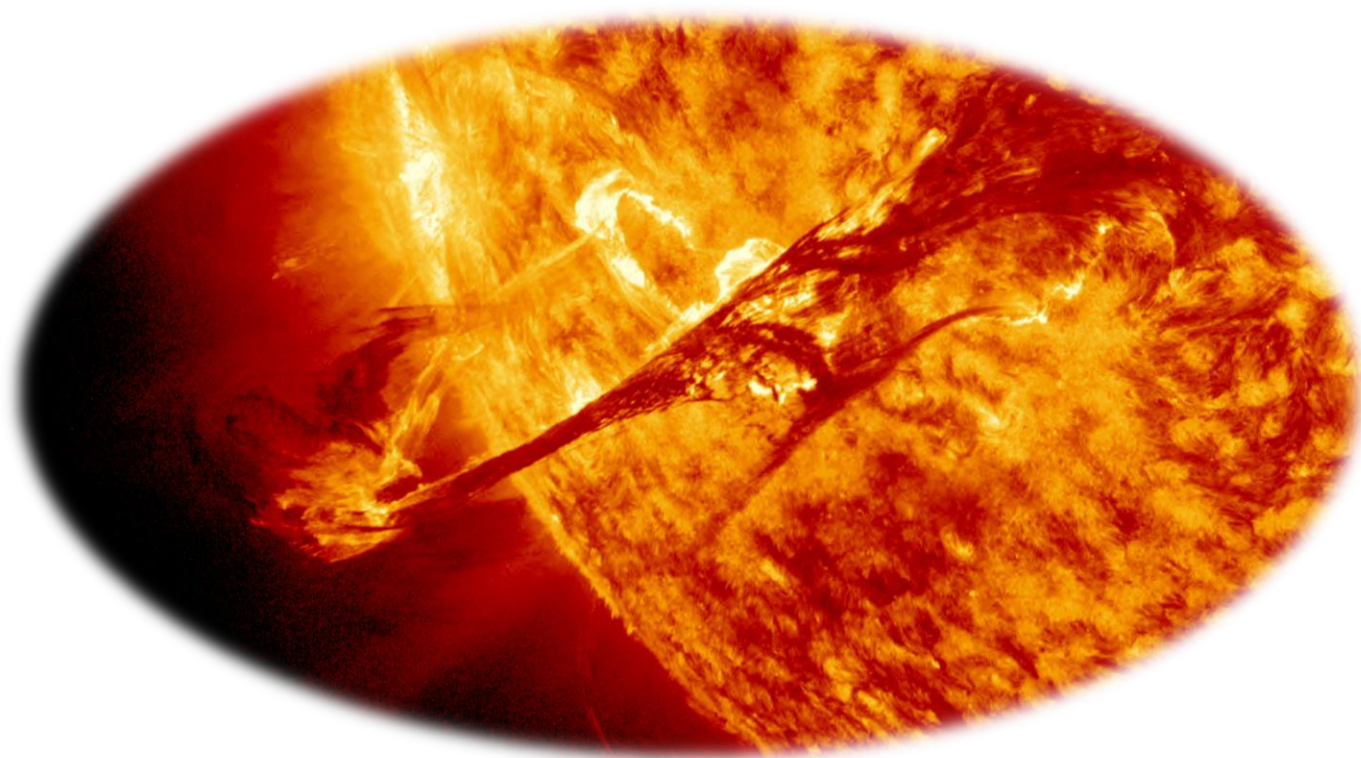


Caso Científico CESAR

# Erupciones Solares

¿Qué son y cómo nos afectan?

Guía del Estudiante



## Índice

<b>Introducción</b> .....	<b>3</b>
<b>Investigando las eyecciones</b> .....	<b>4</b>
Actividad 1: Plantea tu hipótesis .....	4
Actividad 2: Velocidad y tiempo .....	6
- Paso 1: Selecciona las imágenes .....	7
- Paso 2: Toma medidas .....	8
- Paso 3: Calcula la velocidad .....	9
- Paso 4: Calcula el tiempo de llegada .....	10
Actividad complementaria: Aceleración .....	12

## Introducción

Nuestro planeta está rodeado por un campo magnético invisible, que protege a la Tierra de la radiación perjudicial del espacio, que es su mayoría procede del Sol (ver Figura 1). El campo magnético de la Tierra es muy estable y no cambia mucho a lo largo del tiempo. El Sol también tiene un campo magnético, pero que a diferencia con el nuestro este es errático. Está compuesto por muchos dipolos magnéticos, cuya posición e intensidad están cambiando constantemente.

