

Estudio preliminar de eyecciones de masa coronal con emisiones sucesivas observadas por el Solar Maximum Mission

Adolfo L. Méndez Berhondo ⁽¹⁾, Ramon E. Rodríguez Taboada ⁽¹⁾, Liliana Alfonso Larralde ⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Instituto de Geofísica y Astronomía. Calle 212 No.2906, La Lisa, C. Habana, CP 11600, Cuba.

Recibido: enero-octubre, 2004	Aceptado: noviembre, 2004
-------------------------------	---------------------------

Resumen

Una característica esencial de las eyecciones de masa coronal es que pueden ser eventos complejos, tanto por su morfología, como por su propia evolución temporal. Especial atención reciben las eyecciones de masa coronal con varias emisiones temporalmente cercanas que, provenientes de un mismo escenario magnético, son consideradas como emisiones sucesivas (por componentes) de un mismo evento. Las eyecciones de masa coronal con varias emisiones sucesivas brindan información relacionada con la reorganización de la estructura coronal (tiempo de relajación, tiempo de reestructuración) y el almacenamiento de la energía en una escala espacial global (complejo de actividad). Este tipo de emisiones de plasma coronal por componentes pudiera estar relacionada con procesos de reestructuración a gran escala de la topología de la magnetosfera solar y con el origen y evolución de las eyecciones de masa coronal “globales”. Otro aspecto importante de las eyecciones de masa coronal con emisiones sucesivas, es el estudio de posibles interacciones entre las componentes y la producción de partículas energéticas en el medio interplanetario, aspectos estos de importancia fundamental para el pronóstico y el diagnóstico del clima espacial circunterrestre. En este trabajo se hace un estudio preliminar de las características morfológicas fundamentales (evolución temporal, distribución morfológica, asociación con formaciones fotosféricas) de las eyecciones de masa coronal con emisiones sucesivas observadas entre 1984 y 1989 por el coronógrafo a bordo del Solar Maximum Mission.

Palabras clave: Física solar.

Abstract

An essential characteristic of coronal mass ejection is that by its morphology and its temporary evolution they can be complex events. Special attention receives the coronal mass ejection with several temporally near emissions coming from same magnetic scenario. In some cases they can be considered as successive emissions (or components) of a unique event. The coronal mass ejection with several successive emissions offer information related to the reorganization of the coronal structure (relaxation time and restructuring time of coronal magnetic structures supporting the coronal mass ejection) and the storage of the energy from local to global space scales. Another important aspect of the coronal mass ejection with successive emissions, is that the allow to study the possible interactions between the components, some times referred as “cannibalism”, and the production of solar energy particles (SEP) in the interplanetary medium. This is an important task to the forecasting and the diagnosis of the space weather. In this work a preliminary study of the morphological fundamental characteristics (temporary evolution, morphological type distribution, and association with photospheric features) of the coronal mass ejection with successive emissions observed by the coronagraph on board the Solar Maximum Mission (1984-1989) is presented.

Key words: Solar physics.

Introducción

Las eyecciones de masa coronal son enormes masas de la atmósfera solar que son expelidas de la misma, llevándose consigo su propio campo magnético, que se caracterizan por tener velocidades desde pocas decenas hasta unos miles de kilómetros por segundo, y su masa se calcula en del orden de 4×10^{15} g. Constituyen probablemente el fenómeno de liberación de energía más importante en todo el sistema solar y son las causantes de las grandes perturbaciones geomagnéticas no recurrentes (Gosling, 1993; Webb, 1995).

Una característica esencial de las eyecciones de masa coronal es que pueden ser eventos complejos, debido a los procesos que en ellas ocurren, su morfología, y evolución temporal (Rodríguez et al., 1998). Especial atención reciben las eyecciones de masa coronal con varias emisiones temporalmente cercanas que, provenientes de un mismo escenario magnético, son consideradas como emisiones sucesivas (por componentes) de un mismo evento. Las eyecciones de masa coronal con varias emisiones sucesivas brindan información relacionada con la reorganización de la estructura coronal y el almacenamiento de la energía en una escala espacial global.

