

CONACYT

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología



IGUM

INSTITUTO de GEOFÍSICA
Unidad Michoacán



AEM

AGENCIA
ESPACIAL
MEXICANA



SCiESMEX

Servicio de Clima Espacial - MX

Reporte Especial

<http://www.sciesmex.unam.mx>

**Centro Regional de Alertas
(RWC) miembro del**



ISES

International Space
Environment Service



/sciesmex



@sciesmex

Reporte Especial (2): 27 y 28 de mayo de 2017



Resumen:

El pasado 27 de mayo arribó al ambiente espacial terrestre una onda de choque interplanetaria seguida por una eyección de masa coronal (EMC), cuyo tránsito terminó alrededor del mediodía del 29 de mayo. Los efectos en el clima espacial fueron registrados por instrumentación en el territorio mexicano del Laboratorio Nacional de Clima Espacial (LANCE) y sus socios.

El evento alteró significativamente el clima espacial terrestre, provocando: Una tormenta geomagnética clase G3 (Fuerte) en la escala NOAA. Del mismo modo, se produjeron alteraciones ionosféricas a diversas latitudes. En particular, la ionosfera sobre el territorio mexicano registró perturbaciones que superaron los valores típicos para la época del año y del ciclo solar.

En la madrugada del 28 de mayo, la tormenta geomagnética alcanzó su máxima intensidad, registrando un valor del índice Kp de 7 y en el índice DST de -122 nT. Sin embargo, de acuerdo a los datos del Servicio Magnético, las variaciones de la componente horizontal del campo geomagnético alcanzaron los -150 nT, derivando en un índice K mexicano (Kmex) de 8.

A partir del medio día del 28 de mayo, la configuración magnética de la EMC ya no favoreció la continuidad de la tormenta geomagnética, lo que dio inicio a la fase de recuperación. De continuar las condiciones de viento solar estable en el entorno espacial terrestre, se espera que las condiciones del campo magnético e ionosfera terrestres regresen a sus valores normales en las próximas 24 horas.

Los posibles efectos de este evento incluyen:

- Afectaciones generales en radiocomunicaciones.
- Incremento en errores o, incluso, inhabilitación de los sistemas GPSs.
- Interferencias recurrentes en sistemas de telecomunicaciones satelitales.
- Ajustes de navegación en satélites de baja altitud.
- Fallo general en sistemas de navegación y rastreo.

