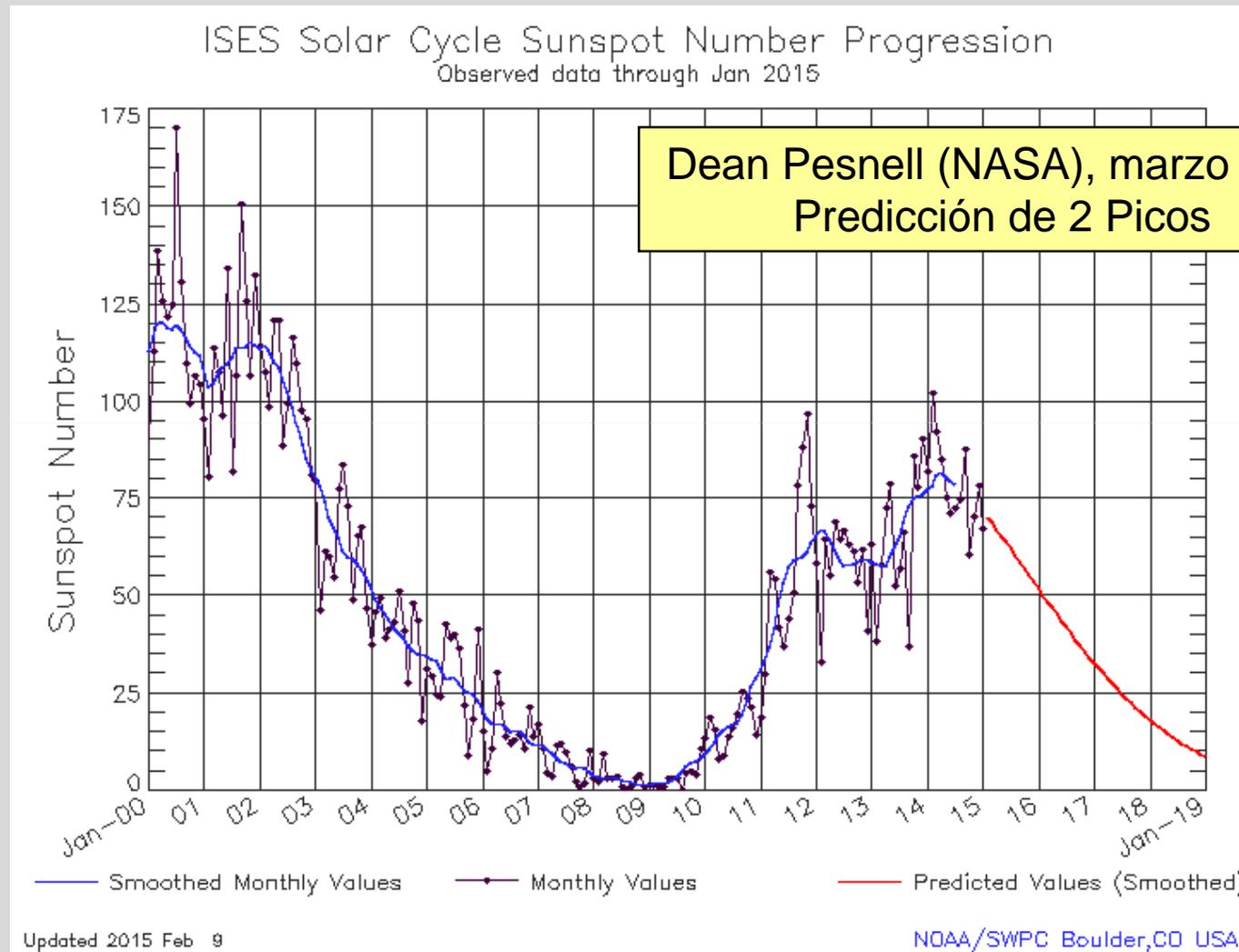
Principales rasgos del comportamiento solar

Breve comentario sobre la actividad científica

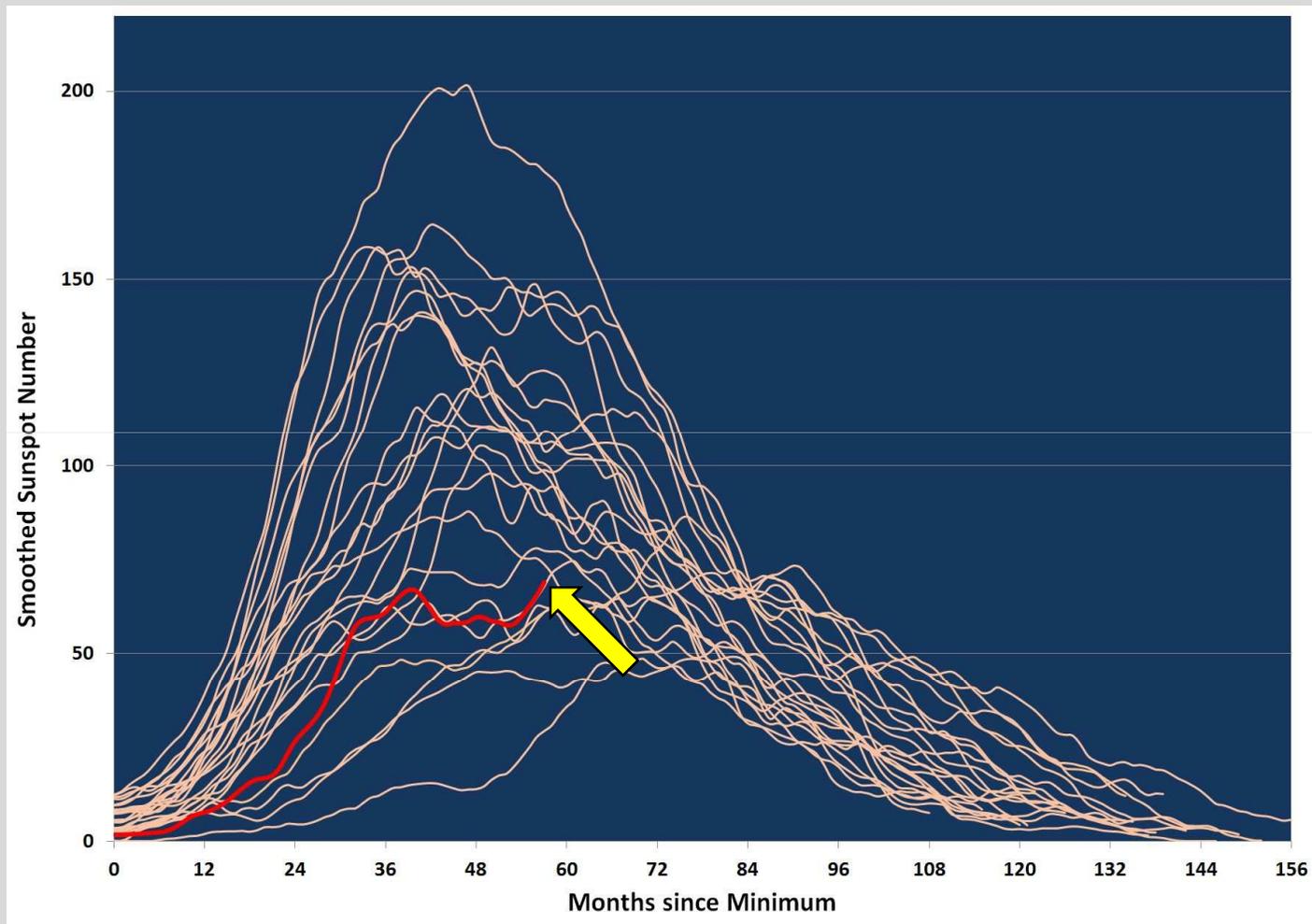
Predicción Ciclo 24



Evolución del Ciclo 24



Todos los ciclos (ciclo 24 en rojo)



Ron Turner

Madrid, 24 de Marzo de 2015

Pequeño recordatorio sobre la actividad solar

Fulguraciones Solares: Clases A,B,C,M,X en función de la densidad de potencia de la radiación entre 1 y 8 Å, medida en Watt/m² por el satélite GOES. Vinculadas a Regiones Activas, AR.

