

EL ROL DE LOS OBSERVATORIOS DIGITALES EN EL ANALISIS DE TORMENTAS MAGNETICAS.

Julio César Gianibelli (1), Ricardo Ezequiel García (2), Guillermo Rodríguez (2), Nicolás Quaglini (1), Emilio Pincirolli (1) y Sebastián Pelliciuoli (1)

(1)Departamento de Geomagnetismo y Aeronomía, Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas. Univesidad Nacional de La Plata . Paseo del Bosque S/N, 1900, La Plata, Argentina. TE:

(0221)4236593/4 ext 132. Email: geofisicogianibelli@yahoo.com.ar

(2)Departamento de Electrónica, Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas. Univesidad Nacional de La Plata . Paseo del Bosque S/N, 1900, La Plata, Argentina. TE: (0221)4236593/4 ext 133. Email: regarcia@fcaglp.unlp.edu.ar

RESUMEN

Las tormentas magnéticas son uno de los efectos producto de la interacción Sol-Tierra que históricamente se registran en la superficie terrestre. Los magnetogramas de registro analógico han sido y son en la actualidad de suma utilidad en los estudios estadísticos y de modelado analítico. En este trabajo se presenta un análisis comparativo de registros digitales completos de tormentas magnéticas, correspondientes a los observatorios de San Juan de Puerto Rico (SJG, Lat: 18° 6' 36'' N; Long: 66° 9' O), Kourou (KOU, Lat: 5° 12' 36'' N; Long: 52° 43' 52'' O), Vassouras (VSS, Lat: 22° 24' S; Long: 43° 39' O), Las Acacias (LAS, Lat: 35° 00.5' S; Long: 57° 41.65' O), Trelew (TRW, Lat: 43° 16.1' S; Long: 65° 22.9' O), Port Stanley (PST, Lat: 51° 42' S; Long: 57° 54' O) e Islas Argentinas (AIA, Lat: 65° 15' S; Long: 64° 16' 12'' O). La variable en comparación es la intensidad total F de campo magnético de La Tierra. Se aplica un análisis de los registros y se correlacionan con los parámetros solares de densidad, velocidad, del viento solar, intensidad total del campo magnético interplanetario (CMI) y componente z del CMI, obtenidos por la sonda ACE. Los resultados comparativos de los registros entre los observatorios muestran que sistemas de registro de F con gran autonomía de operación como el instalado en LAS son efectivos para el estudio de tormentas a lo largo de todas sus fases, y de los días calmos. De acuerdo a estos resultados es posible planificar la instalación de sistemas digitales de registro de la intensidad total F automáticos de gran autonomía en la República Argentina.

Palabras clave: Tormentas geomagnéticas, Observatorios, Geomagnetismo, Actividad Solar, Redes.

ABSTRACT

The magnetic storms are one of the effects produced by Sun-Earth interaction historically registered in the terrestrial surface. Analogical registry magnetograms has been and are at present time of extreme utility in the statistical and analytical modelling studies. In this work a comparative analysis of complete magnetic storm digital records, corresponding to the observatories of San Juan of Puerto Rico (SJG, Lat: 18° 6' 36'' N; Long: 66° 9' O), Kourou (KOU, Lat: 5° 12' 36'' N; Long: 52° 43' 52'' O), Vassouras (VSS, Lat: 22° 24' S; Long: 43° 39' O), Las Acacias (LAS, Lat: 35° 00.5' S; Long: 57° 41.65' O), Trelew (TRW, Lat: 43° 16.1' S; Long: 65° 22.9' O), Port Stanley (PST, Lat: 51° 42' S; Long: 57° 54' O) and Argentine Islands (AIA, Lat: 65° 15' S; Long: 64° 16' 12'' O) are presented. The comparison variable is total intensity F of magnetic field of the Earth. An analysis of the registries is applied and following they are correlated with the solar parameters density, speed, total magnetic intensity and component z of the interplanetary magnetic field of solar wind recorded by the Advanced Composition Explorer (ACE) sonde. The comparative results of the records between the observatories shows that systems of F recording with great operation autonomy, as the system installed at Las Acacias Observatory, are effective for the storm study throughout all phases, and for the quiet days too. According to these results it is possible to plan the installation of automatic digital total intensity F recorders with great operation autonomy in the Argentine Republic.