MEXART [centelleo interplanetario]: Detección de la EMC

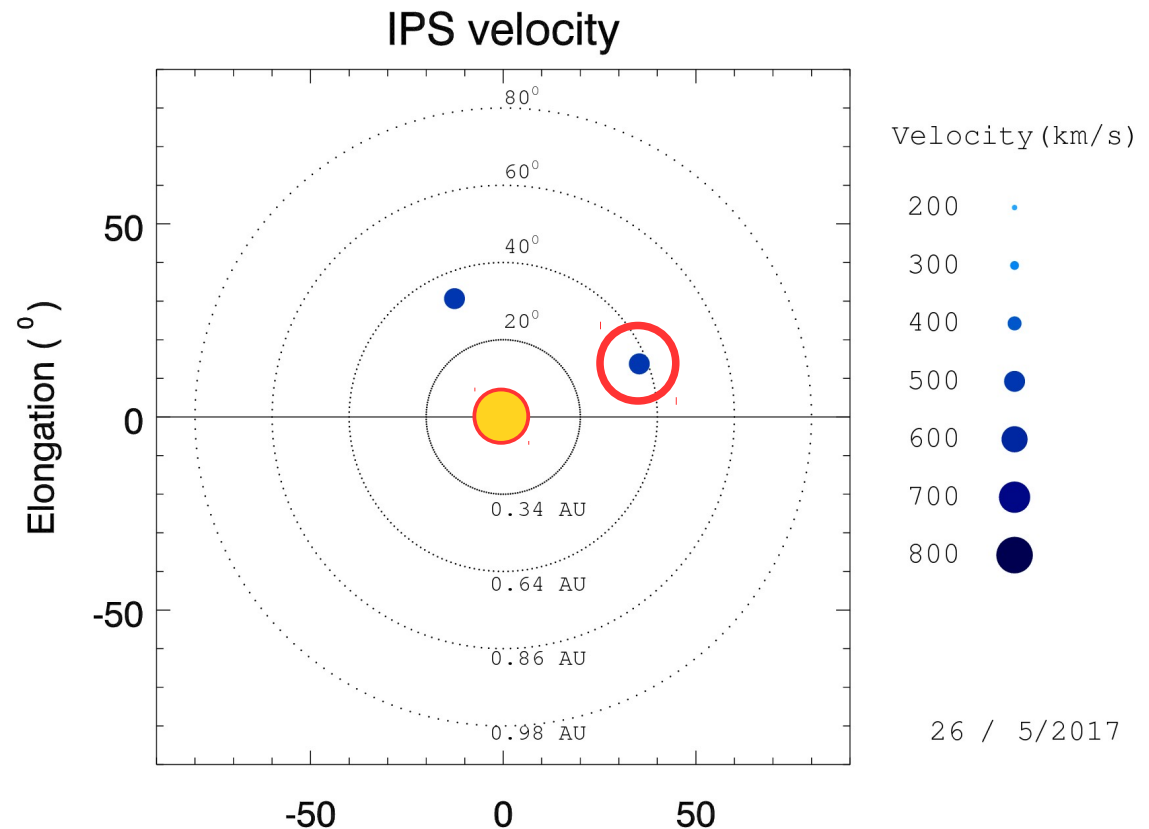


La imagen muestra datos observado por el radiotelescopio MEXART y el círculo amarillo central representa el Sol. Las circunferencias indican la posición de la medición y su tamaño la velocidad del viento solar medida por medio de centelleo interplanetario.

La velocidad y ubicación de la detección (circunferencia roja) son consistentes con el tránsito de la EMC que impactó el ambiente terrestre el pasado 27 de mayo.

MEXART detectó el paso de la eyección de masa coronal (circunferencia roja) el día 26 de mayo a las 16:00 UT, con una velocidad de 515 km/s en su trayecto entre el Sol y la Tierra (0.6 UA del Sol).

www.mexart.unam.mx

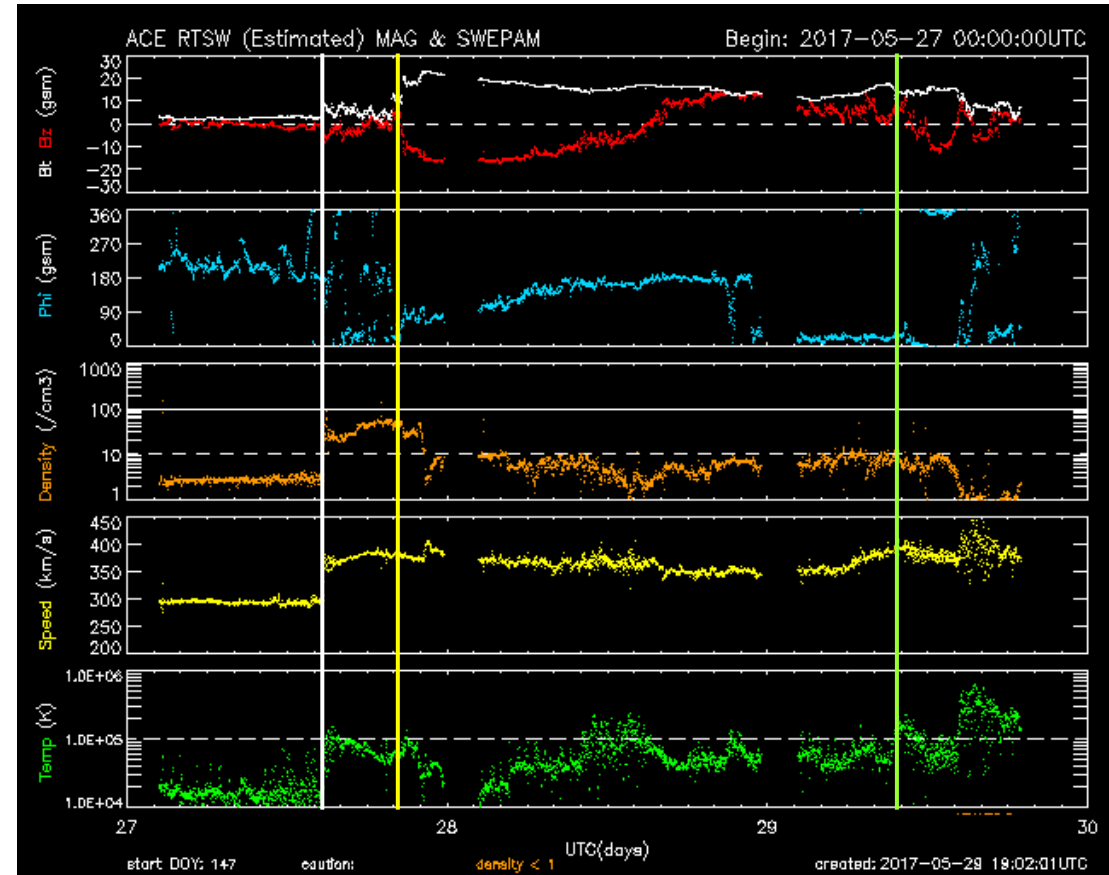


El arribo de la EMC al ambiente espacial terrestre



Condiciones del viento solar cercanas al ambiente terrestre registradas por el satélite artificial ACE. De arriba a abajo: campo magnético, dirección del campo magnético, densidad de protones, velocidad y temperatura de protones.