Cada nivel tiene 10 veces más energía que el anterior. A es el mínimo y X el máximo. Dentro de cada nivel (excepto en X) se distinguen 9 subniveles.

Las de clase M ya son capaces de producir apagones de radio medios o moderados y perturbaciones ionosféricas.

Nuestra atención se limita a las fulguraciones M y X.

No consideramos otras expresiones de la actividad solar muy importantes como los agujeros coronales y los filamentos.

Algunas fulguraciones se relacionan con Eyecciones de Masa Coronal,
EMC

Y algunas de estas EMCs generan Tormentas Geomagnéticas

Para ello:

La fulguración debe ser muy energética (Clase M ó X)

Debe estar dirigida hacia la Tierra y alcanzarla

La componente Z del IMF arrastrado por el viento solar debe ser negativa
y presentar fluctuaciones temporales

ESCALA NOAA

G1 (Menor. 1700 por ciclo. Kp=5)

G2 (Moderada. 600 por ciclo. Kp=6)

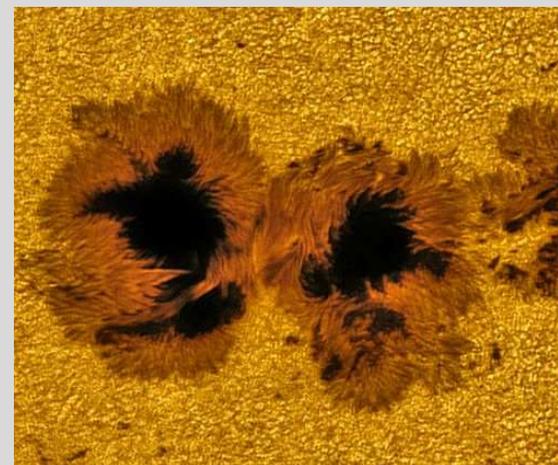
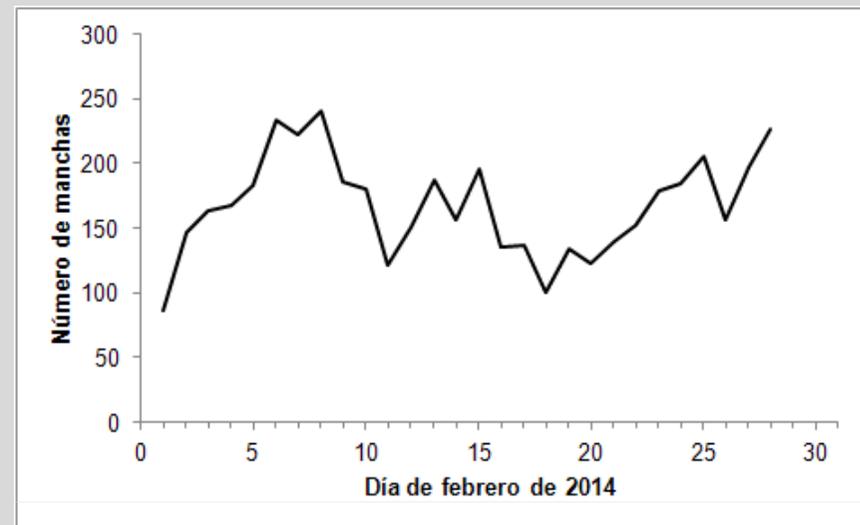
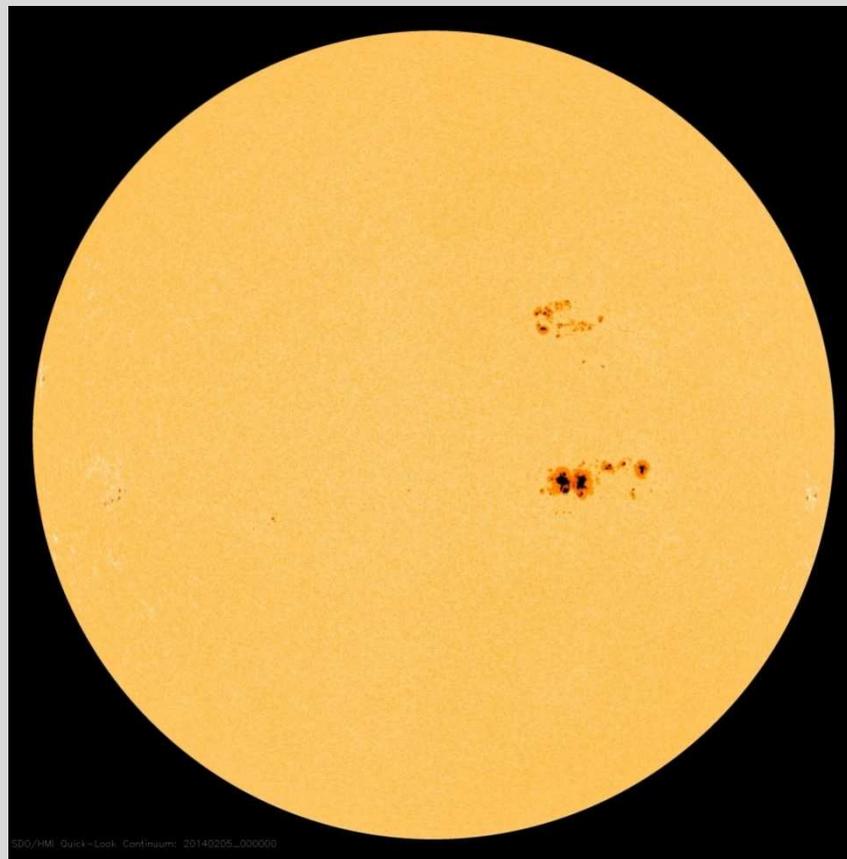
G3 (Fuerte. 200 por ciclo. Kp=7)

G4 (Severa. 100 por ciclo. Kp=8)

G5 (Extrema. 4 por ciclo. Kp=9)