Keywords: Geomagnetic storms, Observatories, Geomagnetism, Solar activity, networks.

INTRODUCCION

Las Tormentas Magnéticas (TM) son el efecto de la interacción de las perturbaciones solares transmitidas a través del espacio interplanetario por el viento solar (VS) que interactúan con el Campo Magnético Terrestre (CMT). Diversos procesos del Sol, en diferentes escalas de tiempo, son los responsables de la actividad del VS. Su modulación y la transferencia a la cavidad Magnetosférica de la Tierra de procesos electrodinámicos, se traducen en variaciones del CMT que se registran en la red de Observatorios Magnéticos Permanentes (OMP). El advenimiento de la era espacial permitió una mejor comprensión y validación de las teorías propuestas, con las mediciones in situ de los parámetros del VS y de las propiedades que se encuentran en el

interior de la Magnetósfera y regiones adyacentes. Meyer-Vernet (2007) y Schindler (2007) realizan un actualizado análisis del viento solar y de la actividad del plasma espacial mientras que Aschwanden (2006) presenta un estudio en detalle de la Corona Solar y Wimmer-Schweingruber (2005) vincula las perturbaciones interplanetarias con la Climatología Espacial. Gianibelli et. al. (2006) desarrolla los efectos de las ondas de choque en los registros digitales de Trelew donde se presenta un diagrama conceptual que actúan sobre la cavidad magnetosférica donde se incluye el concepto de un CMT de intensidad decreciente. El objetivo de este trabajo es desarrollar un análisis comparativo de las TM a partir de los registros de la intensidad total F del CMT obtenidos de los OMP de San Juan de Puerto Rico (SJG, Lat: 18° 6' 36'' N; Long: 66° 9' O), Kourou (KOU, Lat: 5° 12' 36'' N; Long: 52° 43' 52'' O), Vassouras (VSS, Lat: 22° 24' S; Long: 43° 39' O), Las Acacias (LAS, Lat: 35° 00.5' S; Long: 57° 41.65' O), Trelew (TRW, Lat: 43° 16.1' S; Long: 65° 22.9' O), Port Stanley (PST, Lat: 51° 42' S; Long: 57° 54' O) e Islas Argentinas (AIA, Lat: 65° 15' S; Long: 64° 16' 12'' O) con los fenómenos producidos en el Sol y las determinaciones obtenidas de los parámetros solares por la sonda ACE de dos TM registradas el 21 de Enero de 2005 y el 19 de Noviembre de 2007. La ubicación geográfica de los OMP se muestra en la Figura 1 y representa un perfil que corta la Anomalía Magnética del Atlántico Sur (AMAS).

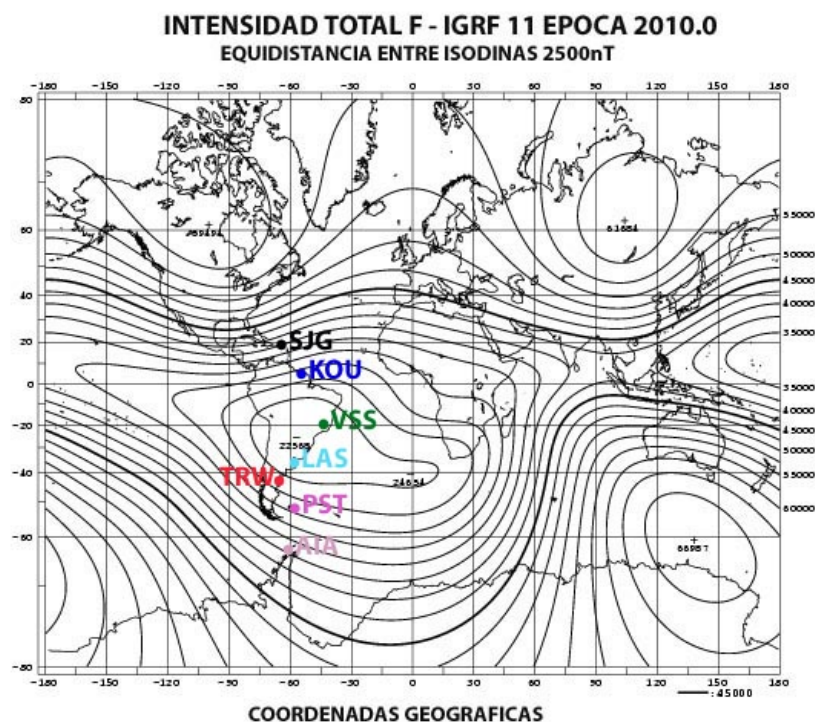


Figura 1: Ubicación de los OMP en el mapa de isodinas de F producidas por el modelo IGRF-11

ANÁLISIS DE LOS DATOS Y RESULTADOS.