La onda de choque (línea vertical blanca) arribó a las 15:00 del 27 de mayo. Mientras que la estructura magnética de la EMC (línea vertical amarilla) arribó 22:00 del 28 de mayo. Dicha estructura abandonó el ambiente terrestre (línea vertical verde) el 29 de mayo a las 10:00.



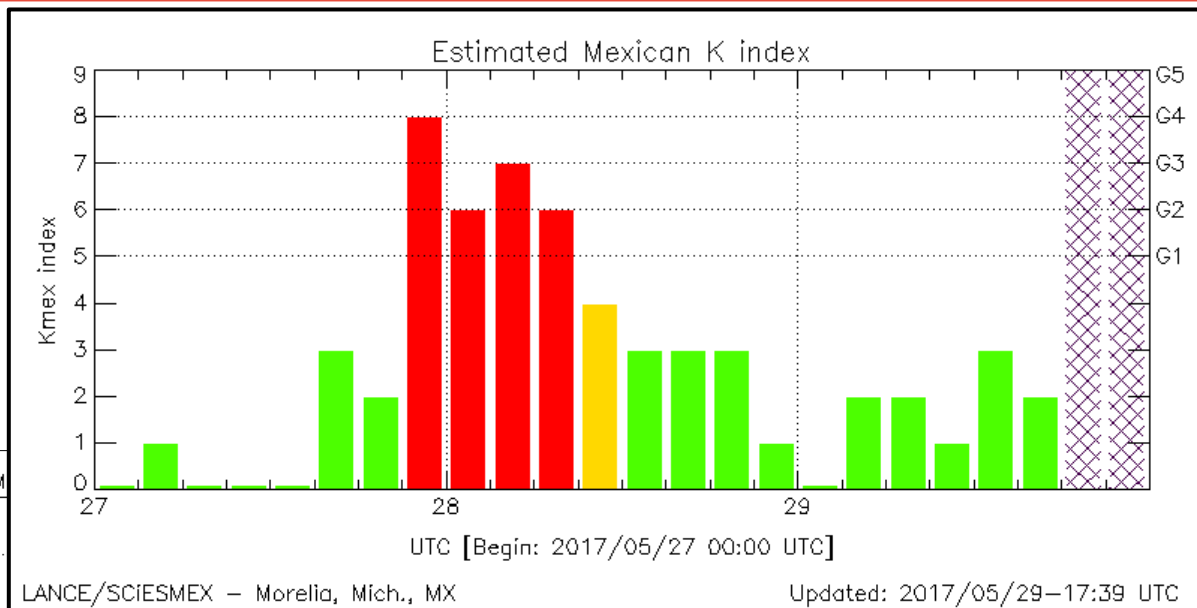
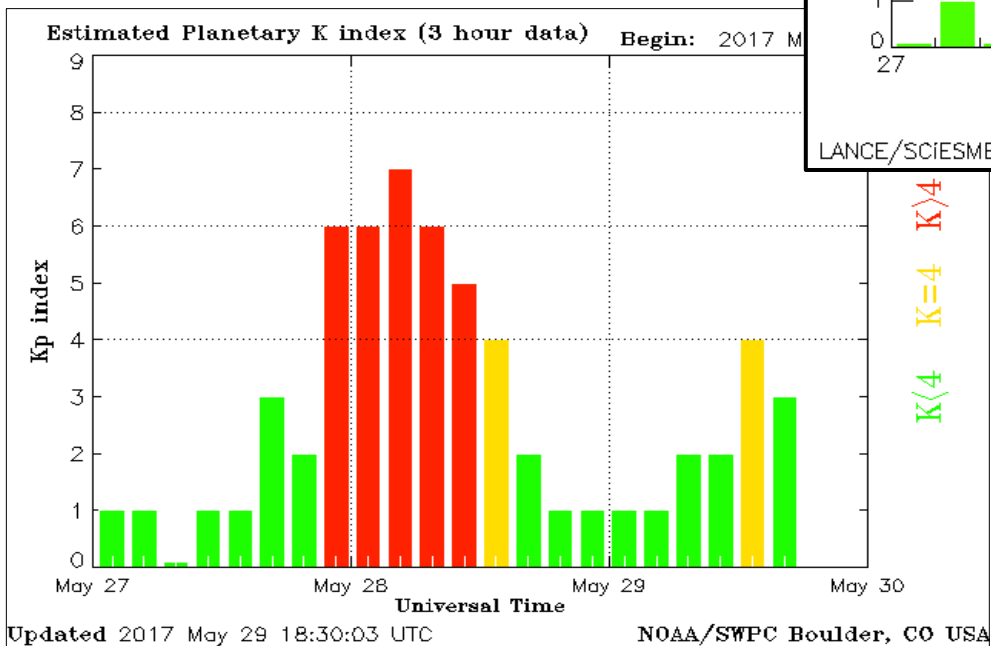
Fuente: <http://www.swpc.noaa.gov/products/ace-real-time-solar-wind>