FEBRERO 2014

Día 1: AR1967, M6



Madrid, 24 de Marzo de 2015

FEBRERO 2014

Día 1: AR1967, M6

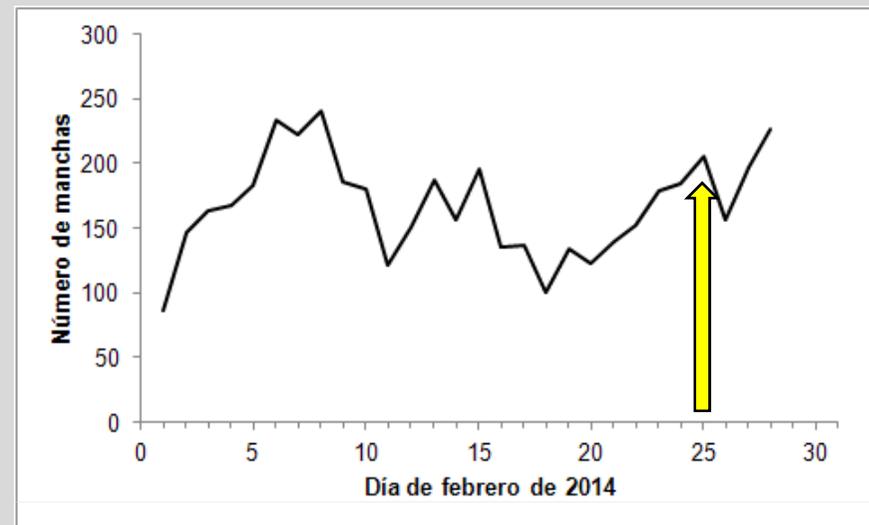
8 de febrero. Varias regiones activas

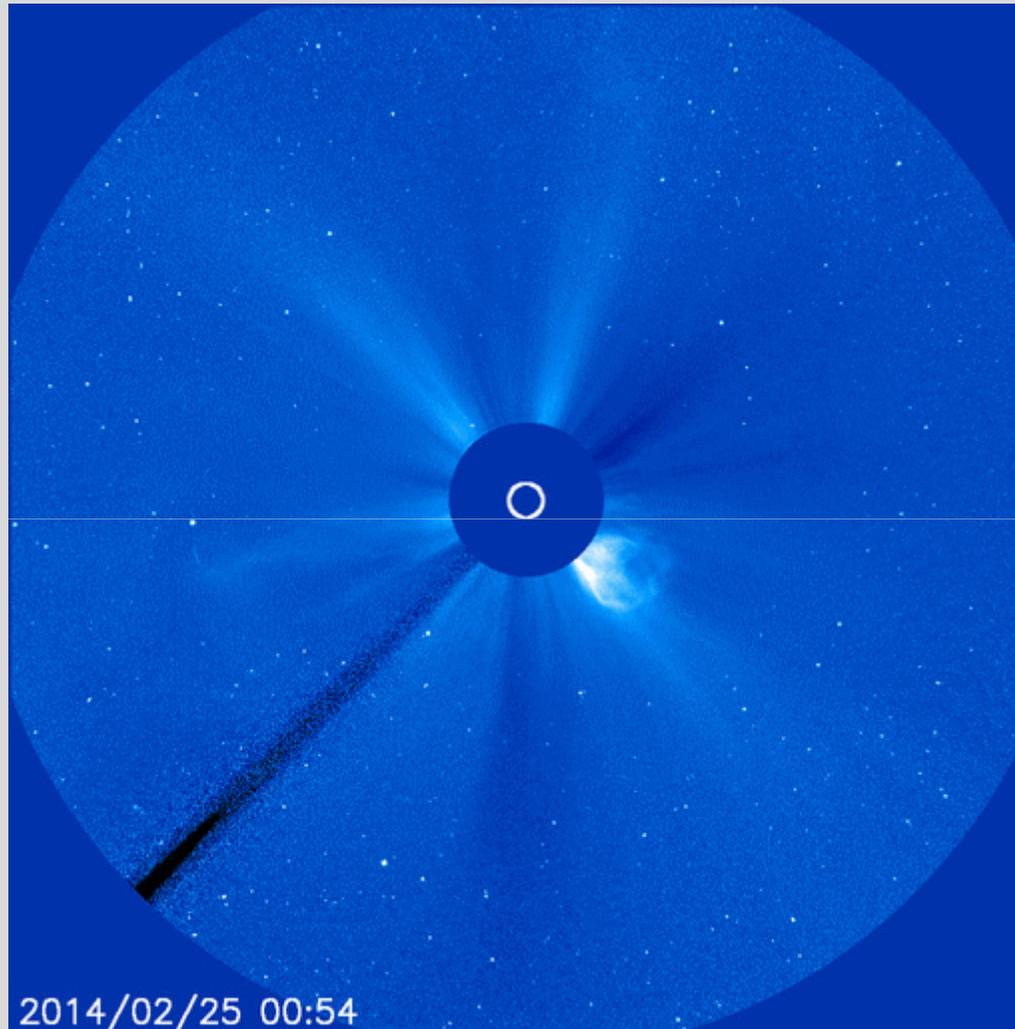
Día 19: aviso del Servicio de Vigilancia de la Universidad de Alcalá: fuerte variación de Dst.

Sucesivas llegadas de EMCs. Tormenta G2

Día 25: AR 1967 Fulguración **X1.4**

Día 27: Tormenta G2





2200 km/h

SOHO

Madrid, 24 de Marzo de 2015



Islandia, 27 febrero

Programa de TVE 28 de febrero



Luis Sánchez-Duarte
Ismael Pellejero
Benjamín Montesinos

MARZO 2014

Publicación del artículo:

“Observations of an extreme storm in interplanetary space caused by successive coronal mass ejections”

Ying D. Liu et al., March, 18, 2014.

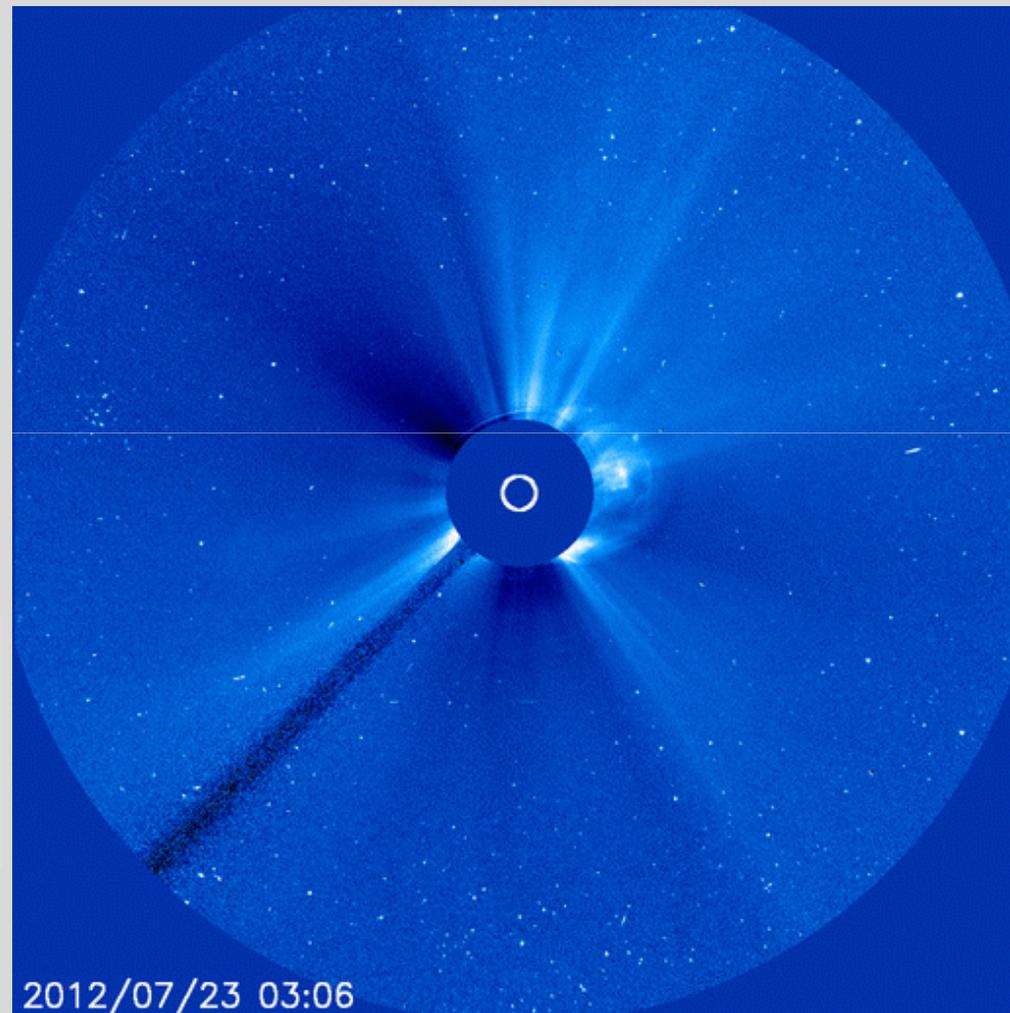
Nature Communications, 5,

doi:10.1038/ncomms4481

“ A major solar eruptive event in July, 2012”

Baker et al.