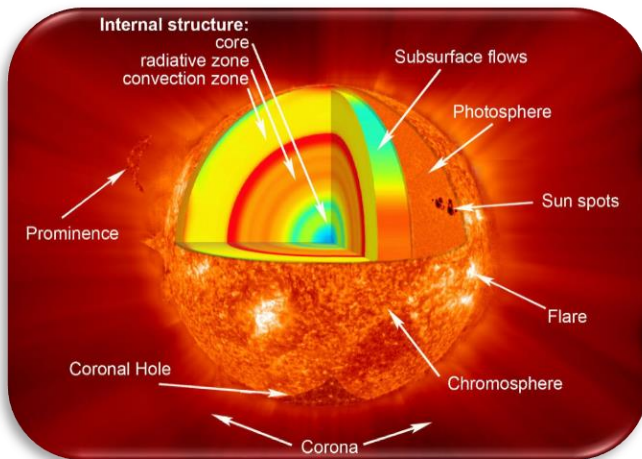


Figura 1: Partes del Sol (Créditos: NASA)

Por este motivo es importante para la humanidad que los científicos realicen seguimientos de la Actividad Solar. Si la eyección es lo suficientemente potente, cuando esta llegue a la Tierra, podrá dañar los satélites de telecomunicaciones e incluso instalaciones eléctricas aquí en superficie. Sabiendo cuando se aproximan estas eyecciones, se puede tomar acción para evitar daños. Pero otro efecto importante de la Actividad Solar es también su impacto en el histórico del clima de la Tierra. Algunas investigaciones en el hemisferio Norte han probado que, a mayor cantidad de manchas detectadas sobre el disco del Sol, el clima en la Tierra ha sido más cálido, y más gélido cuando estas manchas solares eran menor en número y/o tamaño.



Figura 2: Ilustración del campo magnético de la Tierra (Créditos: ESA)

Pero al igual que no podemos evitar que ocurran grandes huracanes, o terremotos devastadores, saber dónde y cuándo pueden ocurrir nos brinda un tiempo vital para llevar a cabo acciones preventivas que nos permitan mitigar daños y pérdidas. Por este motivo numerosas misiones espaciales y telescopios en Tierra han estudiado y siguen estudiando el Sol. Algunas de estas misiones incluyen al "Solar and Heliospheric Observatory", SOHO, desarrollado conjuntamente por ESA y NASA, a Proba-2 (ESA) y a Ulysses (ESA-NASA), que terminó su actividad en 2009.

Gran parte de esta información está abierta al público que quiera estudiarla, incluyendo a los alumnos. Las actividades de este caso harán uso de esta información y permitirá a los estudiantes aplicar sus conocimientos para resolver varios problemas, que hoy en día son una realidad.

*Nota: A lo largo de este caso científico nos referiremos a las eyecciones de masa coronal como eyecciones o erupciones solares.*

## Investigando las eyecciones

### Actividad 1: Plantea tu hipótesis

1. La siguiente tabla muestra cuanto tiempo tardarían o la velocidad que llevarían diferentes vehículos si recorrieran la distancia Tierra-Sol. Completad la siguiente tabla usando la ecuación del Movimiento Rectilíneo Uniforme:

$$v = \frac{d}{t} \qquad t = \frac{d}{v}$$

Donde  $v$  es la velocidad,  $d$  es la distancia y  $t$  el tiempo

**Ayuda:** Distancia Sol-Tierra: 150 00 000 km

Vehículo	Velocidad	Tiempo
Luz	$3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$	
Nave Especial más rápida		6 meses
Avión	1000 km/h	
Coche		142 años
Bici	25 km/h	

Usa la siguiente caja para hacer tus cálculos:

2. Estima cuánto tiempo crees que tardaría una eyección en llegar desde la Tierra al Sol. ¿Crees que todas tardarán lo mismo? Razona tu respuesta

3. ¿Crees que todas las eyecciones que el Sol emiten llegan a chocar con la Tierra? Puedes añadir un dibujo para que la explicación sea más visual.