En el panel superior de la figura se muestra el campo magnético cercano a la Tierra. En este panel se puede observar que el campo magnético de la EMC presentó una componente B_z (línea roja) sur (negativo). Lo que provocó una tormenta geomagnética.

Efectos sobre México: Tormenta geomagnética



El índice Kp (figura inferior) mide la intensidad de las variaciones del campo geomagnético a escala planetaria. De acuerdo a este índice, la tormenta fue de clase G3 (Kp=7) de acuerdo a la clasificación de la NOAA.



El índice Kmex (figura superior) mide la intensidad de las variaciones regionales del campo geomagnético en el territorio de México (medido por el Servicio Magnético).

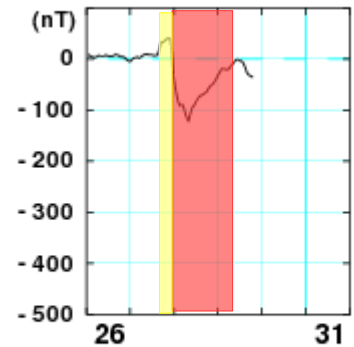
De acuerdo a este índice, la tormenta fue, localmente, clase G4 (Kp=8) de acuerdo a la clasificación de la NOAA.

Efectos sobre México: Tormenta geomagnética



El índice DST (panel izquierdo) mide las variaciones de la componente horizontal (H) del campo geomagnético a escala planetaria. La perturbación geomagnética inició con un incremento súbito (región amarilla) del índice DST (figura superior). Posteriormente se presentó una tormenta moderada que alcanzó -122 nT a la 13 hrs. Alrededor del medio día del 29 de mayo, el valor DST alcanzó los valores pre-tormenta.

Dst (Real-Time)