Space Weather, December 2013



Madrid, 24 de Marzo de 2015

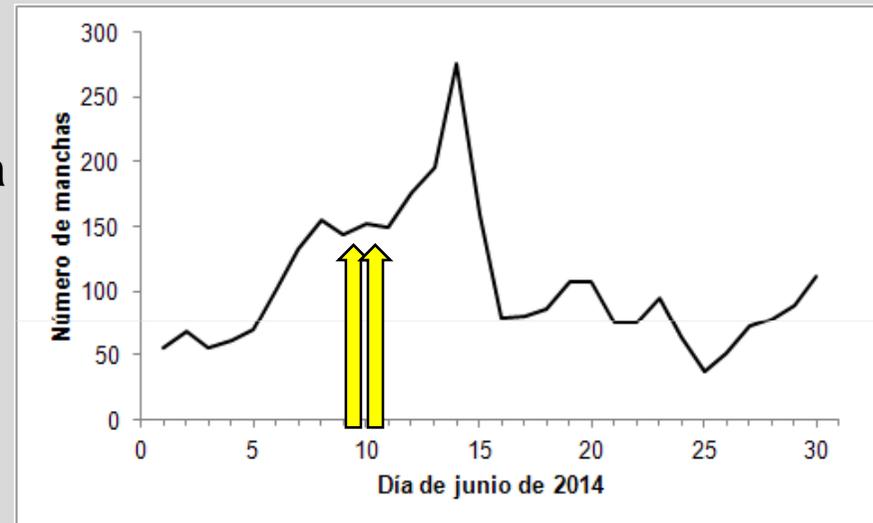
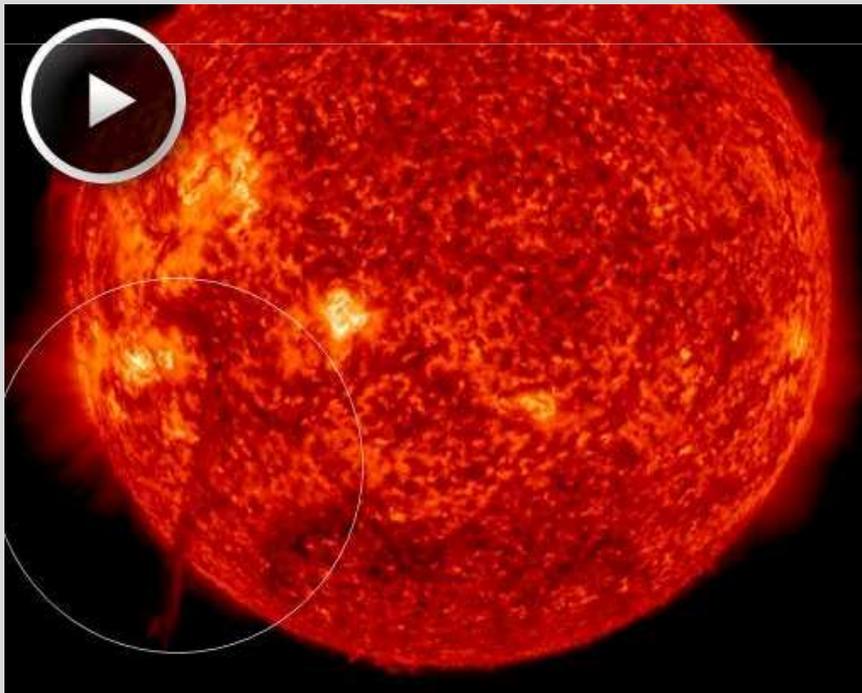
JUNIO 2014

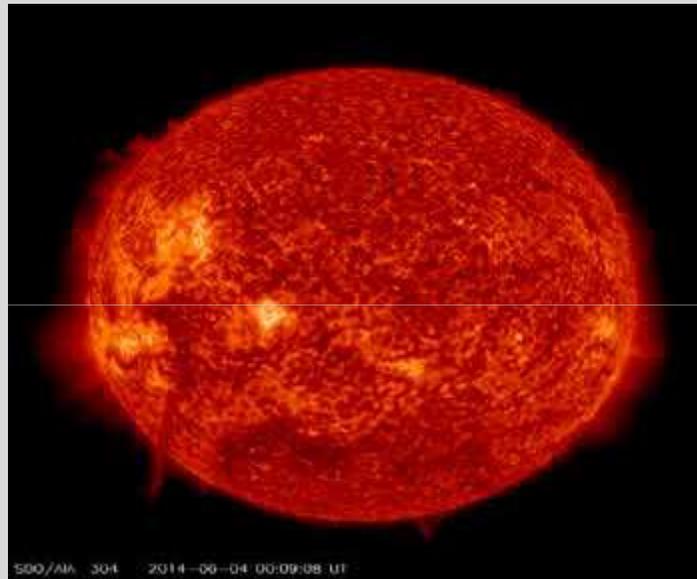
Fuerte actividad los días 10 (**X2.2** y **X1.5** separadas una hora), 11 (M3 y **X1.0**), 12 (2M3) y 13 (M2).

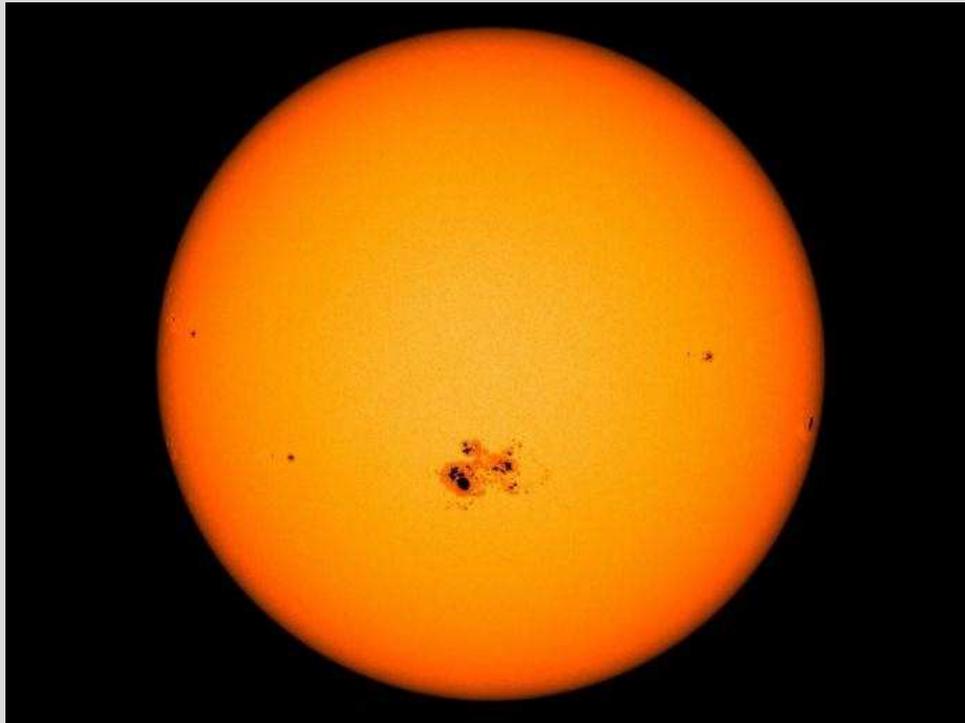
Actividad M1 los días 3, 4, 14, 15, y 16.

Tranquilidad a partir del 19.

El día 5 un filamento gigante origina una EMC.