Los datos de la intensidad total F de las TM del 21 de Enero de 2005 y del 19 de Noviembre del 2007 fueron extractados de los registros de los OMP de las bases de datos de Intermagnet (<http://www.intermagnet.org>), y del OMP de LAS, que no pertenece a Intermagnet, de la base de datos del Departamento de Geomagnetismo y Aeronomía de la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de la UNLP. Se procedió a obtener los valores relativos restando el promedio de F del intervalo seleccionado de 8 días (2 días antes de recibido el impulso brusco en el VS y 6 restantes para el desarrollo de la TM) al F absoluto para cada OMP. Se buscaron las fuentes de la actividad en el sol por intermedio de las facilidades de la red Internet en la página de “spaceweather.com” (<http://www.spaceweather.com>) para esas fechas. Asimismo se procesaron los datos de velocidad, densidad, intensidad total Bt del Campo Magnético Interplanetario (CMI) y su componente Bz responsable de la reconexión de las líneas del CMT con las del CMI que efectúa la apertura de la magnetósfera para el ingreso de las partículas cargadas del VS a su interior. Este fenómeno de reconexión es el responsable del aumento de la densidad de partículas en los anillos de radiación (Pröls, 2004, Kallenrode, 2004). Asimismo la precipitación en las regiones polares norte y sur, producen intensas auroras. Esto queda evidenciado en la TM del 21 de Enero de 2005, donde el registro de AIA es mas intenso

y con diferencia de fase por el efecto del electrochorro auroral sur. El resto de los registros de los OMP muestran el efecto de la Corriente Anillo. La Figura 2 muestra estos fenómenos. La figura 3 es un extracto de las fuentes en el sol que generaron la perturbación en el viento solar y en las figuras 4 y 5 las perturbaciones registradas en la velocidad del viento solar su densidad y los valores de la intensidad total y componente z del CMI.

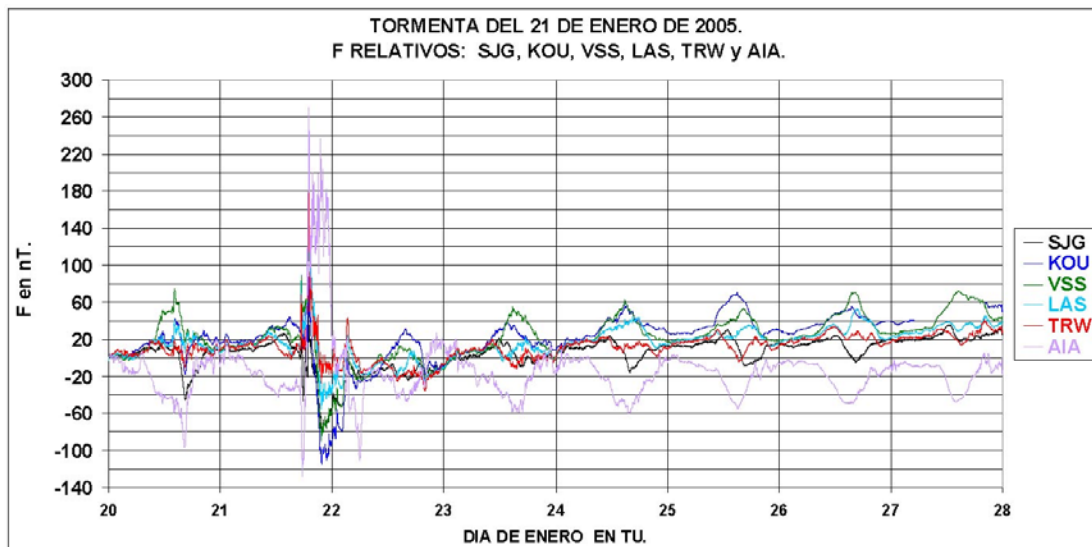


Figura 2: TM del 21 de Enero de 2005 para los distintos OMP, originada por una EMC.