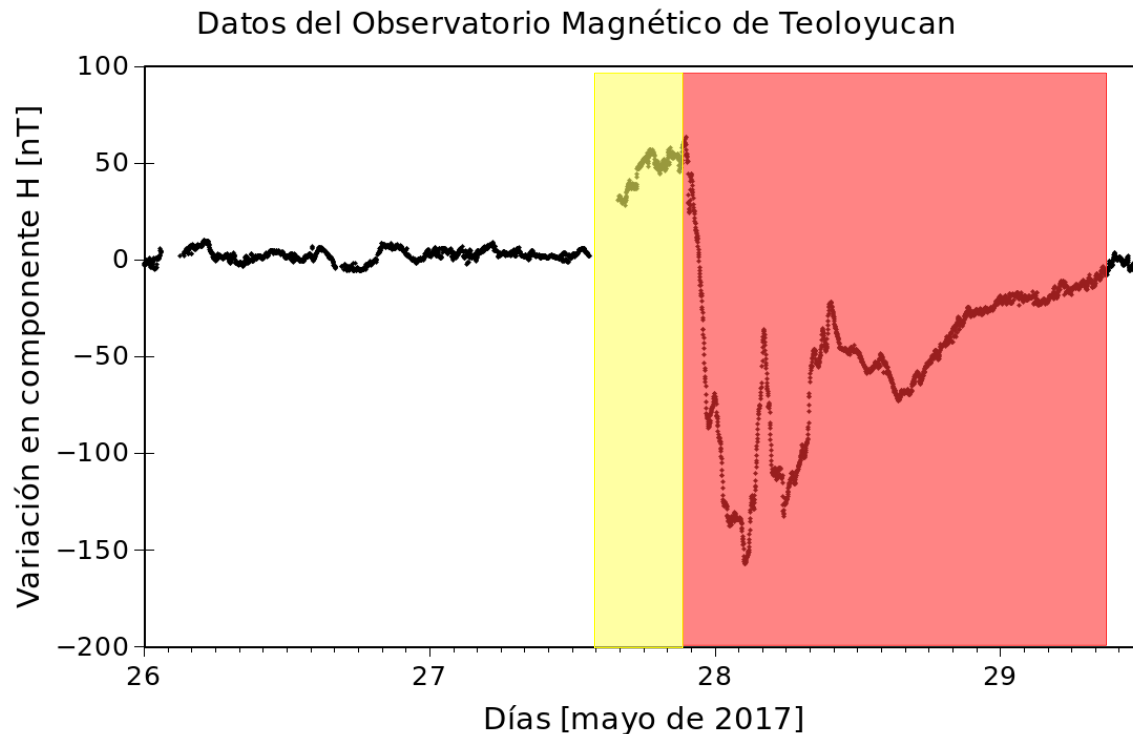


May 2017

[Created at 2017-05-28 17:30UT]

WDC for Geomagnetism, Kyoto

Fuente: http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dst_realtime/presentmonth/index.html



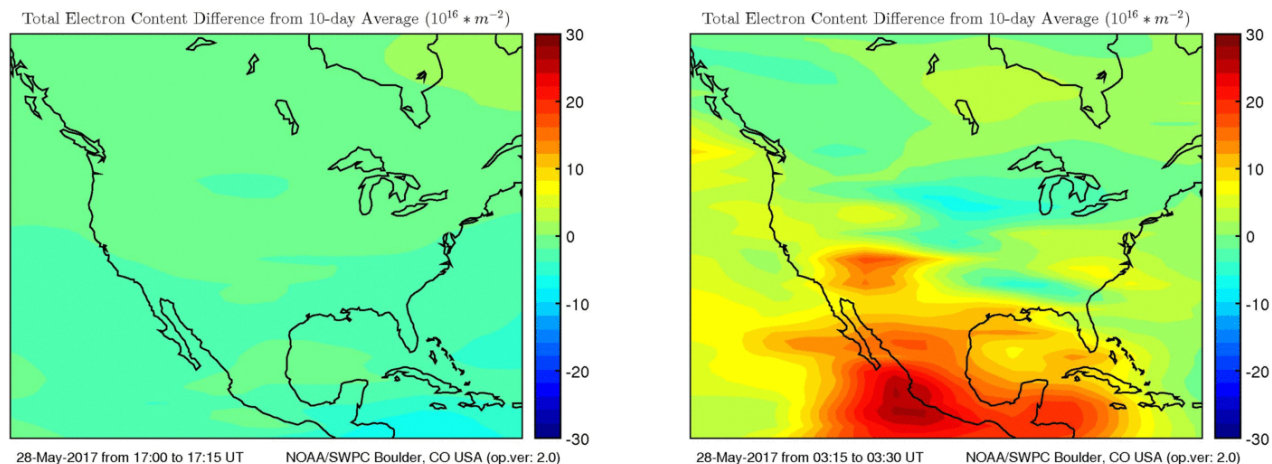
El panel izquierdo muestra las variaciones de la componente H del campo geomagnético medidas por el observatorio magnético de Teoloyucan, del Servicio Magnético (Inst. Geof., UNAM). En la figura se observan tanto el incremento súbito como la tormenta geomagnética. El primero con un valor superior a los 50 nT y la última por debajo de los -150nT.

Efectos en México: Tormenta ionosférica



La imagen muestra mapas TEC de norteamérica calculados por el SWPC de la NOAA.

La figura muestra la diferencia de TEC bajo las condiciones quietas (panel izquierdo) y durante la tormenta (paneles derechos).



Fuente: <http://www.swpc.noaa.gov/products/north-american-total-electron-content-us-region>

En particular, el panel derecho muestra los valores TEC durante el máximo de la tormenta ionosférica. Se observa que casi todo el territorio nacional es afectado por este evento. Puesto que la densidad de electrones (colores rojo-anaranjados) sobre el territorio nacional se incrementa significativamente.