Este tipo de emisiones de plasma coronal por componentes pudiera estar relacionado con procesos de reestructuración a gran escala de la topología de la magnetosfera solar y por ende con el origen y evolución de eyecciones de masa coronal de carácter global. Otro aspecto importante de las eyecciones de masa coronal con emisiones sucesivas, es el estudio de posibles interacciones entre las componentes y la producción de partículas energéticas en el medio interplanetario, aspectos estos de importancia fundamental para el pronóstico y el diagnóstico del clima espacial circunterrestre. En este trabajo se hace un estudio preliminar de las eyecciones de masa coronal con varias emisiones temporalmente cercanas que, provenientes de un mismo escenario magnético, son considerados como emisiones sucesivas (por componentes) de un mismo evento, observadas entre 1984 y 1989 por la Solar Maximum Mission.

Materiales y métodos

A partir de los reportes de eyecciones de masa coronal referidos en el catálogo de St. Cyr y Burkepile 1990, el cual provee una amplia información observacional de las principales características de las eyecciones de masa coronal observados durante 1980, y en el período de 1984 hasta 1989 por el coronógrafo a bordo del SMM, se revisaron y analizaron los reportes de aquellos casos en que la emisión fuera compleja.

Siguiendo el criterio de Rodríguez et al. (1998) se seleccionaron los casos en que hubiese emisión por componentes (eventos cuya emisión se produce a intervalos desde un mismo escenario magnético), así como eventos múltiples (eventos con emisiones múltiples desde diferentes escenarios dentro de un mismo intervalo de tiempo). Aquí además se agregó una nueva categoría: eventos complejos, que son aquellos cuya emisión es una mezcla de eventos con emisión por componentes y de eventos múltiples. En la tabla I se presentan algunos casos típicos. En total se estudiaron 108 casos: 38 de dos componentes, 7 de tres componentes, 3 de cuatro componentes, 1 de cinco componentes, 36 eventos múltiples, y 23 complejos.

TABLA I. Casos típicos de las eyecciones de masa coronal estudiadas.

Caso Fecha	Descripción de las emisiones (tiempo en U.T.)	Localización (Latitud) (Longitud)	Clasificación
4 13-2-86	1ra emisión: 03:25-03:32 2da emisión: 18:50-19:27	0° Oeste	2 Componentes
20 30-6-88	1ra emisión: 00:12-01:05 2da emisión: 09:37-10:54 3ra emisión: 15:20-15:53	3° Sur Este	3 Componentes
14 25-5-88	1ra emisión: 02:10-03:36 2da emisión: 10:01-11:24 3ra emisión: 15:44-17:51 4ta emisión: 16:09-22:00	30° Sur Oeste	4 Componentes
71 28-03-89	emisión: [02:02-10:29]	8° Norte Oeste 22° Sur Oeste	M (Múltiple)
73 02-04-89	1ra emisión: 08:24-23:55 2da emisión: 18:43-23:55	37° Norte Este 18° Sur Este	C (Complejo)

Resultados y discusión

Evolución temporal.

El primer aspecto investigado fue el de la duración total de los eventos, así como la duración de cada una de las componentes.

El contraste de las distribuciones de la duración total de los eventos muestra una tendencia a aumentar con el número de componentes. En este esquema de distribución de la duración, los eventos clasificados como múltiples caen en el rango de duración que correspondería a los eventos simples de solamente una componente (tabla 2).

TABLA II. Duración promedio (en horas) de los eventos de 2, 3 y 4 componentes, y los múltiples.