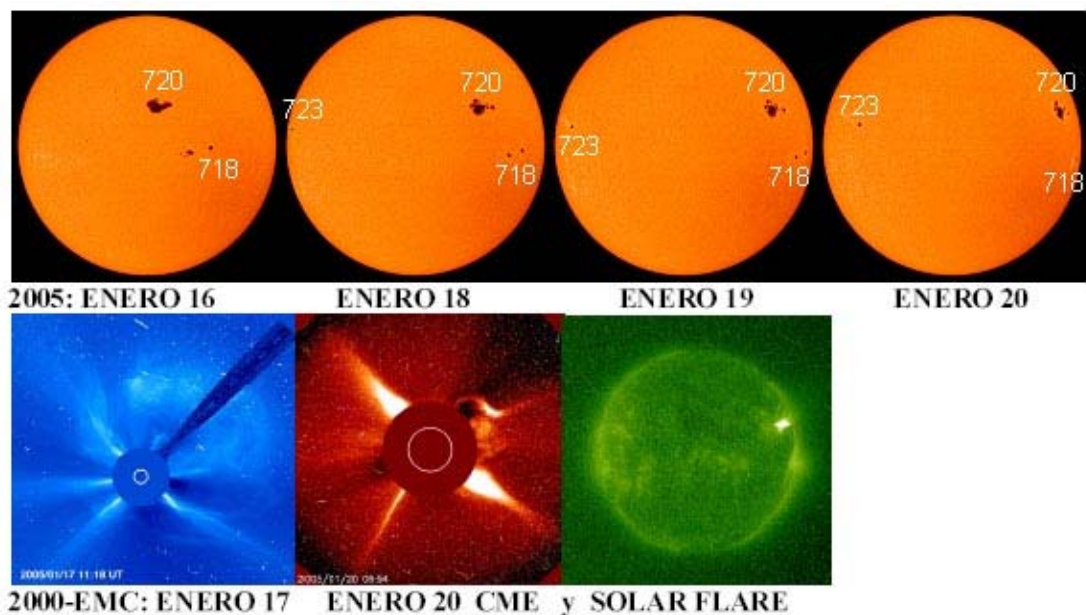


Figura 3. Fuentes en el sol. Evolución de la mancha 720 que es responsable de dos Eyecciones de Masa Coronal (EMC) y una fulguración solar intensa de rayos X.

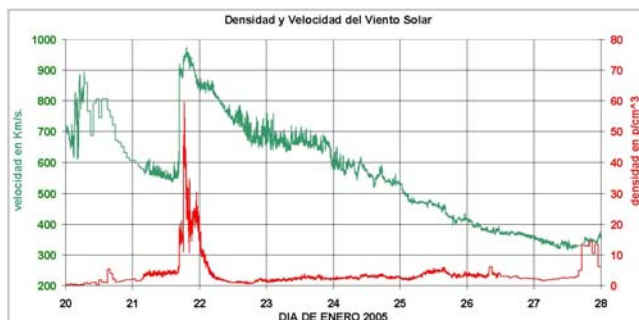


Figura 4: Efectos de la EMC: un efecto impulsivo en la velocidad y densidad del VS.

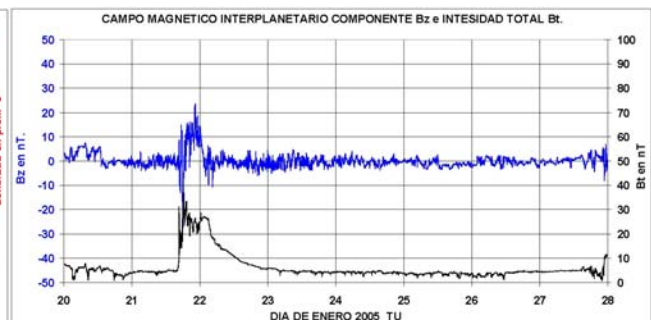


Figura 5: Cambios en Bt y componente z del CMI, Bz negativo permite la reconexión CMI con CMT.