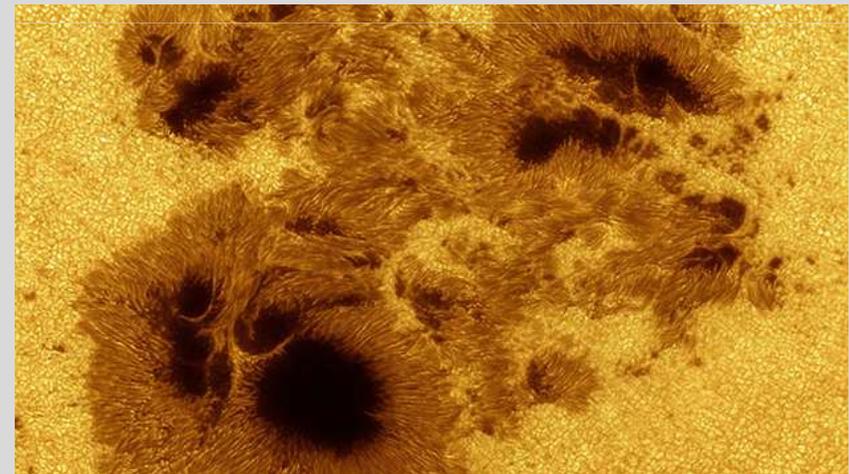


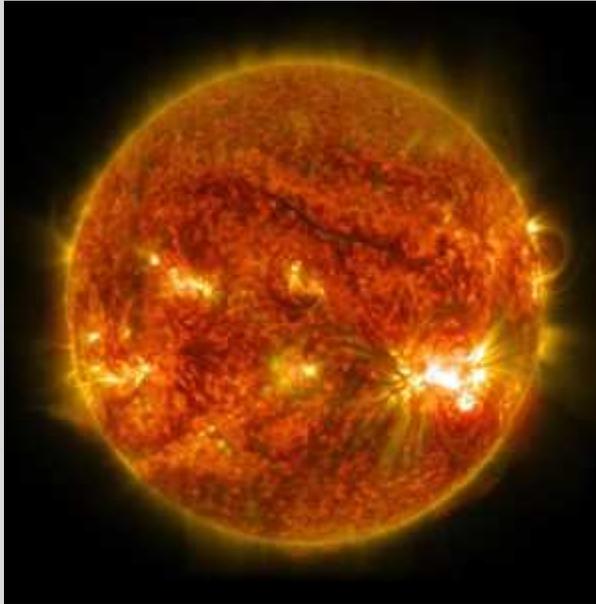
AR2192. La mayor mancha desde noviembre de 1990 y, hasta esa fecha, la más activa del ciclo 24

Diámetro de 125000 km.
30 veces el de la Tierra

OCTUBRE 2014

El periodo 19-28 está caracterizado por la acción de la región activa AR2192



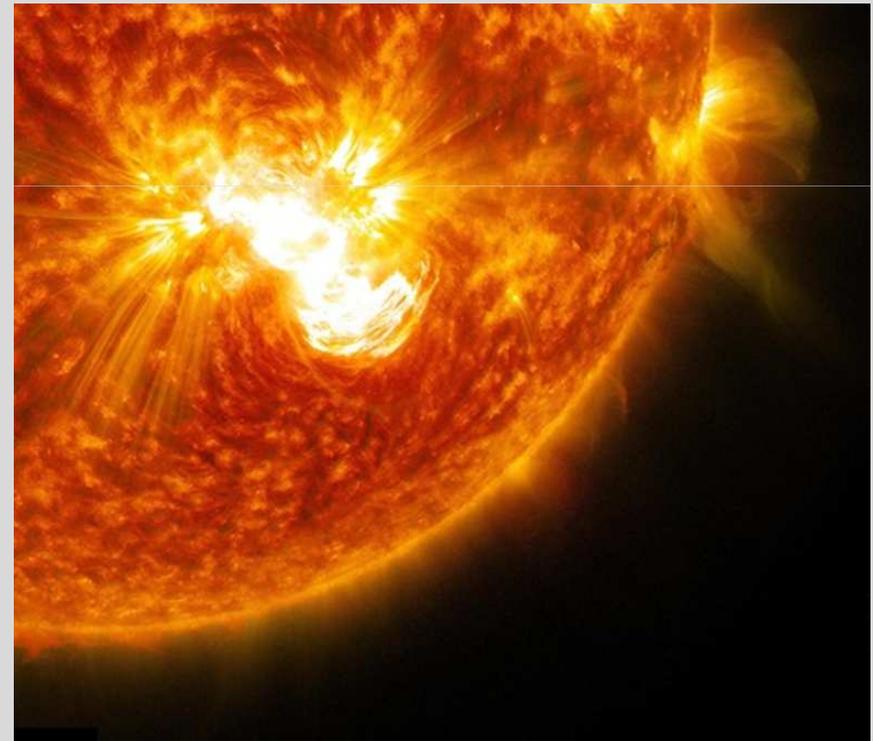


AR2192

Emitió en el intervalo 19-28 octubre 6 fulguraciones de clase **X** (incluso una **X3** el 24 de octubre) pero ninguna acompañada de EMC efectiva.

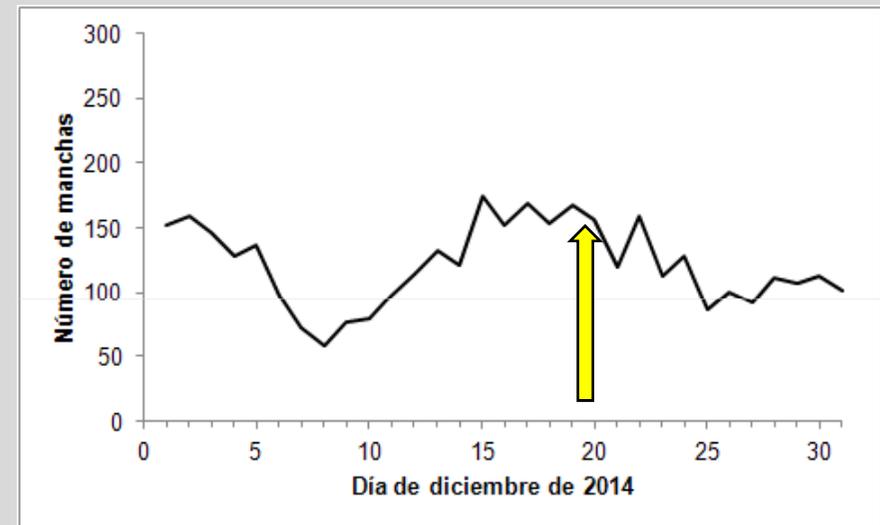
Impacto de $K_p=4$

Episodio de octubre



DICIEMBRE 2014

Mes con actividad continua que alcanza su máximo el 20 con una fulguración **X2**.
Actividad muy importante en el intervalo del 17 al 22. El día 17 hay tres EMCs seguidas de valores M1, M1.5 y M8.7.
Además Valores de M1 los días 1, 5, 13, 19, 20, 21 y 22; M2 el día 27 y M6 el 4 y el 18.



15 Diciembre

SeNMEs

Home Contacto

Servicio Nacional de Meteorología Espacial

OBSERVACIÓN
PREDICCIÓN
I+D+i
QUIÉNES SOMOS
QUÉ ES LA METEOROLOGÍA ESPACIAL

Condiciones actuales del tiempo espacial

[Último informe](#)

R Sentinel
Radio Blackout

S Sentinel
Solar Proton

G Sentinel
Geomagnetic Storm

C Sentinel
Ionospheric Current

Entidades participantes

Este portal está siendo financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad a través del proyecto AYA2013-47735-P.

Observación

Visualización de gráficos en tiempo real con los datos más recientes de los observatorios españoles y de otras instituciones colaboradoras de este portal nacional.

Predicción

Acceso a las condiciones de tiempo espacial previstas para las próximas horas en base a los modelos de predicción desarrollados por los equipos de investigación participantes en este portal, prestando especial atención a lo que sucede en España.

Investigación

Reseña de la investigación relacionada con la actividad solar y sus efectos en el entorno terrestre que llevan a cabo los equipos de investigación participantes y acceso a sus publicaciones más recientes.

