

Contribución del Observatorio del Ebro al Servicio Internacional de Variaciones Magnéticas Rápidas de la IAGA

J. J. CURTO, J. O. CARDÚS, L. F. ALBERCA y E. BLANCH

Observatori del Ebre
43520 Roquetes. Tarragona

RESUMEN

Las variaciones magnéticas rápidas presentan un campo de investigación preferente dentro del magnetismo terrestre de origen externo. El origen de estas variaciones hay que buscarlo en la actividad solar y sus fluctuaciones. El Observatorio del Ebro, fiel a su línea de investigación fundacional, ha participado activamente desde su creación en el desarrollo del conocimiento de las variaciones rápidas tanto en trabajos teóricos como prácticos. También se ha realizado un gran esfuerzo en la vertiente organizativa estando presente en aquellos comités y organizaciones internacionales que se hayan creado para el fomento de su conocimiento culminando con el hecho de asumir el Servicio Internacional de Variaciones Magnéticas Rápidas. En este artículo se hace un repaso histórico de todas estas actuaciones encuadrándolas en los movimientos internacionales que en cada momento impulsaron su desarrollo.

Palabras clave: Campo geomagnético, Variaciones magnéticas rápidas, Comienzos bruscos de tempestades magnéticas, Efectos de fulguraciones solares, Bahías magnéticas, Actividad solar

Ebre Observatory Contribution to the IAGA International Service of Rapid Magnetic Variations

ABSTRACT

The rapid magnetic variations constitute a preferential research field inside the terrestrial magnetism of external origin. The origin of these variations has to be placed in the solar activity and its fluctuations. The Ebre Observatory, following its foundational research line, has been participating very actively in the development of the knowledge of the rapid magnetic variations in both theoretical and practical works, from its foundation. It has been also strongly involved in the organizing activity by taking part in committees and international organizations created to foster its knowledge, which culminated with the acceptance of assuming the International Service of Rapid Magnetic Variations. In this paper we make a historical survey of these actions in the framework of the international movements that drove its development.

Keywords: Geomagnetic field, rapid magnetic variations, sudden storm commencements, solar flare effects, magnetic bays, Solar activity.

1. INTRODUCCIÓN

El Servicio de Variaciones Magnéticas Rápidas (SVMR), creado por la Asociación Internacional de Geomagnetismo y Aeronomía (IAGA), pretende obtener una imagen de la distribución de estas variaciones magnéticas en el tiempo y en el espacio como base para su estudio. El Observatorio del Ebro ha estado encargado de él desde su inicio.

La contribución del Observatorio tiene dos vertientes: una que podríamos llamar interna, con la realización práctica del propio servicio, que incluye el discernimiento de los parámetros a observar y el modo de recoger los datos, la valoración de los resultados, sugerencias para mejorarlos, etc. Y otra, desde fuera, con el estudio del fenómeno a partir de los resultados.

Para describir esta contribución será necesario encajarla dentro de los antecedentes y la evolución histórica del interés de estas variaciones y de la propia Asociación.

2. PRELIMINARES HISTÓRICOS

Como es sabido, el campo magnético terrestre, al igual que otros parámetros geofísicos, presenta variaciones secular, estacional y diurna. Pero aparecen también otras variaciones, de más corta duración, denominadas variaciones magnéticas rápidas (VMR), que tienen gran importancia en el campo del geomagnetismo. La denominación de estas variaciones a veces pueden indicar su forma en el registro, como las «bahías magnéticas» o las «pulsaciones magnéticas», su origen, como los «efectos de las fulguraciones solares» (Sfe), o la relación con otro tipo de variaciones, como los «comienzos bruscos de tempestad» (SSC).

Desde su fundación en 1904, el Observatorio del Ebro ha tenido interés en el estudio de esas variaciones y su posible relación con la actividad solar. Ya en 1907 Ricard Cirera, Director del Observatorio, y Mariano Balcells, de la Sección Solar del mismo, envían dos comunicaciones (Cirera y Balcells, 1907a; Cirera y Balcells, 1907b) a la Academia de Ciencias de París sobre el estudio de las relaciones entre la actividad solar y las variaciones magnéticas y eléctricas registradas en el Observatorio, en que comparan estas variaciones con las observadas en la actividad solar a partir de las fotografías de la fotosfera y la cromosfera solar obtenidas también en el Observatorio.

El interés por las VMR ha estado también presente en la Asociación Internacional de Geomagnetismo y Aeronomía desde su fundación en 1919, que se concretó en la creación del Comité 10, «Comité para el estudio de Variaciones Rápidas y Corrientes Telúricas» en su Asamblea General de Roma (1954).

Para centrar la evolución del Servicio de VMR conviene recordar los inicios de la Asociación que lo acoge. Recién acabada la I guerra mundial, en octubre de 1918, el «Conseil International de Recherches» (el francés era todavía el idioma oficial), reunido en Londres decidió crear Asociaciones o Uniones útiles para el progreso de las ciencias. Las tres Uniones creadas fueron las de Astronomía,

Geodesia y Geofísica, y Radio Ciencia. La Unión Internacional de Geodesia y Geofísica (IUGG) celebró su primera reunión constituyente en Bruselas en julio de 1919. La reunión plenaria adoptó los estatutos que incluían la creación de 6 'Secciones': Geodesia, Sismología, Meteorología, Magnetismo y Electricidad Terrestres, Oceanografía Física y Vulcanología. El nombre de «Sección» se cambió definitivamente por el de «Asociación» en la Asamblea de Lisboa en Septiembre de 1933. El título de la Asociación Internacional de «Magnetismo y Electricidad Terrestres» (IATME) se cambió por el de «Magnetismo y Aeronomía» en la Asamblea de Roma de 1954. En lo que sigue emplearemos siempre el término Asociación para referirnos a este ente.

El interés de la Asociación por las VMR ha ido evolucionando con el tiempo, lo que unido a diferentes circunstancias externas permite distinguir tres etapas: La primera etapa abarca desde la creación de la Asociación en 1919, hasta la Asamblea General de Washington en 1939, recién empezada la II guerra mundial que significó un paréntesis en la actividad de la Asociación. La segunda etapa cubre desde el final de la II guerra mundial (con la Asamblea General de Oslo en 1948 como referencia), hasta la Asamblea General de Roma en 1954 cuando la Asociación acepta la creación del Comité No.10. Finalmente, la tercera etapa se extiende desde la Asamblea de Roma hasta el presente. En este último gran espacio de tiempo han tenido lugar muchos cambios en el trabajo del Servicio de VMR que comentaremos más adelante.

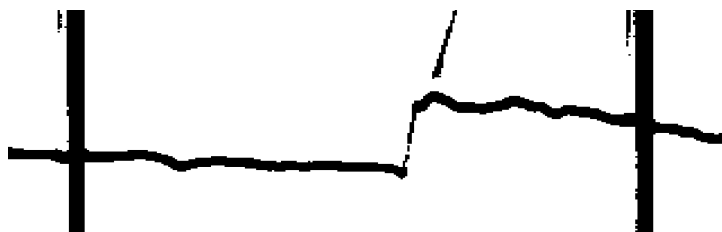
Las dos primeras etapas corresponden al período preliminar a la fundación del Servicio que se desarrolla enteramente en la tercera etapa.

3. PRIMERA ETAPA: CREACIÓN DE LA ASOCIACIÓN (1919) – ASAMBLEA DE WASHINGTON (1939)

El primer signo del interés del Observatorio del Ebro por el trabajo de la Asociación por las VMR aparece en la **Asamblea de Roma en 1922**. El P. Rodés, Director del Observatorio, introduce el problema de la simultaneidad de los «comienzos bruscos» de las tempestades magnéticas (SSC) (Bauer, 1923) y presenta una teoría tentativa para explicar el hecho de la falta de simultaneidad de los SSC en toda la Tierra (Rodés, 1922). El Prof. Bauer, basado en la teoría de la producción de los SSC por una proyección de partículas electrificadas desde el Sol, calcula el tiempo de propagación de los SSC alrededor de la Tierra y encuentra un intervalo de 2 minutos.