	M	2 comp.	3 comp.	4 comp.
Duración en horas	7.24	11.48	14.72	22.86

Para un estudio más detallado de esta cuestión, analizamos la duración de las componentes individualmente. A pesar del número relativamente grande de casos recopilados, solamente se encontraron tres eventos de tres componentes, y uno de cinco componentes; es por ello que los contrastes de la duración entre componentes sólo se realiza para los eventos de dos y tres componentes y para los complejos. La duración promedio de cada una de las componentes es mayor en los eventos de dos que en los de tres componentes (Fig. 1).

El otro aspecto analizado en la evolución temporal de los eventos fue el tiempo de relajación entre las emisiones de las eyecciones de masa coronal de varias componentes. Igualmente se analiza el tiempo de relajación de los eventos de dos y tres componentes donde el número de casos es suficiente. El tiempo de relajación se definió como el tiempo que hay entre el comienzo de una componente y el comienzo de la emisión sucesiva (Rodríguez et al., 1998) y es una medida de la evolución y reorganización de la estructura coronal y el almacenamiento de la energía en la misma.

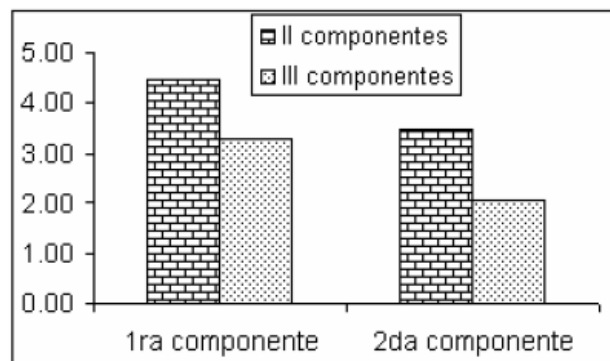


Figura 1. Duración promedio (en horas) de cada una de las componentes en los eventos de dos y tres componentes. La duración de las componentes es mayor en los eventos de dos que en los de tres componentes.

Los resultados mostraron que la distribución de los tiempos de relajación de los eventos de dos componentes, es de carácter decreciente, estando concentrados la mayoría de los casos (75%) por debajo de 10 horas. Por otra parte, el tiempo de relajación de las segundas componentes es igual, no observándose tampoco diferencia significativa con el tiempo de relajación de la tercera componente.

Distribución morfológica

La morfología de una eyección de masa coronal nos brinda información acerca de la topología de la estructura magnética. Las eyecciones de masa coronal reportadas fueron agrupados en tres clases: lazo, montículo y otra (referidos en la literatura como loop, mound, y other, Rodríguez et al., 1998).

Las distribuciones por clases morfológicas de los eventos de II, III, y IV componentes son semejantes con un claro predominio de la clase others. Además, a medida que aumenta el número de componentes, se observa una menor estabilidad en la morfología del evento (Fig. 2).

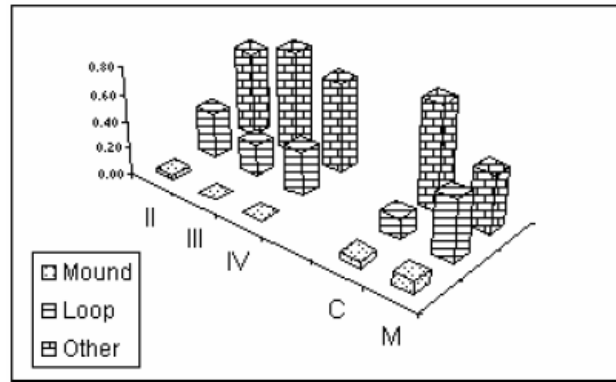


Figura 2. Distribución de los eventos por clase morfológica. Las distribuciones de los eventos de dos, tres, y cuatro componentes son semejantes con un claro predominio de la clase otra, y menor estabilidad en la distribución de la morfología del evento al aumentar el número de componentes.

