

CME – CME

Authored by
memjavad

November 17, 2025

RECOMMENDED CITATION

memjavad (2025). *CME – CME*. Spanish Psychological Databases. Retrieved from <https://spanish.arabpsychology.com/?p=4860>

Eyección de Masa Coronal (CME)

Fecha(s): Recurrentes (Ciclo Solar de 11 años)

Ubicación(es): La [Corona Solar](#) y el medio interplanetario (Heliosfera)

1. Resumen y Definición

La Eyección de Masa Coronal (CME, por sus siglas en inglés, **Coronal Mass Ejection**) constituye una de las manifestaciones más espectaculares y energéticas de la actividad solar, representando la liberación masiva de plasma magnetizado y radiación electromagnética desde la atmósfera exterior del Sol, conocida como la corona. Estos fenómenos implican la expulsión de miles de millones de toneladas de material coronal al espacio interplanetario a velocidades que pueden oscilar entre 250 kilómetros por segundo (km/s) y superar los 3,000 km/s. A diferencia de las erupciones solares (flares), que liberan principalmente radiación en el espectro electromagnético, las CME implican el transporte de una cantidad significativa de **materia**, principalmente electrones y protones, junto con su propio campo magnético.

Aunque las CME pueden ocurrir en cualquier momento, su frecuencia está fuertemente correlacionada con el ciclo de actividad solar de aproximadamente once años. Durante el mínimo solar, se observa una CME aproximadamente cada cinco días, mientras que, en el pico del máximo solar, pueden ocurrir varias eyecciones al día. La importancia de estudiar las CME radica en su papel central como impulsoras del **clima espacial**. Si una CME se dirige hacia la Tierra, su impacto puede desencadenar tormentas geomagnéticas severas, afectando infraestructuras tecnológicas cruciales, desde satélites de comunicación y navegación hasta redes eléctricas terrestres.

La estructura física de una CME, tal como se observa en coronógrafos, generalmente presenta tres componentes principales: un núcleo brillante y denso, que es el plasma de la prominencia o filamento original; un hueco oscuro que rodea este núcleo; y un anillo frontal brillante o "burbuja" de plasma coronal comprimido. Este material viaja a través del medio interplanetario, interactuando con el viento solar de fondo, y su capacidad para causar perturbaciones en el entorno terrestre depende críticamente de la orientación de su campo magnético interno (el campo magnético incrustado).

2. Mecanismos Físicos y Causas

La causa fundamental de las Eyecciones de Masa Coronal reside en la inestabilidad y el reordenamiento abrupto de los **campos magnéticos** en la corona solar. El plasma coronal está altamente magnetizado, y las líneas de campo magnético suelen estar ancladas en la fotosfera, creando estructuras complejas como filamentos (grandes estructuras de plasma frío y denso

suspendidas sobre la superficie solar) y cuerdas de flujo (estructuras helicoidales de campo magnético). La energía necesaria para impulsar una CME se almacena gradualmente en estas estructuras magnéticas, a menudo en regiones donde las líneas de campo magnético son tensas o retorcidas.

El mecanismo de liberación de esta energía acumulada está intrínsecamente ligado a la **reconexión magnética**. Este proceso ocurre cuando líneas de campo magnético de polaridad opuesta se rompen y se vuelven a unir, liberando una enorme cantidad de energía cinética y térmica. En el contexto de una CME, la reconexión en la base de la cuerda de flujo magnético permite que esta estructura se separe de la superficie solar. Existen dos modelos principales que describen cómo se produce esta liberación: el modelo de inestabilidad de la cuerda de flujo (donde la estructura magnética se vuelve inherentemente inestable, como por ejemplo, a través de la inestabilidad de "tether-cutting") y el modelo de reconexión de flux-rope (donde la reconexión actúa como el disparador primario que permite la erupción).

Es importante notar que las CME a menudo están asociadas con otros fenómenos solares, aunque no siempre. Aproximadamente el 50% de las CME rápidas están ligadas a **erupciones solares** (flares) de clase M o X, que son explosiones intensas de radiación. En estos casos, la erupción solar y la CME son manifestaciones del mismo evento de liberación de energía magnética. Sin embargo, también existen CME "silenciosas" que no están acompañadas por una erupción significativa. La magnitud y la velocidad de la CME dependen de la cantidad de energía magnética almacenada y de la fuerza del campo magnético circundante que debe superar el material eyectado.

3. Historia de la Observación

Aunque los efectos geomagnéticos de la actividad solar se conocían desde el siglo XIX (notablemente el **Evento Carrington** de 1859), la Eyección de Masa Coronal como fenómeno discreto no fue observada y definida hasta la década de 1970. Las primeras detecciones directas de CME se realizaron utilizando el coronógrafo a bordo del satélite [Skylab](#) de la NASA en 1973. Antes de esta misión, los científicos solo podían inferir la existencia de estas grandes explosiones a través de observaciones indirectas de perturbaciones en el viento solar o mediante la detección de partículas energéticas en el espacio interplanetario.

La era moderna de la observación de CME comenzó con el lanzamiento del Observatorio Solar y Heliosférico (**SOHO**) en 1995. SOHO, que lleva a bordo el coronógrafo LASCO (Large Angle and Spectrometric Coronagraph), revolucionó la heliofísica al proporcionar imágenes continuas y de alta resolución de la corona solar, permitiendo a los científicos medir sistemáticamente la velocidad, la trayectoria y la morfología de las CME. Las mediciones de SOHO establecieron la CME como un componente fundamental de la actividad solar, no simplemente como un

subproducto de las erupciones.