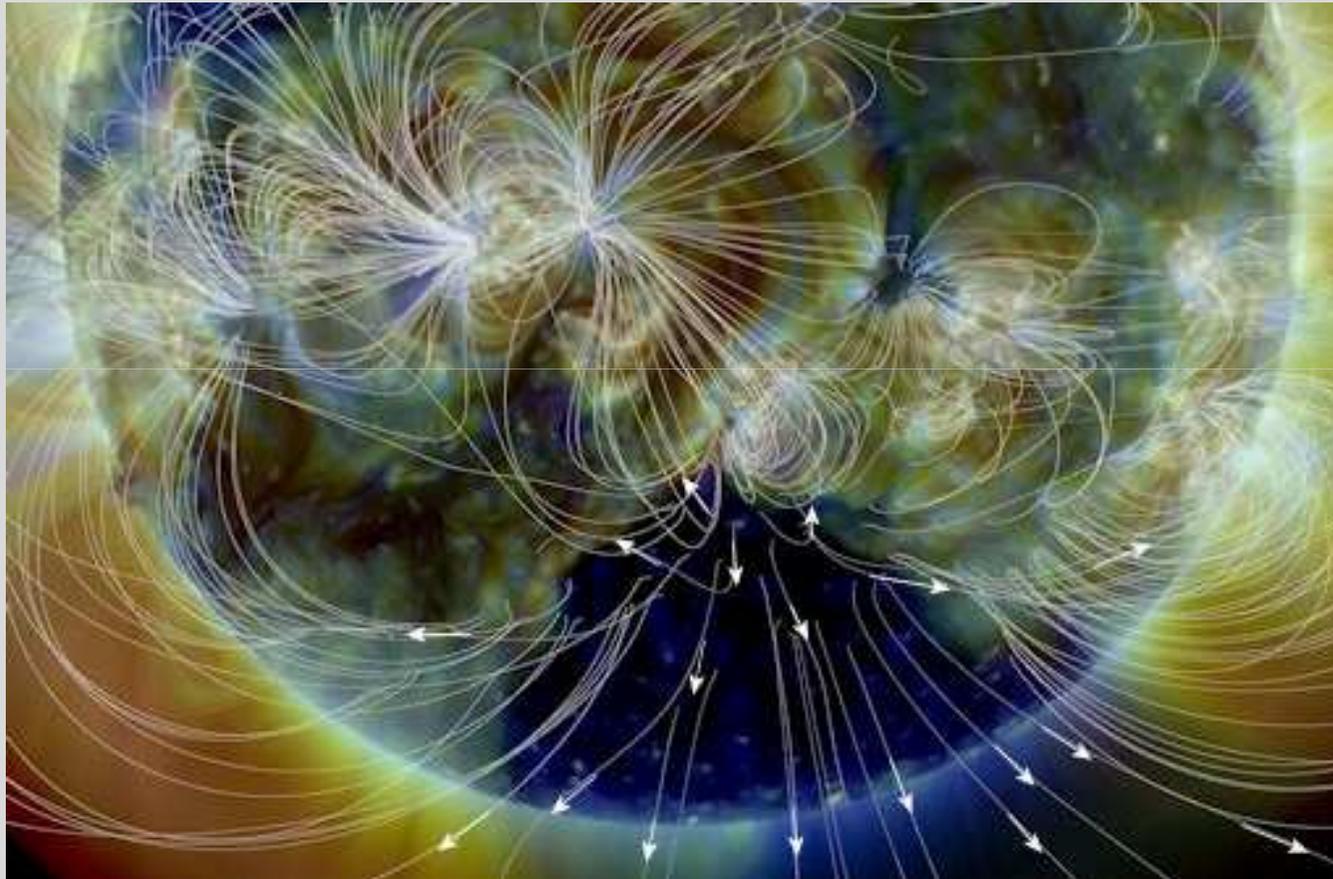
Saber más

Material de información que ayuda a profundizar en el mundo de la Meteorología Espacial, la actividad solar, el magnetismo terrestre y mucho más.

Madrid, 24 de Marzo de 2015

1 de enero de 2015

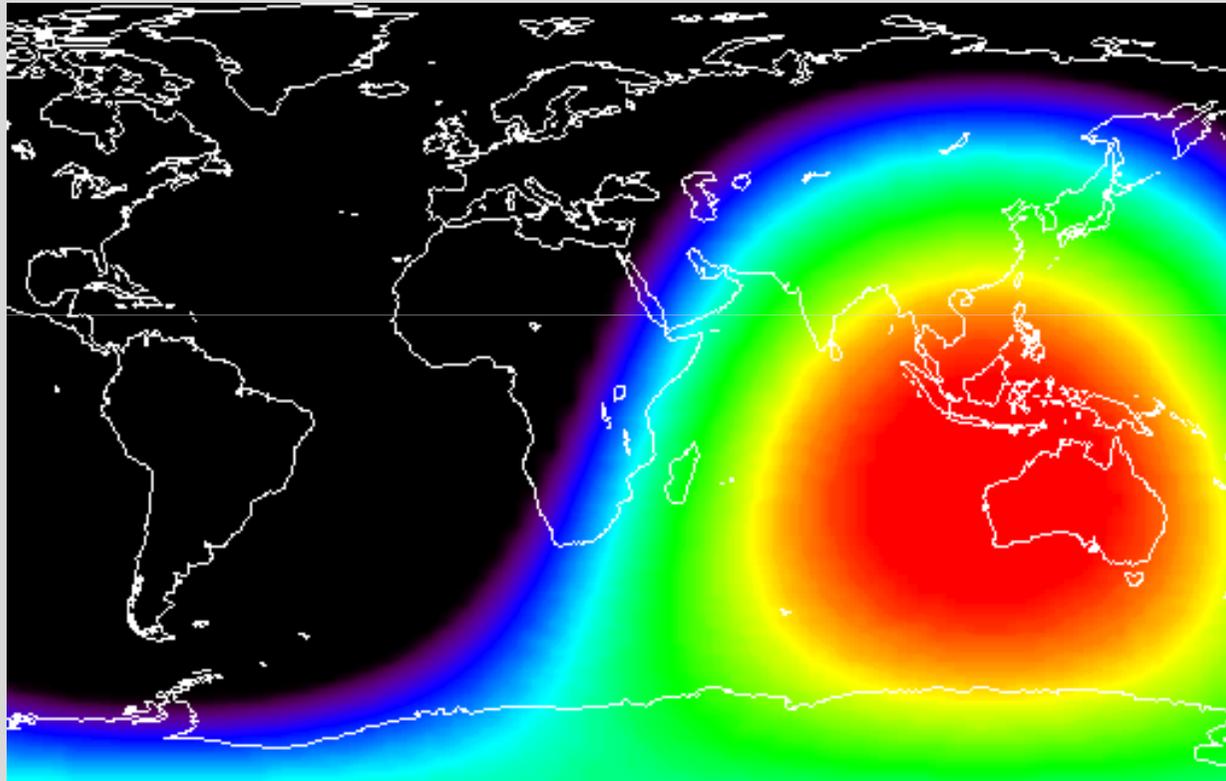
Gigantesco Agujero Coronal en el hemisferio sur



Madrid, 24 de Marzo de 2015

13 de enero de 2015

Breve bloqueo para frecuencias inferiores a 10MHz en las zonas señaladas, generado por una fulguración M5.



Madrid, 24 de Marzo de 2015

FEBRERO 2015

Observatorio Clima Espacial Profundo (DSCOVR).

Enviado el 11 de febrero

En 150 días llegará a L1. Acompañará al ACE, en operación desde 1997, y al WIND, en servicio desde 2014 pero lanzado diez años antes.