Asociación con formaciones fotosféricas

Las formaciones fotosféricas consideradas (líneas de cambio de polaridad del campo magnético de fondo, plagas de calcio y grupos de manchas) son un indicador de la intensidad del campo magnético involucrado en el desarrollo de los procesos de almacenamiento y liberación de la energía en el evento. Al comparar las distribuciones de las asociaciones de las eyecciones de masa coronal múltiples y de dos componentes con los resultados obtenidos para 1980 por Rodríguez et al. (1998) se aprecia la aparición notable de una proporción de eventos sin asociación aparente a las formaciones fotosféricas consideradas. Además no se advierte una preferencia por formación fotosférica alguna (Fig. 3).

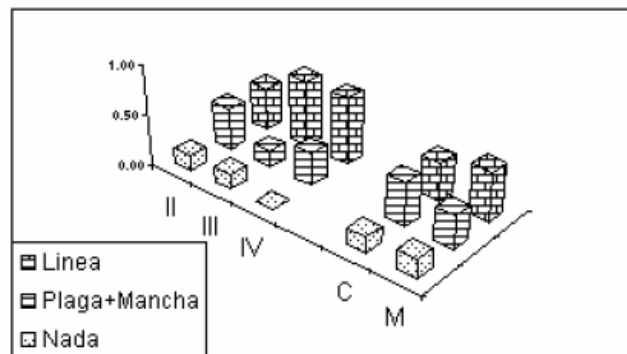


Figura 3. Distribución de las asociaciones con formaciones fotosféricas.

Conclusiones

El aumento de la duración de los eventos con el número de componentes es un resultado que se esperaba. El hecho de que la duración de los eventos clasificados como múltiples ocupen la posición que ocuparían los eventos de una sola componente nos indica que los mismos pueden ser considerados como una clase diferente donde la estructura magnética asociada estaría relacionada con los llamados complejos de actividad.

En los eventos de varias componentes, la duración de cada componente puede ser interpretada como una medida de la cantidad de energía que va extrayéndose a la estructura. En este sentido, el hecho de que la duración promedio de cada una de las componentes es mayor en los eventos de dos que en los de tres componentes, indica que en los eventos más complejos (mayor número de componentes) los procesos individuales de liberación de energía tienden a ser de menor escala, es decir, más locales. No obstante sería conveniente estudiar en el futuro los intervalos de tiempo entre componentes, ya que la duración total del evento podría estar también relacionada con esto.

Si consideramos al tiempo de relajación entre las componentes como el tiempo que tarda la estructura en alcanzar el próximo estado de inestabilidad, entonces el hecho de que el tiempo de relajación de las segundas componentes sea igual (no observándose tampoco diferencia significativa con el tiempo de relajación de la tercera componente) en los eventos de dos y tres componentes es un aspecto que necesita de un estudio más profundo, y que no puede ser obviado en ningún modelo del proceso, por cuanto en él están involucrados dos procesos opuestos,

la búsqueda del estado de equilibrio de la estructura, y la entrada de energía force-free producto de los movimientos del medio.

En cuanto a la variabilidad de la morfología esta también puede ser explicada por el aumento de la localización de los procesos con el aumento del número de componentes.

La aparición de una proporción significativa de eventos sin asociación aparente a las formaciones fotosféricas (respecto a lo encontrado al estudiar los eventos de dos componentes y múltiples para el año 1980) pudiera indicarnos que en realidad están asociadas a formaciones fotosféricas que presentan cortos tiempos de vida. De esta manera un por ciento apreciable de dichas formaciones no queda registrado en las cartas sinópticas por la forma en que estas últimas son construidas.

Referencias

- Gosling, J. T. (1993): *Journal of Geophysical Research*, 98, 18937
Rodríguez, R. E., G. Gil y A. L. Méndez (1998): *New Astronomy*, 3, 321
St. Cyr, O. C. y J. T. Burkepile (1990): NCAR/TN-352+STR, Bo., Co.
Webb, D. (1995): *Reviews on Geophysics, Supplement*, 557.