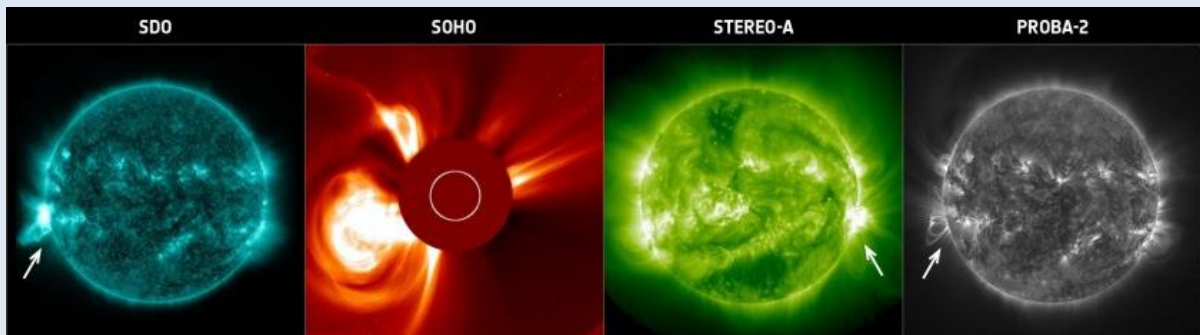
## Actividad 2: Velocidad y tiempo

En esta actividad calcularás la velocidad de una eyección solar y el tiempo que tarda en llegar a la Tierra. Para ello utilizarás imágenes reales de una eyección emitida por el Sol que ha sido fotografiada por el satélite de la ESA y de la NASA llamado SOHO. Utilizarás un set de 4 imágenes para ver como evoluciona a lo largo del tiempo.

### ¿Sabías qué?

Muchos satélites y telescopios en tierra están constantemente observando al Sol. Una nueva rama de estudio, conocida como Heliofísica se encarga de recopilar diariamente datos de estos observatorios, como **PR**oject for **On Board** **A**utonomy mission ([PROBA-2](#)) y **S**olar and **H**eliospheric **O**bservatory ([SOHO](#)), desarrollado conjuntamente por la NASA y la ESA.

La ESA está actualmente trabajando en el satélite [Solar Orbiter](#), que será lanzado en 2020. Esta nueva misión tomará imágenes del Sol y de su superficie, estando más cerca de él que cualquier otra misión anterior. Además, obtendrá información nueva y exclusiva sobre cómo funciona nuestra Estrella.



**Figura 3:** El Sol observado a través de varios filtros (Créditos: kiri2ll.livejournal.com)

- Paso 1: Selecciona las imágenes

Primero, abre la herramienta on-line en este link:

[http://cesar.esa.int/tools/15.coronal\\_mass\\_ejections/index.php?Step=2&Set=1](http://cesar.esa.int/tools/15.coronal_mass_ejections/index.php?Step=2&Set=1)

Verás que hay varios sets de imágenes. Cada set contiene 4 imágenes de una Eyección de Masa Coronal por lo que podemos conocer su evolución a lo largo del tiempo.

En cada imagen hay un círculo blanco que nos indica el tamaño real del Sol. Las imágenes han sido tomas con el instrumento LASCO, a bordo del satélite SOHO. LASCO es un coronógrafo que bloquea la luz directa del Sol, para que su atmósfera, la Corona pueda ser observada. Es decir, un coronógrafo es algo parecido a las gorras o sombreros que utilizamos para proteger nuestros ojos en los días que hace mucho Sol.



Figura 4: Herramienta Online, Paso 1

- Paso 2: Toma medidas

Necesitas medir primero el radio del Sol con la herramienta on-line. Ya sabemos cuál es su valor en kilómetros, así que una vez hayas medido en el ordenador lo sabrás en píxeles y en kilómetros.

¿Sabías qué?

Un pixel es el elemento más pequeño en una imagen. Nos proporciona un montón de información sobre el objeto que estamos fotografiando. Por ejemplo, si vemos que un cuadrado mide 40 píxeles de lado, es más pequeño que otro cuadrado de 80 píxeles. Pero además sabremos inmediatamente que el tamaño del segundo es el doble que el del primero. Así que si sabemos el tamaño de uno en metros (digamos que el primero mide 2 metros) sabremos que el tamaño del segundo es de 4 metros.

Siguiendo el mismo razonamiento, podremos averiguar la distancia a que se aleja la eyección si tenemos una referencia. Ésta es el tamaño del Sol. Su radio mide 695 842 kilómetros. Así que si resolvemos el término en **negrita** de la siguiente ecuación obtendremos lo que se ha desplazado:

$$\frac{\text{Radio del Sol (km)}}{\text{Radio del Sol (píxeles)}} = \frac{\text{Recorrido de la eyección (km)}}{\text{Recorrido de la eyección (píxeles)}}$$

En los pasos siguientes, tendrás que medir lo que se está alejando la eyección del centro del Sol en cada foto.