MARZO 2015

12 de Marzo. Lanzamiento de la MMS (Magnetospheric Multiscale Mission)

Estudio de la
reconexión magnética
mediante 4 satélites
idénticos

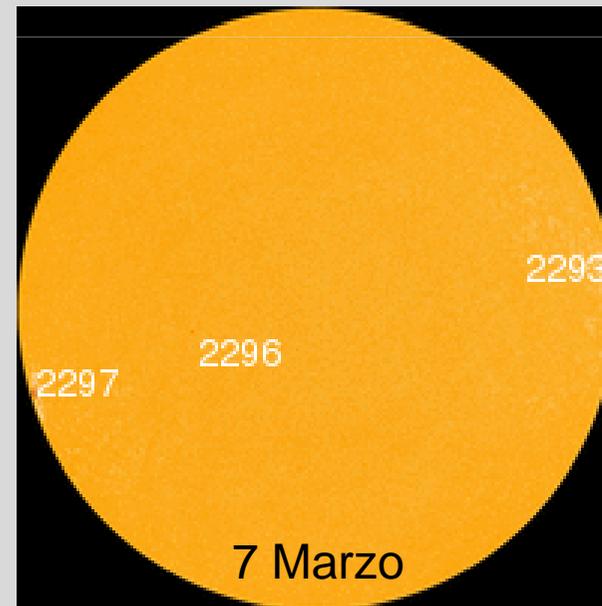
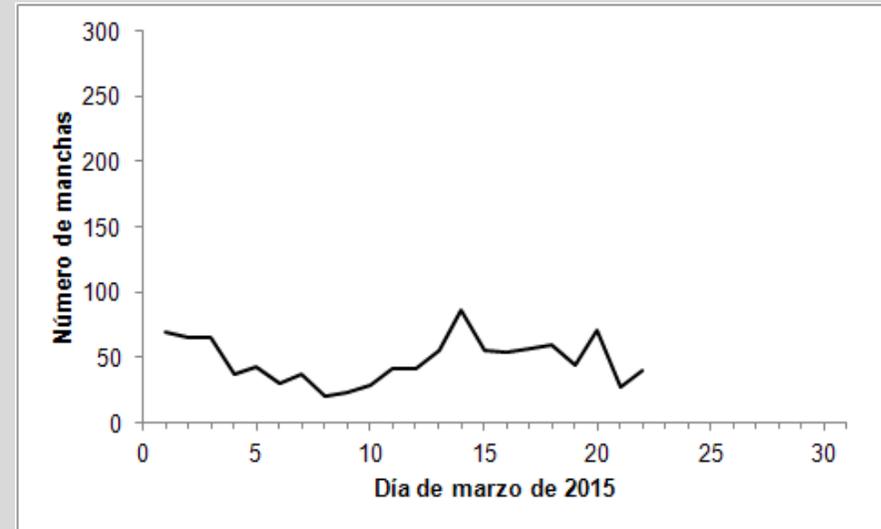


MARZO 2015

Gran Actividad

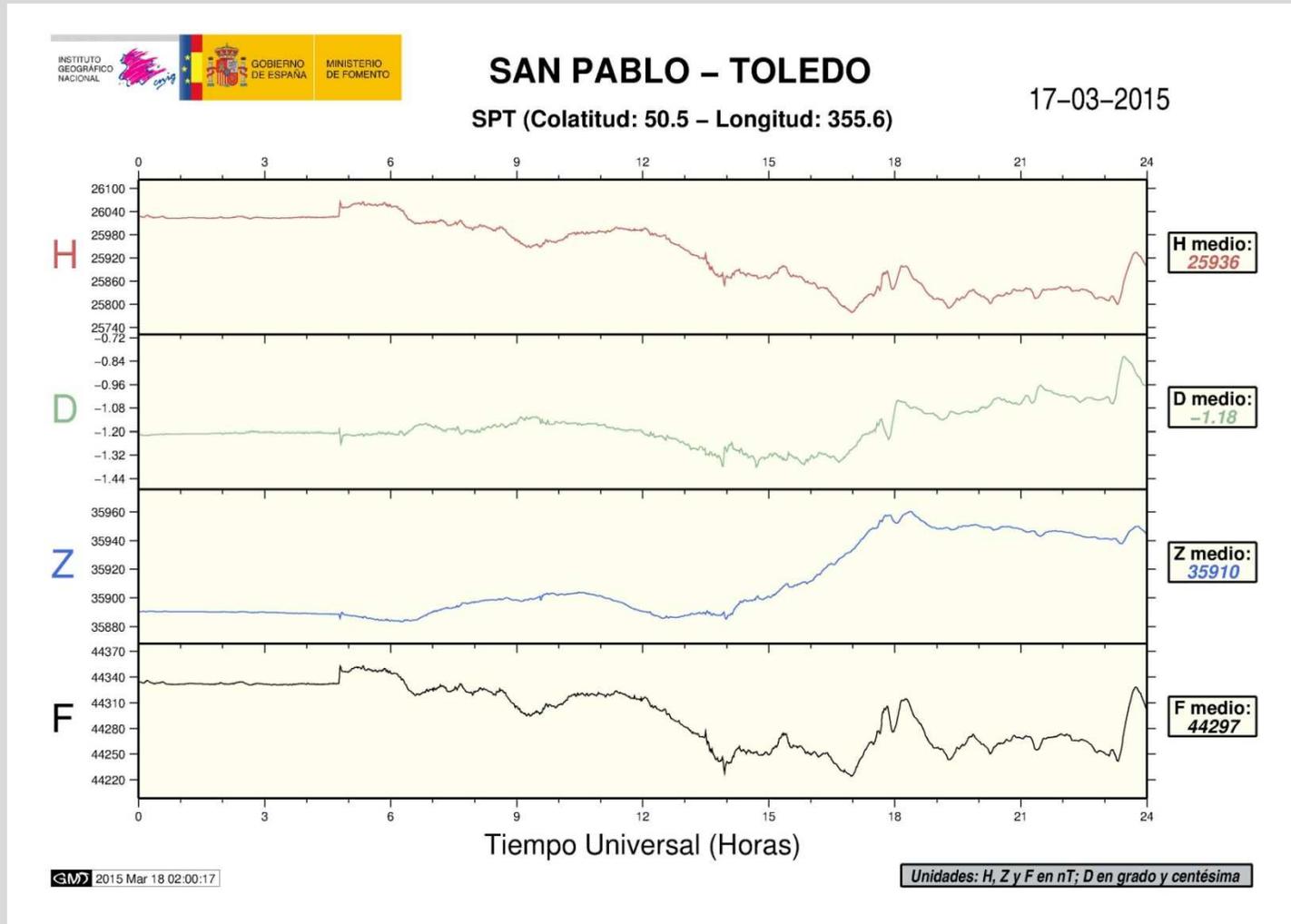
Día AR2990

- 1: Tormenta G1
- 2: Fulguración M3
- 3: Fulguraciones M4,M8
AR2297
- 5: Fulguración M1
- 6: Fulguración M3
Aparece AR2297
- 7: Fulguración M9
- 9: Fulguración M5
- 10: Fulguración M5
- 11: Fulguración **X2**
- 12: Fulguraciones M2, M4
- 13: Fulguración M1
- 15: Fulguración C9 y
Filamento
- 16: Fulguración M1