El problema de la determinación del tiempo exacto del comienzo brusco (figura 1) es motivo de diversas discusiones. En la segunda **Asamblea**, en **Madrid en 1924**, se crea un Comité sobre «Comienzos bruscos de tempestad» con el fin de «formular un esquema para obtener en observatorios seleccionados los tiempos exactos de los comienzos bruscos con los métodos e instrumentos adecuados para este fin». Como «Informador» de este Comité fue nombrado el Prof. A. Tanakadate, que envió una carta circular a los observatorios con un cuestionario de 9 puntos sobre la instrumentación que debía construirse y otras cues-

cciones relacionadas con los SSC. Esta carta puede considerarse como el punto inicial del trabajo regular de la Asociación en VMR



21/III/1921

Figura 1. Magnetograma del día 21 de marzo de 1921, donde encontramos un SSC a las 15:30 horas. Se puede observar la típica función escalón. Un impulso preliminar precede al impulso principal.

La simultaneidad o propagación de los comienzos bruscos era un tema debatido. Como posiciones más representativas podrían citarse las siguientes:

- Chapman (1917) consideraba que el SSC era producido por un chorro de iones y electrones (de carga eléctrica global nula) procedentes del Sol. Supone que el chorro de partículas conserva una componente de velocidad transversal correspondiente al giro de período 27 días de la rotación solar, de modo que, cuando alcanza la Tierra, la «barre» desde la zona del anochecer hacia la del amanecer, es decir hacia el W en la zona diurna y hacia el E en la nocturna. Teniendo en cuenta la velocidad transversal del chorro de partículas, éste cruzará toda la Tierra en aproximadamente 30 segundos, que, por tanto, será la diferencia máxima de tiempo entre los distintos tiempos del SSC registrados.
- Rodés (mencionado antes) partía también de la idea de una nube de partículas cargadas procedentes del Sol como origen de los SSC, pero consideraba que la nube viajaba perpendicularmente a la superficie del Sol. Es la Tierra, en su rotación alrededor del Sol, la que alcanza a la nube. El primer punto de alcance será el correspondiente al meridiano de la salida del Sol. Desde ahí la Tierra irá penetrando en la nube de iones hacia el meridiano de la puesta del Sol, es decir la perturbación se desplazará hacia el E en la zona diurna y hacia el W en la nocturna. El tiempo para que la Tierra quede totalmente envuelta en la nube es de unos 6,5 min. Es decir tanto el punto de inicio de los SSC como la dirección de propagación son contrarios a los de la teoría de Chapman.
- Bauer y Peters (1925) estudiaron 15 casos de SSC en varios observatorios, y después de comparar los resultados con las teorías de Chapman y

de Rodés, encontraron que la velocidad de propagación de la perturbación en la dirección de los paralelos es de 1.000 km/s, mientras que en la dirección desde baja latitud magnética hacia los polos es de 100 km/s. Como resultado propusieron como una hipótesis tentativa que la propagación no se realiza en dirección de los paralelos, sino desde el ecuador hacia los polos.

Como se ve, la determinación exacta de los tiempos de SSC en los diferentes observatorios era importante para conocer la física del fenómeno.

El Prof. Tanakadate, en su informe a la tercera **Asamblea General**, tenida en **Praga** (Septiembre 1927), se hace eco de un trabajo de Chree (1925) en que se pide a la Comisión sobre comienzos bruscos de tempestad, que realice una cuidadosa elección de la posición de las estaciones y de los instrumentos, así como de la componente magnética a registrar, para determinar la posible no simultaneidad de los SSC y su dirección y velocidad de propagación si es el caso.

En la **Asamblea General de Estocolmo** (Agosto 1930) empieza la preparación para colaborar en el II Año Polar, que tendrá un importante impacto en geomagnetismo y en el trabajo futuro de las VMR.

En esta Asamblea, el Dr. S. Ono presentó un trabajo en que describe los resultados de las observaciones realizadas durante esos años con nuevos instrumentos, diseñados por él mismo, de gran sensibilidad y muy buena definición temporal, que permitían una mejor definición de las características de los SSC.

El P. Rodés, da cuenta de los primeros ensayos realizados en el Ebro para registrar el tiempo exacto de los comienzos bruscos a partir del desvío del haz luminoso de los magnetógrafos normales hacia un tambor registrador de revolución más rápida.

La **Asamblea General de Lisboa** (Septiembre 1933), justo al acabar el II Año Polar, muestra un incremento de los trabajos en SSC. El informe del Prof. Tanakadate señalaba que el problema de los SSC había resultado muy oscuro hasta que, durante el «Segundo Año Polar», el Dr. La Cour construyó unos magnetógrafos rápidos de suficiente sensibilidad, que permitían ver claramente el fenómeno y registrarlo de forma continua sin gran dispendio de papel fotográfico. A partir de magnetogramas de Kakioka y Kanoya obtenidos con estos equipos, seleccionó tres comienzos bruscos de tempestad en la componente H muy bien marcados. Comparó los datos de SSC registrados en estas estaciones con los de otras, ampliamente separadas, con el mismo tipo de registro y encontró que las diferencias temporales eran de pocos segundos. Dedujo que el mismo fenómeno se registraba casi simultáneamente en todas las estaciones con las características propias dependiendo de la hora local (figura 2). Se presentaron otras 8 comunicaciones relacionadas con los SSC, entre ellas una del P. Rodés (1934) en que estudia la periodicidad diurna, estacional y secular de los SSC a partir de 218 casos registrados en el Ebro. Deduce que en los SSC el encuentro de la Tierra con las nubes de partículas procedentes del Sol se realiza preferentemente en el hemisferio posterior de la Tierra, atendiendo al movimiento de traslación, lo que favorecería la teoría de Chapman en contra de la suya. A.G.McNish (1934) com-

para los resultados de variaciones temporales de SSC obtenidos en Watheroo con los obtenidos por L. Rodés (1932) en Ebro.

Se cambió el Comité para el estudio de los SSC por una «Comisión para el estudio de las tempestades magnéticas de comienzo brusco», constituida por los Srs. Tanakadate, (Presidente), Chapman, LaCour y Rodés.

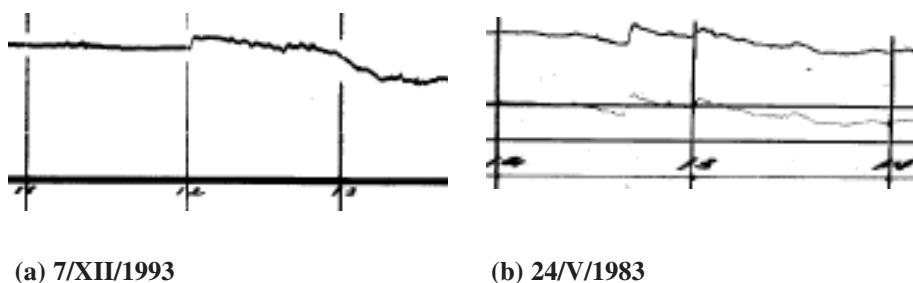


Figura 2. Magnetogramas registrados en el Observatorio del Ebro. La precisión en la determinación de la ocurrencia depende, entre otras cosas, del desarrollo temporal del registrador.