El CMI, con sus elementos Bt y la componente Bz, es arrastrado por la nube de partículas provenientes de la EMC. La otra TM seleccionada es la del 19 de Noviembre de 2007, donde su fuente es un hoyo coronal donde se genera los chorros de VS rápido de una Región Corrotante Interplanetaria (CIR, por Corrotating Interplanetary Region) y que puede retornar con el período de rotación solar de 27 días. La figura 6, 7, 8 y 9 muestran esta conexión. El VS, luego que pasó la EMC y el VS rápido de la CIR, retorna a sus valores estacionarios pero siempre sigue arrastrando un CMI con sus elementos Bt y Bz, el último de los cuales tiene cambios entre valores positivos y negativos. Las figuras 2 y 6 muestran que en los días posteriores a la fase de recuperación de las TM sigue habiendo ingreso de partículas.

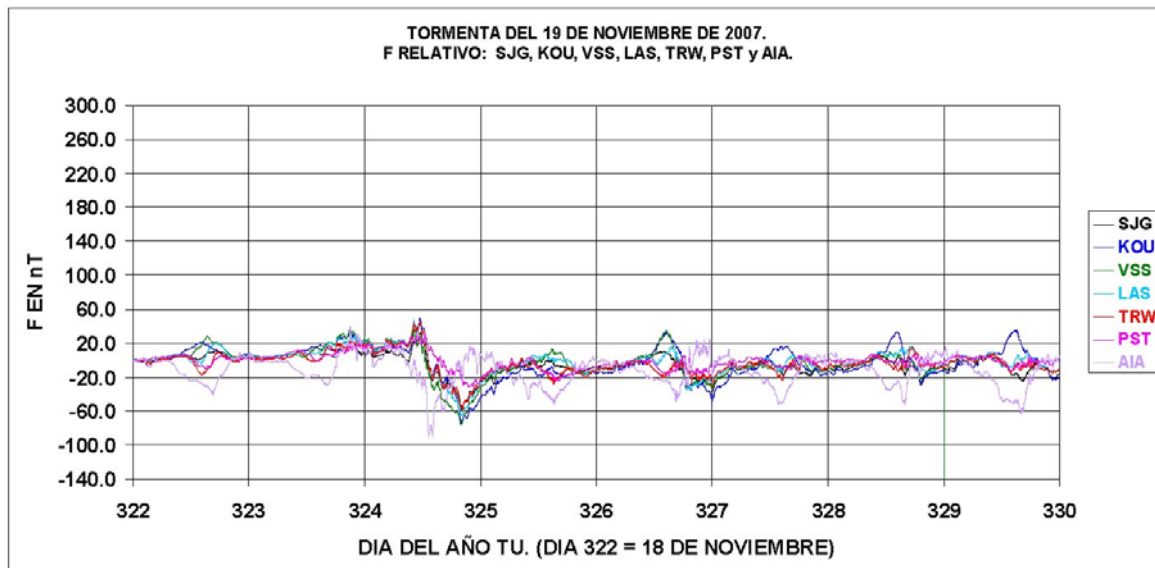


Figura 6: TM del 19 noviembre 2007 correspondiente a un VS rápido producido en un hoyo coronal

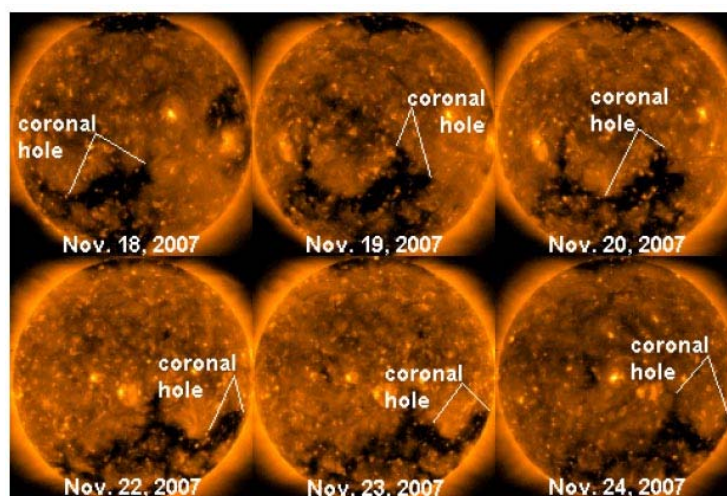


Figura 7: Hoyo coronal que genero un VS rápido originado en una Región Corrotante Interplanetaria (CIR).