Ve a la segunda caja y pincha en el centro del Sol (que es el círculo blanco) y vuelve a pinchar en el punto más alejado de la eyección. La información que tienes es la distancia recorrida por la erupción solar, en píxeles y en kilómetros, así como la fecha en la que las fotografías fueron tomadas.

Repite el mismo proceso con todas las imágenes. La herramienta guarda automáticamente tus resultados, por lo que pulsa **Continuar** cuando hayas terminado para ir al siguiente paso.

**Estudio de Eyecciones de Masa Coronal v1.0**

Paso: 2/4  
Mide la distancia a la que se encuentra la erupción solar del centro del Sol.

Fecha: 13-05-2013 18:12

**Tarea 1**  
Mide el radio del Sol. Recuerda que el Sol es el círculo blanco de la imagen

39 píxeles | 695.842km

**Tarea 2**  
Mide la evolución de una erupción solar

- Selecciona la casilla con la primera imagen.
- Haz click en el centro del Sol (cruz negra) y en el extremo de la erupción solar.
- Repítelo para cada imagen.

13-05-2013 17:48		134 píxeles   2.390.842km
13-05-2013 18:00		165 píxeles   2.943.947km
13-05-2013 18:12		188 píxeles   3.354.315km
13-05-2013 18:24		Medida

2013/05/13 18:12

Atras Continuar



- Paso 3: Calcula la velocidad

En el lado izquierdo de la herramienta on-line, puedes ver la siguiente información por imagen:

- la distancia del Sol al extremo de la eyección que has medido
- la fecha en la que fue tomada la fotografía.

Para estimar la velocidad de la eyección, completa los recuadros vacíos de la página web.

Figura 6: Herramienta Online, Paso 3

Recuerda que tienes que introducir el valor de la distancia recorrida (en kilómetros) y el tiempo que tarda en recorrerlo (en segundos).

La distancia recorrida por la eyección la puedes calcular como la diferencia de distancias entre la medida de dos fotografías consecutivas, y el tiempo es el tiempo que ha pasado entre la imagen inicial y la final. Emplea las siguientes ecuaciones, donde  $v$  es la velocidad,  $d_1$  la distancia de la primera medida,  $d_2$  es la distancia de la segunda y así...

$$v_{1-2} = \frac{d}{t} = \frac{d_2 - d_1}{t_2 - t_1}$$

$$v_{2-3} = \frac{d}{t} = \frac{d_3 - d_2}{t_3 - t_2}$$

$$v_{3-4} = \frac{d}{t} = \frac{d_4 - d_3}{t_4 - t_3}$$

*Ayuda: Solo ten en cuenta las horas y minutos, ¡el día es el mismo!*

Haz click en el botón **Calcular** de la herramienta on-line y verás los resultados.

Escribe tus resultados en la siguiente tabla:

$v_{1-2} =$	$km / s$
$v_{2-3} =$	$km / s$
$v_{3-4} =$	$km / s$

Y haz click de en **Continuar**.

- Paso 4: Calcula el tiempo de llegada

¡Ha llegado el momento de calcular el tiempo del recorrido!

Habras notado que la velocidad no es la misma entre para cada par de imágenes, aunque todas ellas corresponden a la misma eyección. Calcula la velocidad media y anótala a continuación:

$v_m =$	$km / s$
---------	----------

Introduce también este valor de la velocidad media  $v_m$  en la página web.

Figura 7: Herramienta Online, Paso 3

Usando la siguiente relación podrás calcular el tiempo del viaje

$$t = \frac{d}{v} = \frac{d_{S-T}}{v_m}$$

**Ayuda:** Distancia Sol-Tierra = 150 000 000 km

Con la velocidad media  $v_m$  y la distancia que hay entre el Sol y la Tierra ( $d_{S-T}$  en la ecuación) podrás estimar el tiempo que tardará en llegar la eyección. Introduce estos valores en las casillas de la herramienta y haz pincha en el botón **Calcular**. La respuesta aparecerá en segundos, así que tendrás que pasarla a una unidad más intuitiva, cómo **horas, días o minutos**.

$t_m =$		s
---------	--	---

$t_m =$	<i>días</i>	<i>horas</i>	<i>minutos</i>
---------	-------------	--------------	----------------

Cuando hayas terminado, puedes comparar tu resultado con el de tus compañeros o elegir otro set de imágenes y compararlo con tus primeras medidas. ¿Es la velocidad la misma para cada eyección de masa coronal?