La **Asamblea de Edinburg** (Septiembre 1936) constituye un punto de inflexión en el interés de la Asociación por las VMR, y, aunque es el final de la Comisión para el estudio de las tempestades magnéticas de comienzo brusco, empieza lo que con el tiempo llegaría a ser el Servicio de las VMR. Se crea un nuevo Comité para el registro de pulsaciones gigantes en Islandia, pero sobre todo se crea el «Comité Conjunto de la Comisión de Magnetismo Terrestre y Electricidad Atmosférica» de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y la IATME para uniformar métodos y códigos que describan adecuadamente la agitación y perturbaciones magnéticas. El Dr. J.A. Fleming, nombrado Presidente, presentó un informe sobre Métodos y códigos para describir adecuadamente las perturbaciones magnéticas y se decide que algunos observatorios donde se producen más frecuentemente estas perturbaciones intenten aplicar el método durante un año. Las perturbaciones elegidas fueron las pulsaciones, oscilaciones, bahías y comienzos graduales y bruscos de tempestades magnéticas. Se recibió también un informe del P. Rodés (1937) (que no pudo asistir a la Asamblea a causa de la guerra civil que había empezado en España) en que calculaba la precisión temporal máxima que se podía obtener con los registros magnéticos utilizados en la época. El error de las medidas de tiempo con la instrumentación al uso resultaba del mismo orden que las diferencias de tiempo de llegada de la perturbación magnética a diferentes observatorios, predichas por la teoría. Por ello urgía a poner el máximo cuidado en el mantenimiento de las señales de tiempo en los registros.

La **Asamblea General de Washington (1939)** coincide con el comienzo de la II guerra mundial, por lo que asistieron muy pocos congresistas (24) de fuera

de Estados Unidos y Canadá. A pesar de todo, se creó un Comité sobre los índices trihorarios para la caracterización magnética, dirigido por el Prof. Bartels, y se recomendó la continuación de los Comités ya constituidos.

4. SEGUNDA ETAPA: ASAMBLEA GENERAL DE OSLO (1948) - ASAMBLEA GENERAL DE ROMA (1954)

La **Asamblea General de Oslo (1948)** significa la reanudación de la actividad una vez terminada la II guerra mundial.

Se disolvió el Comité conjunto con la Organización Meteorológica Mundial, debido a la desaparición del correspondiente de la OMM, y su trabajo se asignó a un nuevo comité, el Comité No.9 sobre «Caracterización de Perturbaciones Magnéticas», dirigido por el Prof. Bartels. Se adoptó una resolución (la nº 8) pidiendo a los observatorios que incluyeran en sus publicaciones la lista de los tiempos de los comienzos bruscos y, en cuanto fuera posible, de los efectos de las fulguraciones solares en el magnetismo terrestre (Sfe), pulsaciones gigantes y otros fenómenos remarcables no seguidos de perturbación magnética.

J.M. Princep, que preparaba su Tesis Doctoral en el Observatorio, presentó en esta Asamblea, junto con el P. Romaña, Director del mismo, un trabajo sobre los efectos magnéticos de la actividad solar, relacionado con variaciones magnéticas rápidas (Romaña y Princep, 1950)

En la **Asamblea de Bruselas (1951)** el P. Romaña (1954) presentó una comunicación sobre la ley de clasificación de las bahías magnéticas en latitudes medias. En realidad ya hacía tiempo que en el Observatorio del Ebro se investigaba sobre las bahías magnéticas como muestran los trabajos de J.M. Princep (1949a, 1949b) y Romaña (1950a, 1950b). Precisamente la tesis doctoral de J.M. Princep (1954) concluyó con la determinación de la ley de sucesión de bahías en diversos observatorios, que después, Cardús, a la sazón Vicedirector del Observatorio, extendió a una ley general.

5. TERCERA ETAPA: ASAMBLEA GENERAL DE ROMA (1954) HASTA EL PRESENTE

Como hemos dicho antes, en la **Asamblea General de Roma (1954)** se cambia el nombre de la Asociación Internacional de Magnetismo y Electricidad Terrestre (IATME) por la de Asociación Internacional de Geomagnetismo y Aeronomía (IAGA).

Se decidió separar las VMR del Comité 9, y encargarlas a un nuevo comité creado al efecto: el «Comité 10: sobre Variaciones Magnéticas Rápidas y Corrientes Telúricas», del que se nombró Presidente al P. Romaña. Las VMR incluían:

- SSC. Comienzos bruscos seguidos de tempestad magnética o de un período tempestuoso

- psc. Comienzos bruscos de perturbaciones polares o pulsacionales
- Sfe. Efectos de fulguraciones solares
- SI. Otros impulsos

Estas VMR se continuarían publicando en los Boletines 12 de la IAGA como lo había realizado hasta entonces el Comité 9.

El Informe presentado por la Delegación española a la Asamblea hacía referencia al trabajo del P. Cardús (1952) sobre la relación entre la posición heliográfica de las fulguraciones cromosféricas y la producción de los «corchetes» geomagnéticos (Sfe).

En esta Sesión se produjo una discusión sobre la dificultad de encajar las teorías sobre tempestades magnéticas en la explicación de las auroras. El Prof. Chapman intervino para señalar que efectivamente ninguna de las teorías existentes sobre tempestades magnéticas explicaba correctamente las auroras, y añadió que se estaba al comienzo de un largo camino que recorrer debido a la dificultad matemática de los modelos. Pensaba, sin embargo, que el progreso había de basarse en que la «nube» de partículas emitidas por el Sol que produce el comienzo de la tempestad al alcanzar la Tierra, debía considerarse compuesta de electrones y cargas positivas, con carga eléctrica global nula, y no de cargas de una sola polaridad que produjeran unas corrientes que dieran lugar al comienzo brusco, como hacían otros modelos.

El P. Romañá consideró que era necesario hacer una nueva determinación de los fenómenos que debían reseñar los observatorios, y una mejor definición de los mismos. Para ello en la reunión del Comité Especial para el Año Geofísico Internacional (CSAGI) en Bruselas (1955) convocó a los miembros del Comité No.10 asistentes y a otros expertos del Grupo de Trabajo de Geomagnetismo. El resultado de la reunión se comunicó a los miembros ausentes del Comité y a un grupo de especialistas. Teniendo en cuenta las aportaciones recibidas envió una circular a los observatorios colaboradores, pidiendo comentarios sobre las nuevas directrices, y sugerencias para mejorarlas. Se señalaban los siguientes fenómenos:

- **SSC (SSC*)** impulso brusco seguido de un incremento de actividad con características de tempestad durante un período tempestuoso suficientemente largo. El SSC* va precedido por un movimiento brusco contrario al principal.
- **psc** comienzo brusco (con o sin pulsaciones) de una bahía de suficiente amplitud (cuya amplitud depende de la latitud magnética) durante un intervalo suficientemente tranquilo
- Se suprime la indicación **SI** (impulso brusco no seguido de tempestad). Si se encuentra un movimiento muy pronunciado y excepcional que no se puede clasificar en otros grupos, se podría señalar como SC.
- **p** Se divide en dos grupos:
 - **pt** trenes de pulsaciones de duración limitada (normalmente menos de una hora) frecuentemente precedidas o acompañadas de una bahía
 - **pc** pulsaciones continuas durante varias horas
- **Sfe** pequeña bahía o «corchete» diurno, de ordinario en la dirección de la variación diurna, que se supone causado por una fulguración cromosférica.

En la reunión de la **CSAGI** de Barcelona (1956) el P. Romañá presentó al Grupo de Trabajo de Geomagnetismo un balance de la experiencia de medio año en la utilización de las nuevas definiciones. En la posterior discusión quedó patente la necesidad de una nueva reunión del Comité¹⁰ para actualizar la lista de fenómenos a reseñar por los observatorios, clarificar su definición y las normas para comunicarlos. Como resultado, se celebró un **Symposium** en **Copenhague**, en abril de **1957**, al que asistieron, además de los miembros del Comité, el Presidente de la IAGA, Prof. Bartels y varios expertos invitados. Se nombró Secretario del Symposium al P. Cardús. El P. Romañá señala unas normas para ayudar a guiar la discusión. Entre ellas la necesidad de fijar el fin que se pretende alcanzar con el estudio de un fenómeno, para no arriesgarse a cargar de trabajo a los observatorios inútilmente. Advierte también de que está previsto otro simposio sobre el problema general de las VMR al finalizar el Año Geofísico Internacional, por lo que el objetivo de la presente reunión debe ser de orden práctico. Entre las resoluciones aprobadas, se incluía una nueva lista de los datos que los observatorios tenían que enviar mensualmente al Comité, junto con la definición de los mismos. Se distingue entre los magnetogramas normales y los rápidos. Para los normales se introducía de nuevo el **SI** definido como impulso brusco importante ocurrido durante una tempestad, y del que se dudaba si es el comienzo de una tempestad nueva. Se pedía que indicasen los siguientes fenómenos: *SSC*, *SSC**, *SI*, *b*, *bp*, *bs*, *bps*, *pt*, *pg*, *Sfe*.