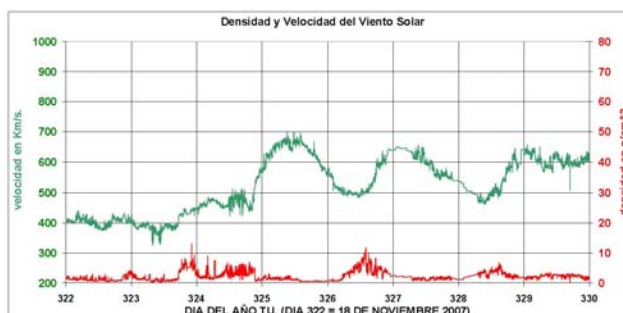


Figura 8: Efectos de la CIR con cambios suaves de la velocidad y densidad del VS.

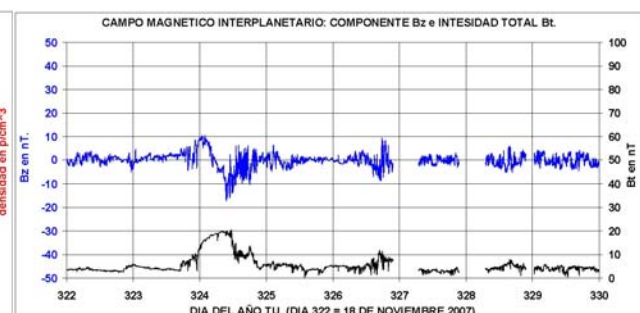


Figura 9: Cambios en Bt y componente Bz del CMI, Bz negativo permite la reconexión CMI con CMT.

Estas dos tormentas están en la fase decreciente del ciclo solar 23 con eventos importantes de EMC en el 2005 y años anteriores y el 2007 prácticamente en la finalización de dicho ciclo con menor actividad. Es de hacer notar que la amplitud de la TM es notablemente menor en la tormenta del 19 de Noviembre de 2007, ya que la velocidad y densidad del VS muestran una perturbación no impulsiva. El CMI con sus elementos Bt y Bz tiene características cambiantes pero evidenciando la presencia de una onda de choque menos intensa y luego acompañando la evolución de la velocidad y densidad del VS. La expresión en el CMT registrado en los OMP es una TM de similar estructura a la del 25 de Enero de 2005, con fuentes solares diferentes, con perturbaciones del VS de diferente desarrollo y parámetros solares de evolución y estructura temporal disímiles.

CONCLUSIONES

La respuesta de los sistemas digitales de los OMP de la red Intermagnet es similar al de LAS. El sistema de LAS es solo de registro digital de la intensidad total absoluta F del CMT cada 1 min. y su resultado para el estudio de las TM es de muy buena calidad. El diseño de OMP con características similares al de LAS en la región de la AMAS permitirá un estudio con mas detalle de los eventos de TM en la región, pero también de variaciones de período diario, y largos períodos tales como los de modulación solar y los correspondientes a la variación secular. El análisis en conjunto de la actividad desarrollada por las TM registradas en los OMP, con la identificación de las fuentes en el Sol por medio de sonda SOHO y su transmisión en el VS detectado por la sonda ACE, mostrando la evolución de sus parámetros característicos, permite comprender y evaluar sus efectos en los distintos OMP.

REFERENCIAS

- Aschwanden M. 2006. Physics of the Solar corona. Reprinted with correction. Springer, Berlin. Pp. 1-892.
- Gianibelli, J. C., Quaglino N., Mac William M. 2006. Efectos de las Ondas de Choque en los Registros Digitales de Trelew. Geoacta. Vol 31. Pp 91-100.
- Kallenrode M. B. 2004. Space Physics 3 rd ED. Springer-Berlin pp. 1-484.
- Meyer-Vernet N. (2007). Basics of the Solar Wind. Cambridge Pp 1- 463
- Pröls G. W. 2004. Physics of the Earth's Space. Environment Springer-Berlin pp. 1-533
- Schindler K. (2007). Physics of Space Plasma Activity. Cambridge. Pp 1- 508.
- Wimmer-Schweingruber R. F. 2005. Interplanetary Disturbances in Space Weather. Ed. By K. Scherer, H. Fichtner, B. Heber and C. Mall, Lectures Notes in Physics. Springer Berlin. Vol. 656. pp. 71-129.