### Actividad complementaria: Aceleración

Si queremos realizar un estudio más preciso, tendremos que considerar que el movimiento de la eyección tiene una aceleración uniforme.

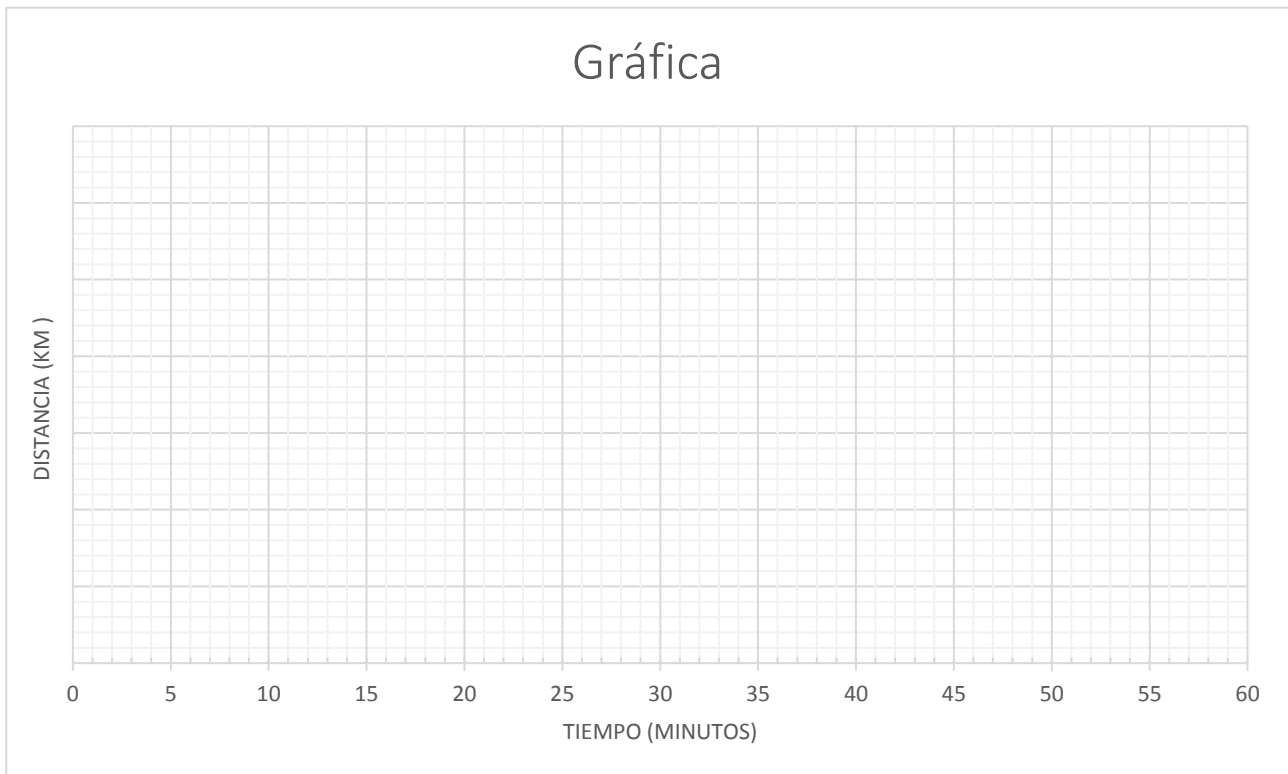
Como habrás notado, la velocidad con la que se mueve la eyección no es siempre la misma, lo que quiere decir que existe una aceleración. Podremos obtenerla si medimos la velocidad a lo largo de un período de tiempo. Si usamos la primera velocidad  $v_1$ , y la última velocidad  $v_3$  de la Actividad 2, obtendremos una aproximación para la aceleración.

$$a = \frac{v}{t} = \frac{(v_3 - v_1)}{(t_3 - t_1)}$$

1. Usa los valores de velocidad de la Actividad 2 para obtener la aceleración de la eyección

2. Haz una gráfica representando la posición (eje Y) frente al tiempo (eje X). ¿Qué tipo de movimiento sigue la eyección? ¿A qué crees que se debe?

Medida n <sup>o</sup>	t	s	v
1			
2			
3			
4			



3. Una vez obtenida la aceleración, haciendo uso de la ecuación de un Movimiento Rectilíneo Uniformemente Acelerado podrás calcular el tiempo. Despejando  $t$  de la siguiente ecuación:

$$d = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$