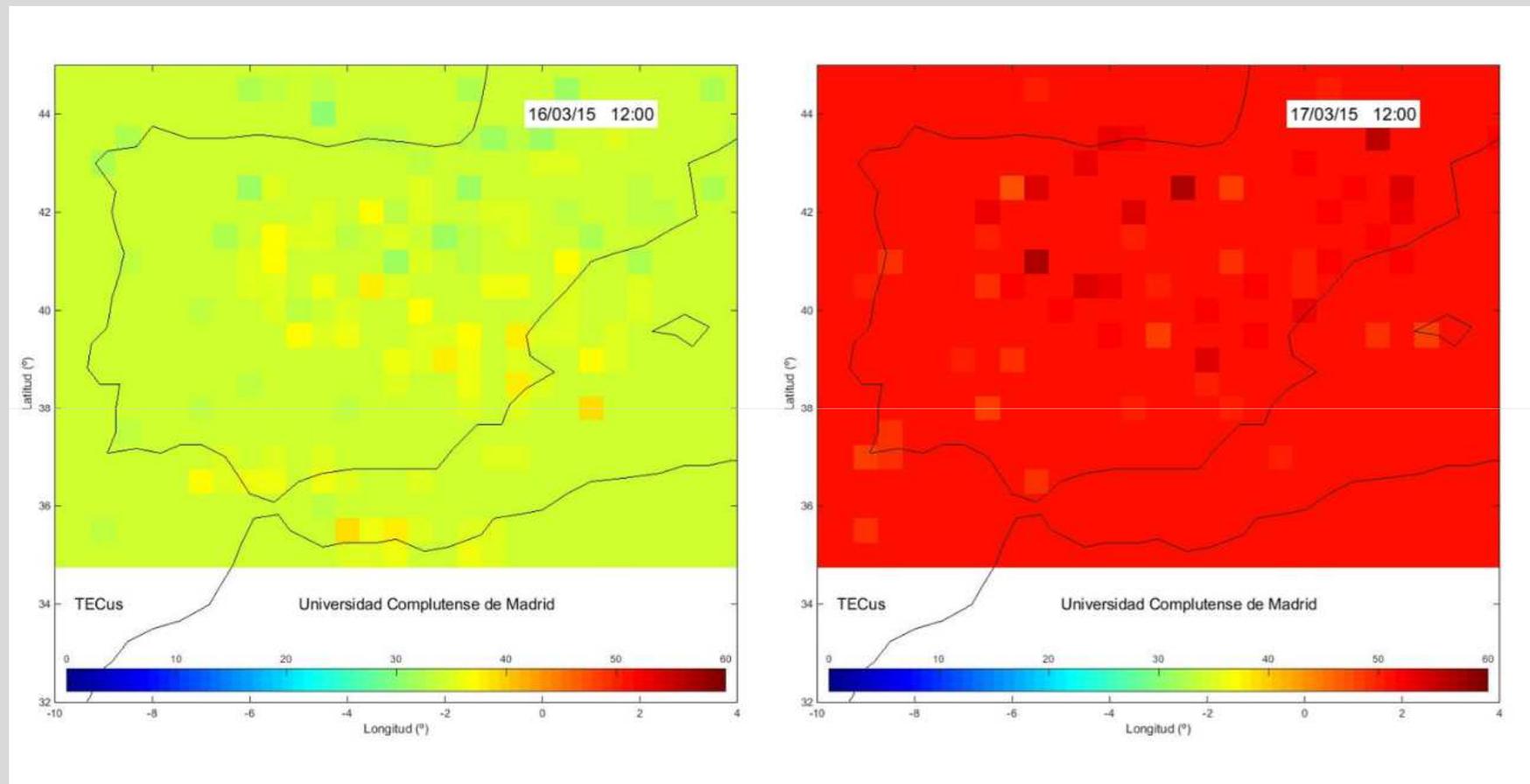


Madrid, 24 de Marzo de 2015

Día 17: Tormenta de San Patricio, G4



Día 17: Tormenta de San Patricio, G4



Estado de la ionosfera los días 16 y 17
Universidad Complutense

Madrid, 24 de Marzo de 2015

Día 17: Tormenta de San Patricio, G4



17 Marzo 2015, 17:30 hora local española (GMT+1)

Hoy día 17 de marzo hay 3 regiones activas (AR). En los últimos días ha habido varias fulguraciones de clase M (o casi M) asociadas a la región activa AR 12297. Una CME halo fue eyectada a la 01:45 del día 15 con una velocidad de 800 km/s, provocando sucesos de partículas; además de otra más a las 00 UT del día 16. También se han observado en AIA diferentes erupciones durante el día 16: una a las 11 UT en el norte de AR 12297; otra a las 15 UT, con erupción de filamento de los sistemas del hemisferio sur, y otra más a las 21 UT, coincidiendo con una fulguración en la misma región activa. Los datos del coronógrafo LASCO presentan varios intervalos de ausencia de datos. Seguimos a la espera de disponer de esos datos para mejorar la información.

Un agujero coronal alargado en el hemisferio norte solar, un gran agujero coronal polar en el polo sur solar, además de los sistemas filamentosos del hemisferio sur solar y los más pequeños del norte solar son los rasgos principales observados en el disco. La velocidad del viento solar que llega al satélite ACE es aproximadamente 600 km/s y la intensidad del campo magnético interplanetario es del orden de 20 nT, con una importante componente sur.

A las 04:05 UT de hoy se observó un choque interplanetario (IP) sobre el ya rápido viento solar. El choque IP precede la nube magnética que ha resultado de la CME halo a la 01:45 UT del día 15 y que se observa a partir de las 12:30 UT de hoy. Durante el paso de la nube magnética el campo magnético presenta una importante componente sur, lo que está provocando una segunda tormenta geomagnética que, en España, por el momento, ha alcanzado 150 nT, aunque su intensidad podría aumentar en las próximas horas. Es preciso destacar que se han producido derivadas del índice LDiñ que han superado las 20 nT/min.

El servicio de predicción de la Universidad de Alcalá ha producido alerta a las 05:24 UT y a las 12:13 UT, anticipándose de esta forma las dos caídas del índice LDiñ, así como del índice Dst.

Los valores alcanzados por el índice LDiñ y de su derivada temporal indican que podría haberse producido algún efecto no deseado en los sistemas afectados por la meteorología espacial tanto en la superficie terrestre como en la ionosfera.

Las condiciones actuales del viento solar indican que el índice LDiñ podía presentar nuevos descensos. Asimismo, la sucesión de eyecciones producidas en el Sol tras la del día 15 a la 01:45 UT, si alcanzan el entorno terrestre, lo alcanzarán ya alterado, pudiendo producirse alteraciones importantes en los próximos días.

© Servicio Nacional de Meteorología Espacial (SeNMEs)

Madrid, 24 de Marzo de 2015

Actividad Científica

¿Cuál ha sido la aportación de las instituciones españolas en este tiempo?

Seguimiento de la actividad geomagnética: Observatorios del Ebro, El Arenosillo (INTA), San Pablo de los Montes (IGN) ...

Difusión de la información: SeNMEs, Protección Civil, Páginas Web ...

Investigación: Universidades de Alcalá, Complutense, Observatorio del Ebro ...

Fruto de esto ...

10 Artículos publicados en revistas del JCR y 9 en otras revistas con referee

2 Libros publicados

27 Comunicaciones en Congresos Nacionales e Internacionales

1 Tesis Doctoral leída y 3 en proceso

4 Trabajos Fin de Máster presentados y 2 en proceso

2 Proyectos de Investigación iniciados

Puesta en marcha del SeNMes

Intensa labor divulgativa a través de Semanas de la Ciencia, Conferencias, blogs, entrevistas, etc.

Conclusiones I

La evolución del Sol en esta etapa confirma que el Ciclo 24 tiene poca actividad, presenta dos máximos y ha alcanzado ya su nivel más alto.

En el periodo considerado y hasta el episodio de marzo de 2015, han tenido lugar **17** fulguraciones clase **X**, no todas ellas relacionadas con EMCS Geoeffectivas. La tormenta geomagnética más importante ha sido la del Día de San Patricio (17 de Marzo) de este año que alcanzó G4

Además de este episodio de marzo, hay que destacar la actividad ocurrida en febrero, agosto y, en particular, del 19 al 30 de Octubre de 2014, periodo en el que hubo **6** fulguraciones clase **X** originadas por la región activa AR2192. Sus efectos en la Tierra fueron muy reducidos.

Buena parte del impacto tecnológico de los fenómenos ocurridos desde la última Jornada consistió en perturbaciones en la transmisión de ondas de frecuencia inferior a 20MHz.

Conclusiones II

En estos 16 meses ha habido importantes aportaciones científicas, tanto en los equipos de observación (satélites IRIS, DSCOVR, MMS) como en el conocimiento y la comprensión de los fenómenos.

La respuesta de las instituciones mencionadas y de la comunidad científica española que trabajan en este campo ha sido significativa en todos los ámbitos: investigación, docencia y divulgación.

El conocimiento del tema por parte de la sociedad española ha crecido notablemente en los últimos 16 meses.



Madrid, 24 de Marzo de 2014