La lista para los magnetómetros rápidos incluía: *pt*, *pc*, *pg*.

Los indicativos de bahías se definían así:

- **b** bahía clara y aislada que aparece en períodos de calma, con o sin comienzo brusco y con o sin pulsaciones, pero sólo si son muy claras y limpias
 - **bp** bahía con pulsaciones precediendo o siguiendo el comienzo de la misma por no más de unos diez minutos
 - **bs** bahía con comienzo brusco
 - **bps** bahía con pulsaciones y comienzo brusco
- pg** indicaba pulsaciones gigantes.

Se propusieron también dos códigos de letras, uno para calificar la claridad del fenómeno y otro para la calidad del registro.

Se decidió además publicar un atlas con ejemplos de los diferentes tipos de fenómenos, provisionalmente con ejemplos artificiales, mientras se preparaba otro con ejemplos reales.

El proceso para confeccionar la lista anual definitiva de eventos era el siguiente: Se preparaba una lista de eventos a partir de los datos recibidos de todos los observatorios («checking list»). En general incluía todos los datos recibidos, excepto para los *Sfe*, que requería una mayor manipulación. En la lista de los *Sfe* se suprimían aquellos eventos que coincidían con otros fenómenos magnéticos claramente establecidos, y aquellos que, no teniendo confirmación, eran dados por un solo observatorio sin que los otros observatorios de su vecindad hubieran registrado ningún movimiento sobre sus curvas. Las «checking lists» se enviaban a los centros colaboradores para que dieran confirmación y calificación

de los eventos. Los observatorios respondían de una manera concertada con una codificación de letras como hemos indicado antes. Basándose en estos datos, en el caso de los Sfe, se confeccionaba un mapa mundial con la zona iluminada y en sombra, y se determinaba la región donde el fenómeno era observable. Además se hacía un estudio sinóptico de los datos solares ($H\alpha$ y rayos X), ionosféricos (SID), y radioeléctricos. Con todo esto se daba una calificación final del fenómeno que podía ser: a) cierto, b) dudoso o c) rechazado. Se hacían las listas definitivas de los Sfe ciertos y dudosos ordenados temporalmente. Para cada evento se daba la hora de inicio y los observatorios (con el código correspondiente de la IAGA) que lo habían observado, con la calificación dada. La inclusión de los demás eventos en las listas finales dependía del número de observatorios que lo hubieran observado.

En el informe del Comité 10 en la **Asamblea General de Toronto** (Septiembre de **1957**), el P. Romañá insistió en la importancia de la definición clara de la naturaleza y morfología de las variaciones magnéticas que se publicaban en las listas encargadas al Comité, si no se quería correr el riesgo de hacer estadísticas poco homogéneas y por tanto poco utilizables. Informó después sobre el Simposium de Copenhague y las resoluciones adoptadas, que fueron asumidas por la IAGA en la Resolución N° 9. En las diversas Sesiones de la Asamblea se presentaron doce comunicaciones relacionadas con las VMR. Se presentó además el atlas provisional de VMR, que se publicó posteriormente (Romañá 1959).

En esta época aparecen dos contribuciones del Observatorio del Ebro: una de Cardús (1958) sobre bahías y pulsaciones magnéticas, en que discute la influencia del tiempo local en la aparición de estos fenómenos y señala la importancia de que los observatorios situados entre 60° y 350° de longitud suministren datos de bahías y pulsaciones. Y otra de Romañá (1958) en que describe las características de las variaciones magnéticas rápidas, y los conocimientos actuales sobre su origen y evolución.

Se encargó al P. Romañá la organización del simposium sobre VMR, previsto al acabar el Año Geofísico Internacional. El **Simposium** tuvo lugar en **Utrecht** del 1-4 de septiembre de **1959**. En él participaron los mejores especialistas teóricos y experimentales. Los primeros expusieron las últimas teorías y la relación de datos que necesitaban, y los segundos los límites actuales de las posibilidades de observación. Se dedicaron varias sesiones a las pulsaciones magnéticas que habían despertado gran interés, especialmente entre los investigadores rusos. Estos investigadores enviaron sus comunicaciones, pero no pudieron asistir al simposium. El Prof. Chapman presentó un trabajo (Akasofu y Chapman, 1959) con las teorías vigentes en aquel momento sobre la interpretación de los SSC. El resumen global del conocimiento sobre los SSC sería: Se podía considerar el campo magnético CM como suma de dos campos: Dst y DS. El primero sería el promedio de CM a lo largo de un paralelo de latitud geomagnética, por lo tanto tiene el mismo valor en todos los puntos del paralelo magnético. El segundo se consideraba la diferencia CM-Dst. El campo del comienzo brusco de la tempestad en la superficie de la Tierra (Sc) estaría producido, en parte, por el frenado

inicial de la nube o chorro solar a una distancia de unos pocos radios terrestres, debido al campo magnético de la Tierra; este cambio del campo se transmitía de alguna manera, que se desconocía, desde esta región hasta la superficie de la Tierra. Esta parte del campo Sc incluía gran parte del Dst en latitudes bajas. Otra gran parte del campo Sc, que comprendía casi toda la parte DS, se consideraba causada por un sistema de corrientes generado en la alta atmósfera, principalmente a latitudes polares, aunque se extendía a gran parte de la Tierra. Se suponía que estas corrientes estaban producidas por partículas solares o, posiblemente, por ondas de choque del chorro solar, que entrarían en la ionosfera auroral. Se desconocía cómo la entrada en la región polar generaba este sistema de corrientes. El estudio de datos precisos y abundantes de SSC ayudaría a avanzar en el conocimiento de este fenómeno.

Se confirmaron las normas para la difusión de las observaciones dadas en el Simposium de Copenhague y, a petición de los investigadores rusos, se añadió a la lista de parámetros que debían observarse las denominadas «pulsaciones perla» (PP), de período 1-4 segundos. Se decidió pedir a los investigadores rusos algunos ejemplos de estas pulsaciones y sugerencias sobre la forma de darlas para las listas de VMR, posponiendo su aplicación hasta la Asamblea General de Helsinki. Volvió a remarcarse la necesidad de la exactitud de los datos de los tiempos de comienzo de los eventos, especialmente de los SSC de los que ahora convenía una mayor precisión.

En su informe a la **Asamblea General de Helsinki (1960)**, el P. Romañá da cuenta del aumento del número de observatorios colaboradores, que pasó de 69 en 1957 a 92 en 1959. La Asamblea adoptó las resoluciones del Simposium de Utrecht, y encargó al Comité No.10 determinar las regiones más importantes para la distribución de estaciones capaces de registrar pulsaciones. Finalmente recomendó Organizar un Simposium sobre Variaciones Rápidas Magnéticas y Telúricas, especialmente sobre pulsaciones de período menor de 20 seg, durante la siguiente Asamblea de la IUGG.

Romañá y Cardús (1962) publicaron un artículo en que analizan la distribución horaria de las bahías y pulsaciones magnéticas y de corrientes telúricas durante el Año Geofísico Internacional (AGI) y el de Cooperación Geofísica Internacional (IGC) (julio 1957-diciembre 1959) a partir de los datos enviados al Comité nº 10. También Romañá (1962) publica otro sobre algunas irregularidades observadas en las curvas de frecuencia de horas con pulsaciones magnéticas del tipo pc que aparecen en los observatorios ecuatoriales.