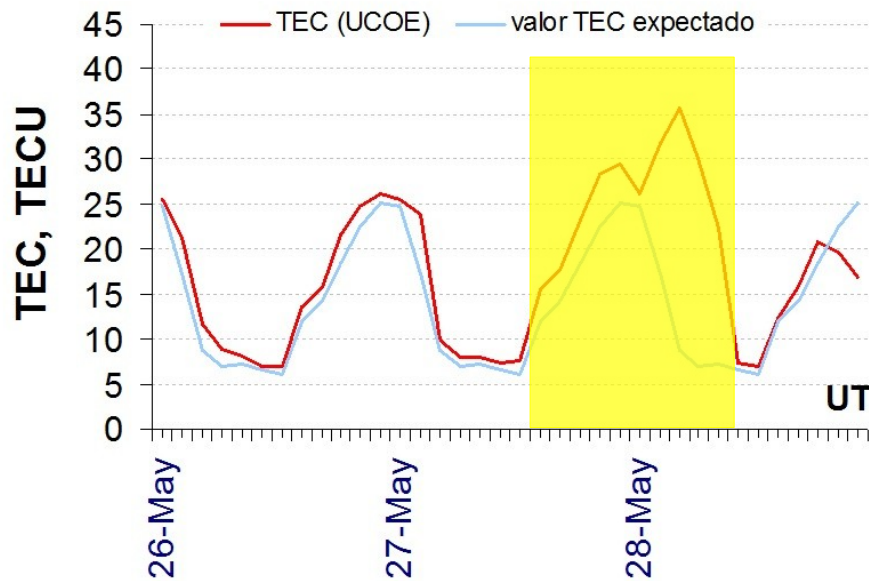
Las altas concentraciones de electrones merman o impiden las radiocomunicaciones en las regiones donde se presentan.

Efectos en México: Tormenta ionosférica

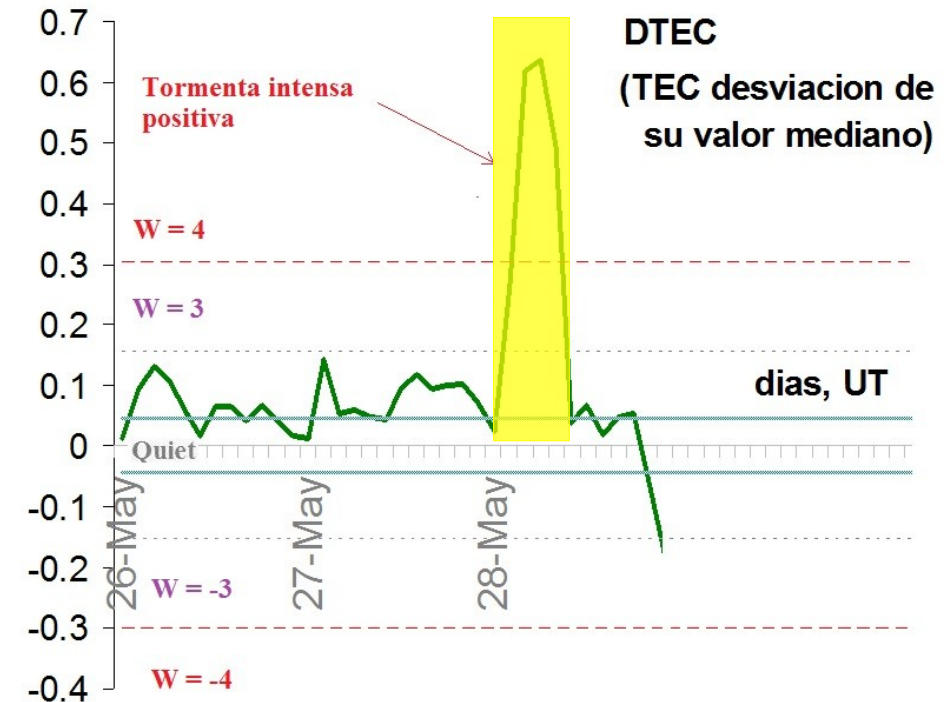


Valores del Contenido Total de Electrones (TEC) vertical durante 26-28.05.2017 en base de los datos de las estación local UCOE (TLALOCNet, UNAVCO).

El valor de TEC se utiliza para caracterizar el estado de la ionosfera.



Desviación de TEC de su mediana de los 27 días anteriores al día de observación e índice W:

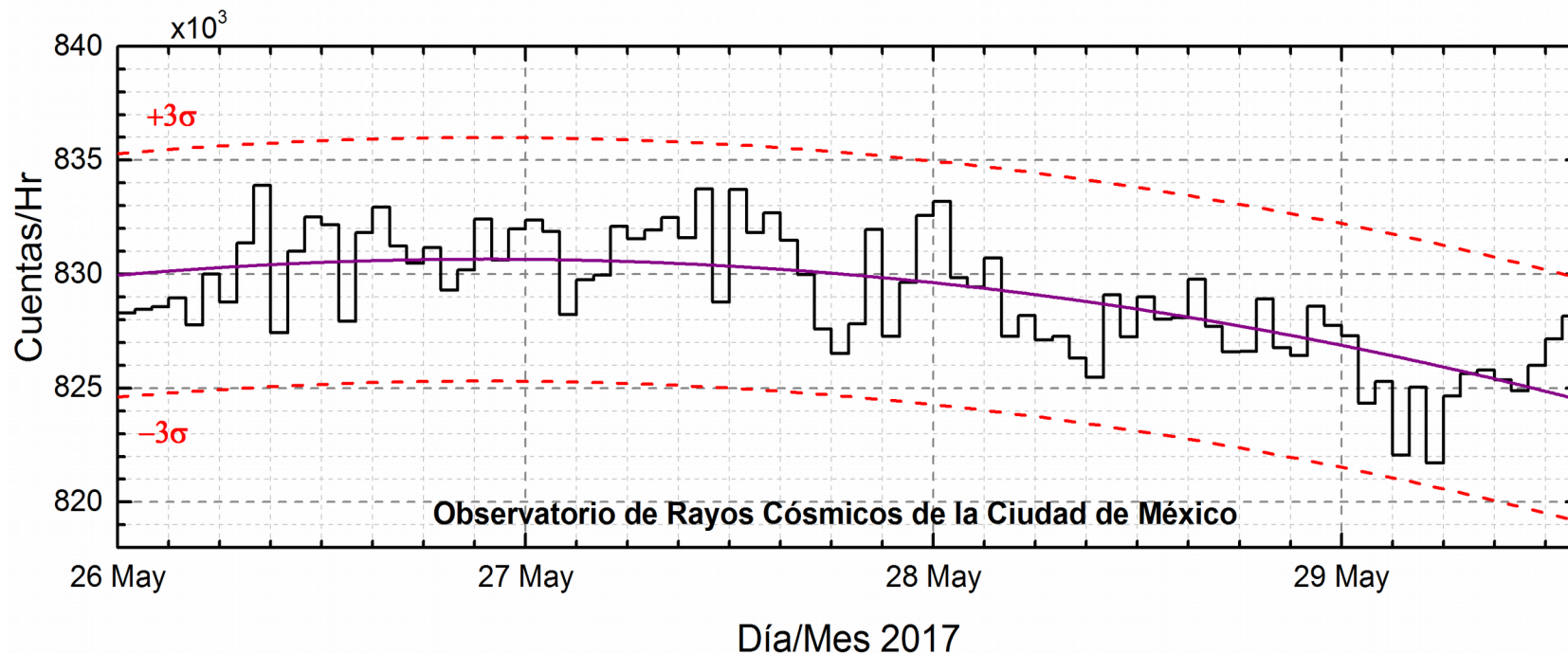


La ionosfera sobre México fue intensamente perturbada (regiones amarillas) la tarde del 27 de mayo hasta la mañana del 28 de mayo. El contenido Total de Electrones fue significativamente mayor durante este periodo.

El cálculo se realiza en base de *TayAbsTEC* software del Instituto de Física Solar-Terrestre, Sección Siberiana de la Academia de Ciencias de Rusia.

Referencia: Gulyaeva, T.L., F. Arikan, M. Hernandez-Pajares, I. Stanislawski. GIM-TEC adaptive ionospheric weather assessment and forecast system. *J. Atmosph. Solar-Terr. Phys.*, 102, 329-340, doi:10.1016/j.jastp.2013.06.011, 2013.

Efectos en México: Rayos Cósmicos



Datos registrados por el Observatorio de Rayos Cósmicos de la Ciudad de México. Las partículas incidentes en la posición geográfica de la Ciudad de México tienen más energía que las que ingresan en zonas cercanas a los polos. La curva púrpura representa el promedio de los datos registrados, las líneas discontinuas rojas representan la significancia de los datos (3σ). Cuando se registran variaciones mayores a 3σ , es probable que estas sean debidas a los efectos de emisiones solares en flujo de rayos cósmicos.

Del 26 al 29 (14 Hrs TU) de mayo, el observatorio de rayos cósmicos de la Ciudad de México no detectó incrementos significativos ($>3\sigma$) en las cuentas de rayos cósmicos galácticos a pesar de la tormenta geomagnética que se presentó. Los rayos cósmicos que ingresan a la posición geográfica de la Ciudad de México requieren una energía de al menos 8.2GV (rigidez umbral), cuando las líneas de campo geomagnético no están perturbadas. Cuando se presenta una tormenta se afecta la intensidad de las líneas de campo magnético terrestre y varía esta rigidez.