Posteriormente, misiones como STEREO (Solar Terrestrial Relations Observatory), lanzadas en 2006, ofrecieron una perspectiva estereoscópica, permitiendo a los científicos ver las CME en tres dimensiones y determinar su trayectoria hacia la Tierra con mayor precisión. Estas observaciones han sido cruciales para mejorar los modelos predictivos del clima espacial. Hoy en día, la monitorización de las CME es una tarea continua que involucra múltiples instrumentos terrestres y espaciales, consolidando el conocimiento sobre cómo el Sol expulsa material y energía al sistema solar.

4. Fases de Propagación Interplanetaria

Una vez que la CME ha sido liberada de la corona, entra en la fase de propagación interplanetaria, donde se convierte en un **ICME** (Interplanetary Coronal Mass Ejection). El viaje de una CME desde el Sol hasta la órbita de la Tierra puede durar entre 15 horas (para las más rápidas) y varios días (para las más lentas). Durante este tránsito, la CME no viaja aisladamente; interactúa dinámicamente con el viento solar de fondo.

La propagación de la CME se caracteriza por varias regiones distintivas. En su frente, una CME rápida comprime el viento solar y el campo magnético interplanetario, formando una **onda de choque**. Detrás de esta onda de choque se encuentra una región de plasma caliente y turbulento conocida como la "vainas" (sheath region). Esta vaina es altamente perturbadora y ya puede causar efectos geomagnéticos significativos al impactar la magnetosfera terrestre.

El núcleo de la ICME es a menudo una cuerda de flujo magnético intacta, caracterizada por un campo magnético que rota suavemente y una baja temperatura de protones. La orientación del campo magnético dentro de esta cuerda de flujo es el factor más crítico para determinar el impacto geomagnético en la Tierra. Si el campo magnético del ICME se orienta hacia el sur (opuesto al campo magnético terrestre), facilita la reconexión magnética en el lado diurno de la Tierra, permitiendo que la energía y el plasma solar fluyan hacia la magnetosfera terrestre, lo que conduce a una severa **tormenta geomagnética**.

5. Impacto Geomagnético y Consecuencias Terrestres

Cuando un ICME impacta la magnetosfera terrestre, se produce una tormenta geomagnética. El inicio de la tormenta se marca por un aumento repentino en la intensidad del campo magnético terrestre (SSC, Sudden Storm Commencement) debido a la presión de la onda de choque. Si el campo magnético del ICME es fuerte y orientado hacia el sur, la energía se transfiere eficientemente a la magnetosfera, resultando en una inyección masiva de partículas energéticas en las regiones polares.

Las consecuencias de las tormentas geomagnéticas son de gran alcance. Uno de los efectos más preocupantes es la generación de **corrientes inducidas geomagnéticamente** (GICs, Geomagnetically Induced Currents) en la superficie terrestre. Estas corrientes pueden fluir a través de conductores largos, como líneas de transmisión de energía eléctrica y oleoductos, potencialmente sobrecargando transformadores de alta tensión y causando apagones masivos. El evento de 1989 en Quebec, Canadá, que resultó en un apagón de nueve horas, es un ejemplo clásico de este tipo de vulnerabilidad.

Además de la infraestructura eléctrica, los sistemas de satélites se ven gravemente afectados. Las partículas energéticas pueden dañar la electrónica a bordo, degradar las células solares y aumentar el arrastre atmosférico en satélites de órbita baja, requiriendo maniobras costosas o acortando su vida útil. La navegación GPS y las comunicaciones por radio de alta frecuencia también sufren interrupciones debido a las perturbaciones en la ionosfera. El efecto visual más benigno, aunque espectacular, es la intensificación y expansión de las **auroras boreales y australes**, que pueden ser visibles en latitudes inusualmente bajas durante tormentas severas.

6. Mitigación y Predicción

Dada la capacidad destructiva de las CME dirigidas a la Tierra, la mitigación y la predicción del clima espacial se han convertido en prioridades internacionales de seguridad. La predicción se basa en un sistema de vigilancia en capas. Primero, los coronógrafos solares (como los de SOHO y STEREO) detectan la eyección en el Sol, permitiendo estimar su velocidad inicial. Segundo, los modelos de propagación numérica (como el modelo ENLIL) se utilizan para simular la trayectoria de la CME y predecir su tiempo de llegada a la Tierra.

El componente más crítico de la predicción es la monitorización *in situ* del viento solar y del campo magnético interplanetario justo antes de que impacten la Tierra. Satélites de punto de Lagrange L1, como [ACE](#) (Advanced Composition Explorer) y [DSCOVR](#) (Deep Space Climate Observatory), actúan como boyas de alerta temprana, proporcionando una advertencia crucial de 30 a 60 minutos antes de que el frente de choque y el ICME impacten la magnetosfera. Esta ventana de tiempo es esencial para que los operadores de infraestructura implementen medidas de mitigación.

Las medidas de mitigación incluyen la desconexión temporal o la reconfiguración de transformadores sensibles en las redes eléctricas, la puesta en modo seguro (safe mode) de satélites críticos y el reajuste de las frecuencias de comunicación. La inversión continua en la investigación del Sol y en el desarrollo de modelos de pronóstico más precisos es fundamental para proteger la creciente dependencia global de la tecnología espacial y terrestre frente a los efectos potencialmente catastróficos de las Eyecciones de Masa Coronal extremas.

7. Lecturas Adicionales

[Eyección de masa coronal \(Wikipedia en español\)](#)

[Clima espacial \(Wikipedia en español\)](#)

[NASA/ESA SOHO Real-time Images](#)

[NOAA Space Weather Prediction Center \(Modelos ENLIL\)](#)

ARABPSYCHOLOGY.COM