Durante la **Asamblea General de Berkeley (1963)** tuvo lugar una reorganización total de la IAGA. La Asociación se organizó en 9 Comisiones cuyos Presidentes serían propuestos por el Comité Ejecutivo y elegidos por la Asamblea General. Cada Comisión podría organizarse en diferentes Grupos de Trabajo. Los trabajos del Comité No.10 quedaron englobados en la Comisión IV «Actividad y Perturbaciones Magnéticas», dentro del Grupo de Trabajo 8 «Morfología de las Variaciones Rápidas», con el P. Romañá como Coordinador. El P. Romañá, que señalaba en su informe la disminución de los observatorios colaboradores (de 83 en 1960 a 52 en 1963), convocó dos reuniones para estudiar problemas relacio-

nados con los SSC y las pulsaciones magnéticas. En la primera se trató de la necesidad de escoger una serie de observatorios bien distribuidos latitudinal y longitudinalmente, con instrumentación apta para determinar el tiempo exacto de los SSC. En la segunda se trató de determinar una clasificación correcta de las pulsaciones magnéticas. Las decisiones fueron incluidas en las resoluciones 28 de la IUGG y 13 de la IAGA. Las pulsaciones se dividían en dos clases generales: las regulares y generalmente continuas, y las de modelo irregular. Las primeras cubren el rango de períodos 0.2-600 seg. que se divide en 5 subgrupos distribuidos según los siguientes períodos: **pc 1:** 0.2 a 5 seg.; **pc 2:** 5 a 10 seg.; **pc 3:** 10 a 45 seg.; **pc 4:** 45 a 150 seg.; **pc 5:** 150 a 600 seg.

La segunda clase, generalmente conectada con perturbaciones magnéticas y su correlación con la atmósfera superior se divide en dos subgrupos: **pi 1:** 1 a 40 seg.; **pi 2:** (anteriormente pt) 40 a 150 seg.

En esta Asamblea se presentaron 31 comunicaciones relacionadas con el Comité No. 10,

En su informe a la **Asamblea General de ST. Gall (1967)** como Coordinador del Grupo de Trabajo IV-8, el P. Romañá indicaba que la actividad del Grupo se había identificado casi totalmente con su actividad como Servicio Permanente, y destaca los siguientes problemas, algunos de los cuales continúan siendo actuales:

- Hora de los SSC y SI.- Del estudio realizado sobre datos definitivos publicados correspondientes al período 1958-1965 se deduce que representan realmente la hora más probable del fenómeno, pero su precisión no pasa del minuto. Un examen más cuidadoso de los registros de velocidad rápida dan, por el momento, un resultado negativo, debido por una parte a una distribución geográfica insuficiente, y por otra porque los datos están afectados en su mayor parte de imprecisiones de varias décimas de minuto. Las causas que podrían hacer insoluble el problema con los métodos de registro actuales podrían ser: a) falta de seguridad debido a deficiencias inevitables en la calibración de los relojes y los juegos de relés intercalados entre el reloj y el registro.; b) dificultad debido a que las variaciones de los SSC y los SI son muchas veces «emergentes» más que «bruscas», y a la imposibilidad de obtener, por el momento, una mayor sensibilidad en los registros a causa de la misma naturaleza de los aparatos; c) subjetivismo inevitable en la interpretación de las curvas.
- Hora de las bahías y pulsaciones conexas.- La hora que se le atribuye no puede representar la hora más probable del comienzo del fenómeno que no es de naturaleza instantánea, como los SSC o los SI. No es más que una especie de hora central ponderada, alrededor de la cual se agrupan las manifestaciones sucesivas del fenómeno.
- Hora de las pulsaciones no acompañadas de bahía.- Teniendo en cuenta la definición de las pi se ve la dificultad de considerar como hora más probable del comienzo la media de las horas dadas por los diversos observatorios ya que existe el peligro de mezclar en el cálculo horas correspondientes a trenes de pulsaciones diferentes. Para el estudio es necesario uti-

lizar datos de registros de marcha rápida, pero por el momento no se puede prescindir de los registros normales si se quiere tener una imagen del fenómeno a escala mundial.

- Pulsaciones gigantes. - La mayor parte de las que se envían probablemente no son verdaderas pg debido a la falta de precisión en su definición. En su publicación habría que adjuntar su duración, amplitud y período para poder discernir si se trata de verdaderas pg o de pi o pc de mayor amplitud.
- Efectos de fulguraciones solares. - Es difícil su estudio por la falta de forma característica propia.

La Comisión IV determinó la unión de los Grupos IV-8 y IV-1 en un único Grupo que se denominaría IV-1 «Morfología e Índices». Como había indicado el P. Romañá (figura 3), la actividad del Grupo IV-8 se realizaba principalmente como Servicio de Variaciones Magnéticas Rápidas, incluido en el Servicio de Índices Geomagnéticos, a cuyo mantenimiento contribuía la Federación de Servicios Astronómicos y Geofísicos (FAGS). La Comisión IV constituiría una especie de Junta Consultiva del Servicio. El objetivo del Servicio se fija en obtener una imagen de la distribución en el tiempo y en el espacio de las variaciones rápidas y de sus características.

En la **Asamblea General Científica de Madrid (1969)** el Grupo de Trabajo IV-1 presentó el resultado de un cuestionario sobre el interés de continuar la



Figura 3. El P. Romañá en una de sus conferencias científicas.

publicación, o la modificación de las listas actuales de los diferentes índices magnéticos y VMR. Las listas de SSC y Sfe resultaban las más apreciadas.

Se insistió de nuevo en la necesidad de la publicación de los tiempos exactos de los SSC y los SI que deberían suministrar las estaciones con registros rápidos.

Los datos de VMR a partir de 1970 se publican en los Boletines 32 de la IAGA, continuación de los Boletines 12. En el Boletín (32 a) se introducen las directrices decididas en la Asamblea de Madrid. Es decir, se omiten las listas de las llamadas «perturbaciones menores» y de los Sfe rechazados. Los SSC, SI, bahías, y pi2 se dan sólo si el número de estaciones que los registran es suficientemente elevado. Las pulsaciones pc4 y pc5 se publicarán en los suplementos anuales de los boletines trimestrales. Además, las «checking lists» se envían a los observatorios para informar sólo de las pg y los Sfe.

En los boletines se dan las siguientes indicaciones respecto a los diferentes fenómenos registrados:

SSC. Como tales se consideran los comienzos bruscos seguidos de una tempestad magnética o de un incremento de actividad de una duración mínima de una hora. Sólo se consideran los casos que han sido reseñados por lo menos por 10 estaciones. Sin embargo, el número de estaciones requerido varía en regiones de pequeña densidad de estaciones de la red.

Bahías o pulsaciones asociadas con bahías. Se aplica el mismo criterio que para los SSC en cuanto al número mínimo de observatorios que lo registran requerido para su publicación y el sistema de letras para calificar el fenómeno. Se utilizan además los siguientes símbolos:

- b bahía clara y aislada durante período de calma, sin pulsaciones o comienzo brusco
- bs bahía con comienzo brusco sin pulsaciones
- bp bahía con pulsaciones sin comienzo brusco
- bps bahía con pulsaciones y comienzo brusco
- pi2 tren de pulsaciones de forma irregular y comienzo generalmente impulsivo, con período 40-150 seg., que consiste en varias series de oscilaciones, cada una de duración de alrededor de 10 minutos
- pg pulsaciones gigantes, es decir pulsaciones excepcionales de gran período y regularidad
- 2b perturbaciones pulsacionales de tipo pi2 no asociadas con bahías. Los períodos de estas pulsaciones están en el intervalo 40-150 seg

De los **Sfe** se publican dos listas: una con los Sfe probables y otra con los dudosos. Se consideran dudosos aquellos que no han sido señalados por estaciones bien situadas respecto al punto subsolar, aunque han sido dados por otras estaciones, y aquellos que, además de haber sido señaladas por estaciones bien situadas, han sido dados por estaciones situadas en noche profunda, y no pueden corresponder a bahías nocturnas. También los casos en que la interpretación de los datos estaba oscurecida por perturbaciones universales simultáneas. Asimismo cuando los datos solares, radioeléctricos y ionosféricos no muestran una clara variación en el tiempo del presumible Sfe.