<http://www.cosmicrays.unam.mx/>



LANCE-SCEMEX

Dr. J. Américo González

Dr. Víctor De la Luz

Dr. Pedro Corona Romero

Dr. Julio C. Mejía Ambriz

Dr. Luis Xavier González

Dra. Maria Sergeeva

UNAM IGUM

Dr. Ernesto Aguilar-Rodriguez

INPE

Dra. Esmeralda Romero

UNAM CU

Dra. Blanca Mendoza.

Dr. José Francisco Valdés.

LANCE-MEXART

Dr. Julio C. Mejía A.

MsC Ernesto Andrade

MsC Pablo Villanueva

Ing. Pablo Sierra.

UNAM ENES Michoacán

Dr. Mario Rodríguez

Dr. Sinhué Haro

CALLISTO

Dr. Víctor de la Luz

MsC. Pablo Villanueva

MsC. Ernesto Andrade

Elizandro Huipe

RAYOS CÓSMICOS

Dr. Luis Xavier González

Dr. José Francisco Valdés

Fis. Alejandro Hurtado

Ing. Octavio Musalem

SERVICIO GEOMAGNÉTICO

Dr. Esteban Hernández

MsC Gerardo Cifuentes

MsC Ana Caccavari

Créditos Internacionales



ISES

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

Space Weather Prediction Center NOAA.

<http://www.swpc.noaa.gov>

GOES Spacecraft NOAA.

<http://www.ngdc.noaa.gov/stp/satellite/goes/index.html>

SOHO Spacecraft NASA.

<http://sohowww.nascom.nasa.gov/>

SDO Spacecraft NASA.

<http://sdo.gsfc.nasa.gov/>

ACE Spacecraft NOAA.

<http://www.srl.caltech.edu/ACE/ASC/index.html>

German Research Center For Geosciences Postdam.

<http://www.gfz-potsdam.de/en/sektion/erdmagnetfeld/daten-dienste/kp-index/>

Data Analysis Center for Geomagnetism and Space Magnetism, Kyoto University.

<http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/index.html>

SolarMonitor

<http://www.solarmonitor.org>

Sistema de detección CACTus

<http://www.sidc.oma.be/cactus>

Agradecimientos



- El Servicio de Clima Espacial México (SCiESMEX) es parcialmente financiado por: el programa Cátedras CONACYT Proyecto 1045 y el Fondo Sectorial AEM-CONACYT proyecto 2014-01-247722.
- Agradecemos Gerardo Cifuentes, Esteban Hernández y Ana Caccavari para datos del Observatorio magnético de Teoloyucan.
- Agradecemos los servicios de IGS (International GNSS Service) por oportunidad de usar datos IONEX disponibles de manera libre en <ftp://cddis.gsfc.nasa.gov/pub/gps/products/ionex>.
- Datos RINEX fueron obtenidos de las siguientes redes de receptores GPS: the Mexican Servicio Sismológico Nacional (SSN), IGEF-UNAM, SSN-TLALOCNet and TLALOCNet. Agradecemos a su personal, en particular, el personal de SSN y Jose A. Santiago para el mantenimiento de estaciones, la adquisición de datos y distribución, desde SSN, SSN-TLALOCNet y redes IGEF-UNAM, respectivamente. También reconocemos el trabajo de campo, la ingeniería y el soporte de IT para las redes TLALOCNet y SSN-TLALOCNet GPS-Met de Luis Salazar-Tlaczani (Instituto de Geofísica-UNAM), John Galetzka, Adam Woolace y todo el personal de ingeniería de UNAVCO Inc. Agradecemos a UNAVCO (www.unavco.org) por la oportunidad de descargar datos en Internet. Partes de las operaciones de la red TLALOCNet y SSN-TLALOCNet GPS fueron apoyadas por National Science Foundation bajo el premio EAR-1338091 a UNAVCO Inc., proyectos CONACyT 253760 y 256012, proyecto UNAM-PAPIIT IN109315-3 a E. Cabral-Cano y proyecto UNAM-PAPIIT IN111509 a R. Pérez.
- También agradecemos al LACIGE-UNAM en ENES unidad Morelia por los datos GPS, adquiridos a través de grant de la infraestructura CONACYT: 253691.
- *El cálculo de índice W se realiza en base de TayAbsTEC software del Instituto de Física Solar-Terrestre, Sección Siberiana de la Academia de Ciencias de Rusia.*
- Los mapas regionales TEC se realizan por medio de Magic, software desarrollado por National Geodetic Survey, Space Environment Center of the National Oceanic and Atmospheric Administration and the Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences of University of Boulder, Colorado, U.S.A.
- Las imágenes del Sol son cortesía de los equipos científicos del satélite NASA/SDO e instrumentos AIA, EVE, y HMI.