Se publicó un artículo sobre la rotación del vector bahía (Virgós y Cardús, 1974) como resultado de un trabajo de fin de carrera dirigido por el P. Cardús, que, además de confirmar la ley de sucesión de bahías de Princep, encuentra que la velocidad de rotación del vector bahía es del mismo orden en latitudes medias (figura 4).

El siguiente cambio significativo relacionado con las VMR tuvo lugar en la **Asamblea General de Grenoble (1975)**. La reorganización de la Asociación en

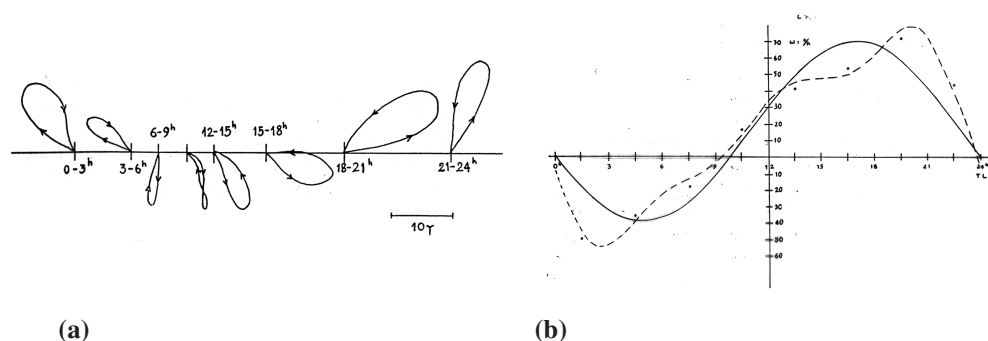


Figura 4. (a) Rotación del vector bahía en el Observatorio del Ebro y (b) variación con el tiempo local.

la Asamblea de Kioto (1973) había situado la actividad del SVMR en el Grupo de Trabajo 6, «Índices Geofísicos», dentro de la División V «Observatorios, Instrumentos, Índices y Datos». En la Asamblea de Grenoble se determinó que los archivos de variaciones magnéticas rápidas utilizadas en la preparación del Boletín 33 de la IAGA se depositasen en el Observatorio del Ebro. Este Boletín correspondía al trabajo de P.N. Mayaud (1973), y contenía la lista de 100 años de SSC medidos por el autor con un criterio que difería del utilizado hasta entonces (definido más arriba). La diferencia principal se refiere al cambio de actividad magnética que sigue al movimiento brusco del campo magnético. Para el autor lo importante para determinar la existencia de un SSC es el «cambio de ritmo» de la actividad magnética, que manifiesta el incremento de esta actividad, independientemente de su amplitud. En la presentación de su trabajo a la Asamblea, Mayaud propuso también que, para determinar los SSC, se utilizasen los registros de 5 observatorios de baja latitud, no ecuatoriales, distribuidos regularmente alrededor del Globo. En esas latitudes quedan eliminados los efectos aurorales y del electro-chorro ecuatorial. Para las nuevas medidas de los SSC en el SVMR se aceptaron los criterios de Mayaud, y se continuaba así la serie de los cien años de datos medidos por este autor.

La Asamblea aprobó una resolución (Res. 5) reconociendo la importancia de las listas de VMR preparadas por el Observatorio del Ebro, al que da las gracias por el largo servicio en este campo. En la Resolución 6 se pide al Observatorio del Ebro que continúe este servicio, a la vez que se determina que, en adelante,

sólo se publiquen los datos de los SSC, Sfe, y los eventos inusuales. Además, siguiendo la sugerencia de Mayaud, se recomienda el envío de magnetogramas de estaciones seleccionadas de baja latitud a requerimiento del Observatorio del Ebro.

A partir del Boletín No. 32g (con los datos de 1976), el primero publicado después de la Asamblea de Grenoble, se recogen estas directrices. Los observatorios de baja latitud seleccionados son: MB (Mbour), FQ (Fuquene), HO (Honolulu), PM (Port Moresby) y AL (Alibag), y como suplementarios TA (Tamanrasset), PA (Paramaribo), AP (Apia), KY (Kanoya) y HD (Hyderabad). Además de la hora del SSC, se da el promedio de duración y amplitud del mismo en estos cinco observatorios. Para seleccionar los registros es esencial la lista de posibles SSC obtenida a partir de los datos mensuales de los observatorios de la red general. Estos datos ayudan también a resolver algunos casos dudosos que se presentan debido a la diferente morfología de los SSC en los distintos observatorios de baja latitud. Para la determinación del procedimiento de estas medidas fue fundamental el trabajo de las medidas realizadas para confeccionar las listas de SSC en el período 1968 – 1975, que se publicaron en el Boletín No. 39 (Mayaud y Románá, 1977), donde se describe extensivamente el método empleado y las dificultades que entraña la determinación de los SSC.

En la **Asamblea General Científica de Seattle (1977)** el Grupo de Trabajo V-6 insiste en la necesidad de que el máximo número de observatorios informe sobre los posibles SSC detectados. Para conseguirlo se decide publicar una nota en el IAGA News (que parece el método de mayor difusión) indicando la importancia de que todos los observatorios informen de los SSC al Observatorio del Ebro para seleccionar los que serán publicados en los Bol. 32.

En su informe a la **Asamblea General Científica de Edimburgo (1981)** el P. Cardús señala la escasez de observatorios que informan sobre los Sfe, y su mala distribución geográfica, con grandes zonas (sobre todo la americana y la rusa) vacías de informadores. Por un lado esto dificulta el discernimiento sobre la realidad del evento, y por otro hace que probablemente dejen de contabilizarse muchos Sfe. Indica también que hay observatorios que informan consistentemente de Sfe muy claros durante las horas nocturnas locales, en contradicción con lo que teóricamente es de esperar. La nueva clasificación de los Sfe usando letras para indicar la calidad del evento, y números para la calidad del registro, ha resultado satisfactoria y ha ayudado para discernir casos dudosos.

El P. Cardús toma el relevo en la dirección del servicio, y comienza esta etapa con la publicación de los datos de 1980 en el Boletín 32 K de la IAGA.

En sucesivas Asambleas el P. Cardús informa de la dificultad en la determinación de los Sfe, debido a la falta de una definición clara de la morfología del fenómeno, junto con la disminución del número de observatorios colaboradores ya mencionada. Esta indefinición hace que algunas estaciones comuniquen como Sfe muchas variaciones que no pueden clasificar en otros grupos. El intento de mejorar la definición del fenómeno lleva a la realización de diversos trabajos en el Observatorio del Ebro que se plasma en varias comunicaciones y publicaciones: (Curto et al., 1992) sobre los Sfe registrados en el Observatorio, (Curto et

al., 1994a) donde se determinan las condiciones de posibilidad para que se den los Sfe inversos y sobre todo (Curto et al. 1994b) donde se construye un modelo físico en el que se tienen en cuenta los fenómenos esenciales que intervienen en la producción de los Sfe desde las fulguraciones solares hasta el campo magnético inducido por las corrientes ionosféricas de la región dinamo.

En la **Asamblea General de la IAGA en Viena (1991)** J.J. Curto presenta un trabajo sobre la separación entre los sistemas de corriente eléctrica de la variación diurna y de Sfe (figura 5).

Un análisis estadístico a partir de 30 años de datos para la caracterización de los fenómenos Sfe en el Observatorio del Ebro se presenta en la **Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica de San Fernando (1991)**

En la **Asamblea General Científica de la IAGA en Buenos Aires (1993)** se presenta un modelo físico integrado para los Sfe.

En la **Asamblea General Científica de la IAGA en Uppsala (1997)** J.J. Curto presenta un trabajo donde se analiza la influencia de la distribución espacial y temporal de las fulguraciones solares de los tipos Ha y rayos-X sobre el disco solar en la eficacia de producción de efectos geomagnéticos, así como su eficiencia espectral.

La escasez de observatorios colaboradores y las dificultades del largo proceso de detección tradicional aconsejan la prospección de nuevos métodos que sean lo más automatizados posibles. Así en la **Asamblea General de la IAGA en Boulder (1995)** J.J. Curto presenta el desarrollo de un sistema de detección automática de eventos SSC a partir de algoritmos de evaluación de niveles de agitación magnética.

Otros fenómenos de interacción Solar-Terrestre dentro del campo de variaciones magnéticas rápidas son los efectos de los eclipses solares. En la **Asamblea General Científica de Hanoi (2001)** J.J. Curto presenta un análisis de los efectos magnéticos causados por el eclipse solar del 11 de Agosto de 1999. Se construye un modelo de radiación ionizante aprovechando el efecto de barrido de la Luna en su paso por delante del Sol durante el eclipse. Con ello se puede predecir el efecto magnético en Tierra para observatorios bajo la zona de sombra. El corazón del modelo astronómico de radiación solar generado a partir de datos geofísicos durante este eclipse se presenta en una comunicación en la **Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica en Valencia (2002)** (Curto y Piñol, 2003).

A partir del año 2002 el P. Alberca toma el relevo del P. Cardús en el trabajo del SVMR, y aprovechando las nuevas facilidades que proporciona el acceso a los datos de la red INTERMAGNET, se modifica el modo de proceder. La práctica actual para la determinación de los Sfe prescinde de las «checking lists». Como primer paso, se rechazan, de las listas mensuales de datos que envían los observatorios cooperadores, los eventos ocurridos en tiempo en que no ha habido fulguración solar. El resto de los datos se confirma con el estudio de los registros de la red de observatorios INTERMAGNET, al que tiene acceso el Observatorio. El propio SVMR asigna la clasificación del fenómeno con las letras y números tradicionales, que antes proporcionaban los observatorios colaboradores, con lo que el criterio de discernimiento parece más uniforme. A partir

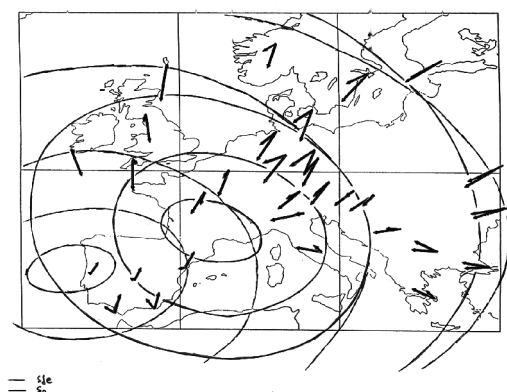


Figura 5. Distribución de corrientes eléctricas ionosféricas para los sistemas Sfe y Sq a las 12 horas del día 11 de Julio de 1978.

de los datos finales se confeccionan los mapas mundiales con la zona iluminada y en sombra, y se determina la región donde el fenómeno es observable. Con el conjunto de todos estos datos se califica el evento.

En la **Asamblea General de la IAGA en Sapporo (2003)** J.J. Curto presenta las estrategias vigentes para la detección de los SSC con una comparativa entre los métodos tradicionales y los actuales, finalizando con la perspectiva de los futuros (Curto y Blanch, 2004). En particular, los métodos desarrollados por el grupo, basados en análisis Wavelet, se exponen en el **Congreso Internacional de Roquetas (2004)** Workshop «Challenges for Geomagnetism, Aeronomy and Seismology in the XXI Century» celebrado en motivo del centenario del Observatorio del Ebro.

En diversas comunicaciones a las Asambleas de la IAGA, el P. Cardús había puesto de relieve la ambigüedad de la denominación de los SSC de acuerdo con las normas actuales para su clasificación, y el desfase respecto a los nuevos conocimientos sobre su origen. Algunos científicos (Joselyn & Tsurutani, 1990) apoyaban estas consideraciones y sugerían cambios para la clasificación del fenómeno. Más recientemente el Prof. Araki (1994) presentó un modelo físico de los SSC en que muestra su desarrollo a partir del comienzo de la compresión de la magnetosfera por un incremento brusco de la presión dinámica del viento solar, y explica el mecanismo y la morfología de los SSC (figura 6) dependiendo de la conductividad de la ionosfera.

El SSC se puede considerar como un caso particular de **SI** y su producción no tiene relación directa con las tempestades magnéticas. Nuestra propuesta para la nomenclatura actual consiste en denominar **SC** al fenómeno de variación brusca, que puede ser **SI**, si no le acompaña tempestad magnética, o **SSC** si se produce una tempestad magnética posterior. La forma de los SC depende, entre otras cosas, de la conductividad de la ionosfera, y por lo tanto deben tener una variación diurna y latitudinal. Los datos recopilados por el SVMR pueden hacer un

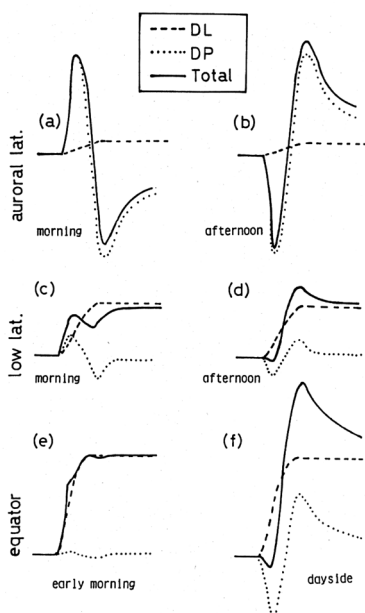


Figura 6. Componentes de los eventos SSC y su distinta manifestación según la ubicación del observatorio sobre la Tierra: mañana en latitudes altas (a), bajas (c) o ecuatoriales (e) o tarde en latitudes altas (b), bajas (d) o ecuatoriales (f).

buen servicio para la profundización en el estudio de esas variaciones del campo magnético. En este sentido, ya la Asamblea General de la IAGA de **Upsala (1997)**, aprueba una resolución señalando su profundo aprecio por el trabajo del Observatorio del Ebro, y recomienda que se realicen todos los esfuerzos posibles para continuar la operación del Observatorio y la producción de los datos de Sfe y SSC.

En la **Asamblea General Científica de la IAGA en Toulouse (2005)** J.J. Curto presenta los avances en la detección automática de SSC y las ventajas del uso de los datos del viento solar como elemento complementario a la observación de los movimientos geomagnéticos. En otro trabajo expone los problemas en la definición de Mayaud sobre los SSC. En esta misma asamblea y dentro del Grupo de Trabajo de Observatorios el Dr. Curto, Jefe de la Sección de Magnetismo del Observatorio del Ebro, presenta una propuesta oficial de cambio para la clasificación de los SSC en el sentido indicado. La fundamentación científica de la propuesta es aceptada por la mayoría de los asistentes, pero se decide posponer la aceptación de la propuesta para la próxima **Asamblea General de la IAGA en Perugia (2007)**. Se encomienda al Dr. Curto la producción de un artículo con el fondo teórico justificativo de la propuesta para que los científicos puedan estudiarla antes de discutirla.

6. CONCLUSIONES

Los casi 100 años de observación e investigación de las VMR han llevado a un progreso importante en su grado de conocimiento.

El Observatorio del Ebro, fiel a su vocación definida en su línea fundacional, sigue promoviendo los trabajos de estudio de las VMR. Por un lado, en colaboración con la red mundial de observatorios geomagnéticos, genera y mantiene una base de datos sobre eventos a partir de un proceso de recopilación, discriminación y clasificación. En este proceso sirve de referencia para el trabajo de otros observatorios aportando una vertiente de asesoría y dirección.

Por otro lado, participa en las reuniones internacionales y grupos de trabajo aportando nuevos trabajos científicos que sirven para el progreso del conocimiento y plantean nuevos retos que esperemos se cumplan en un futuro.

7. REFERENCIAS

- AKASOFU, S.I. & S. CHAPMAN (1959). The sudden commencements of geomagnetic storms. *Urania* V 44, nº 250, 321-358
- ARAKI, T. (1994). A physical model of the geomagnetic model sudden commencement. *Geophys. Monograph.*, 81, 183-200
- BAUER, L.A. (1923). Transactions of Rome meeting, May 1922, *IAGA Bulletin* nº 3, pg 170
- BAUER, L.A. & W.J. PETERS (1925). Regarding abruptly – beginning magnetic disturbances. *Terr. Mag. & Atm. Electricity*, V. 30, 45-68.
- CARDÚS, J.O. (1952). Influencia de la posición heliográfica de las fulguraciones cromosféricas en la producción de corchetes geomagnéticos. *Urania* 37, nº 231, 114-168.
- CARDÚS, J.O. (1958). PSC, bahías y pulsaciones. *Urania* 43 nº 247, 51-90,
- CHAPMAN, S. (1917). On the Times of Sudden Commencements of Magnetic Storms. *Proc.Phys.Soc.* London 30, 205-214.
- CHREE, C. (1925). The Times of «Sudden Commencements» (S.C.s) of Magnetic Storms: Observation and Theory. *Proc.Phys.Soc.* London, 38, 35-46.
- CIRERA, R. & M. BALCELLS (1907a). Étude des rapports entre l'activité solaire et les variations magnétiques et électriques enregistrées à Tortosa (Espagne). *Comptes Rendus des Séances de l'Acad. des Sci.* T 144, nº18, 959-961.
- CIRERA, R. & M. BALCELLS (1907b). Remarques sur le rapport entre l'activité solaire et les perturbations magnétiques. *Comptes Rendus des Séances de l'Acad. des Sci.* T 145, nº2, 862-864.
- CURTO, J.J.; J.O. CARDÚS; J.M. TORTA; C. MAZAUDIER & M. MENVIELLE (1992). 30 años de en el Observatorio del Ebro. *Revista de Geofísica*. 48, núm. 2. 141-151.
- CURTO, J.J.; C. AMORY-MAZAUDIER; J.M. TORTA & M. MENVIELLE (1994a). Solar flare effects at Ebre: Regular and reversed solar flare effects,

- statistical analysis (1953 to 1985), a global case study and a model of elliptical ionospheric currents. *J. G. R.* 99, núm. A3. 3945-3954.
- CURTO, J.J.; C. AMORY-MAZAUDIER; J.M. TORTA & M. MENVIELLE (1994b) Solar flare effects at Ebre: Unidimensional Physical integrated model. *J. G. R.* 99, núm. A12. 23289-23296.
- CURTO, J. J. & M. PIÑOL (2003). Modelo de radiación solar a partir de datos geofísicos durante el eclipse del 11 de Agosto de 1999, *Actas de la III As. Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica*, ISBN: 84-9705-298-6.
- CURTO, J.J. & E. BLANCH (2004). Detecção de SSC. 4a Assembleia Luso-Espanhola de Geodesia e Geofísica = Assembleia Hispano-Portuguesa de Geodesia e Geofísica. Resumos-Resumens [sic]. (Figueira da Foz. Portugal. 3-7 de fevereiro de 2004). [s.p.i] S09.5. 455-456.
- JOSELYN, J.A. & B.T. TSURUTANI (1990). Geomagnetic sudden impulses and storm sudden commencements. A note on terminology. *EOS* 1808.
- MAYAUD, P.N. (1973). A hundred years series of Geomagnetic data 1868-1967: Indices aa and storm sudden commencements. *IAGA Bul.* No. 33, 34 p, 110 h de tab.
- MAYAUD, P.N. & A. ROMANÍA (1977). Supplementary Geomagnetic Data 1957-1975: Indices Kn, Ks and Km, 1959-1963, Indices aa, 1968-1975, New list of ssc's 1968-1975, Yearly diagrams of activity 1957-1975. *IAGA Bul.* No. 39, 147 p
- MCNISH, A.G. (1934). Occurrence of Sudden Commencements at the Watheroo Magnetic Observatory. Association de Magnétisme et Électricité Terrestres. *Comptes Rendus de l'Assemblée de Lisbonne*, Bul. N° 9, 234-238.
- PRINCEP CURTO, J. M. (1949a). Bahías Geomagnéticas. Tortosa: Imp. de Algeró y Baiges., (Memorias del Observatorio del Ebro; 10). 122 p.
- PRINCEP CURTO, J. M. (1949b). Un ciclo de bahías en el Observatorio del Ebro. *Revista de Geofísica*. Año 8, núm 32. 507-522.
- PRINCEP CURTO, J.M. (1954). Distribución diurna de los tipos fundamentales de bahías geomagnéticas en Tortosa, Cheltenham, Tucson y San Juan; *Revista de Geofísica*, Año 13, No 51-52, 217-232.
- RODÉS, L. (1922). On the non-simultaneity of magnetic storms. *Terr. Mag. and Atm. Electricity*. 27. n° 4. 161-166.
- RODÉS, L. (1932). Período diurno, anual y secular en las perturbaciones súbitas del campo magnético terrestre *Terr. Mag. & Atm. Electricity*. 37. 273-279
- RODÉS, L. (1934). Yearly and daily period on the frequency of sudden commencements of magnetic storms. *Comptes Rendus de l'Assemblée de Lisbonne*. 279-282. (U.G.G.I. Association de Magnétisme et Électricité Terrestres. Bulletin; 9)
- RODÉS, L. (1937). Report to the President of the Committee on Sudden Commencements. Transactions of the Edinburg Meeting, [Sept. 17-24, 1936], *IATME Bull* n° 10. 177-179.
- ROMANÍA A. (1950a). Sobre las bahías geomagnéticas en los Observatorios de México y del Ebro. XIII Congresso Luso-Espanhol para o Progresso das Ciencias. T. 3 2ª secção. Lisboa., 19 p.

- ROMAÑA, A. (1950b). Sobre el carácter general de la clasificación de las bahías geomagnéticas y su ley de aparición durante el día. *Geofís. Pura e Applicata*. 18. 148-154.
- ROMAÑA, A. (1954). Sur le caractère général de la loi de classification des baies géomagnétiques pour les latitudes moyennes; Transactions of Brussels Meeting, *IATME Bull.* Nº 14, 307 p. (Resumen),
- ROMAÑA, A. (1958). El estudio de las variaciones rápidas del campo magnético terrestre. *Not. IGMT* nº 50, 347-363.
- ROMAÑA, A. (1959). «Repport General» with the Provisional Atlas of Rapid Variations. *Annals of the Inter. Geophys. Year.* 2B. 668-709
- ROMAÑA, A. (1962). Sobre algunas irregularidades de las curvas de frecuencia de horas con pc en los observatorios de la zona ecuatorial geomagnética. Publicación conmemorativa del 50 aniversario del Observatorio magnético de San Miguel. Azores. Lisboa, 217-227.
- ROMAÑA, A. & J.O. CARDUS (1962). Geomagnetic rapid variations during IGY and IGC. *J.Phys.Soc.Japan* 17, Suppl. A-II, 47-55.
- ROMAÑA, A. & J.M. PRÍncep (1950). Contribution à l'étude des effets géomagnétiques des différentes manifestations de l'activité solaire. Transactions of Oslo Meeting, *IATME Bull* nº 13, 355-357. (Resumen)
- VIRGOS, J. & J.O. CARDUS (1974). Velocidad de rotación del vector bahía. *Urania* 59 nº 279-289. 97-112.