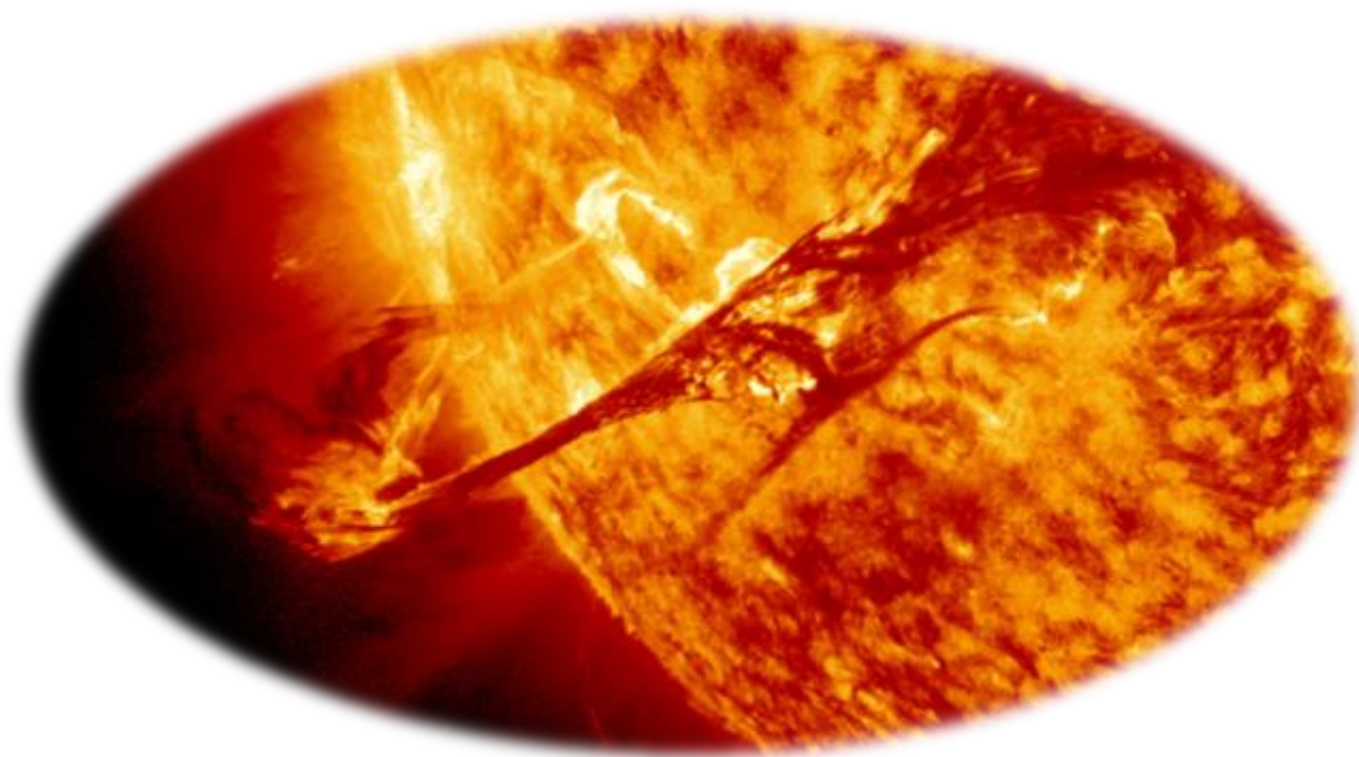


Caso Científico CESAR

# Erupciones Solares

¿Qué son y cómo nos afectan?

Guía del Profesor



## Tabla de contenidos

<b>Resumen de actividades</b> .....	<b>4</b>
Introducción.....	5
Cómo y por qué estudian el Sol los astrónomos .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Actividad 1: Plantea tu hipótesis.....	7
Actividad 2: Velocidad y tiempo.....	8
Actividad complementaria: Acleración.....	10
<b>Links</b> .....	<b>12</b>

## Ficha didáctica

### DATOS BÁSICOS

**Rango de edad:** 14-16

**Tipo:** Práctica

**Complejidad:** Media

**Tiempo de preparación:** 30 minutos

**Tiempo lectivo requerido:** 1 hora

**Ubicación:** Interior

**Incluye el uso de:** Ordenadores, internet

### Currículum

#### Física

- El método científico.
- Utilización de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación.
- Movimiento rectilíneo uniforme y uniformemente acelerado.

#### Cultura científica

- Los métodos de la ciencia. Uso de las TIC.
- Estudio y exploración del universo.
- El Sistema Solar.

### Necesitarás...

- Herramienta web CESAR

### Resumen

En esta actividad, los alumnos emplean imágenes de la sonda SOHO estudiar la evolución de una eyección de masa coronal (CME) y medir su velocidad media. Como ampliación, pueden obtener la aceleración de la CME suponiendo que se trata de un movimiento uniformemente acelerado.

### Los alumnos deben conocer...

1. Los conceptos de velocidad y aceleración.
2. La ecuación del movimiento rectilíneo uniforme.
3. Las ecuaciones del movimiento rectilíneo uniformemente acelerado.
4. Cómo convertir cantidades de tiempo de minutos a horas y de horas a días, y viceversa.

### Los alumnos aprenderán...

1. Algunas ideas básicas sobre la actividad solar.
2. A calcular velocidades identificando objetivos en imágenes separadas por el tiempo.
3. La información que puede obtenerse de una imagen astronómica.

### Los alumnos mejorarán

- Su comprensión del pensamiento científico.
- Sus estrategias para trabajar según el método científico.
- Sus competencias de trabajo en grupo y de comunicación.
- Sus competencias de evaluación.
- Su habilidad de aplicar conocimiento teórico a situaciones reales.
- Sus competencias en el uso de las TIC

## Resumen de actividades

Título	Actividad	Resultados	Requisitos	Tiempo
1. <i>Plantea tu hipótesis</i>	Los estudiantes aplicarán la relación velocidad, espacio y tiempo para plantar s primera hipótesis acerca de cuánto tiempo tardarán en llegar las eyecciones hasta la Tierra	Los alumnos mejorarán: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Su comprensión del pensamiento científico.</li> <li>• Sus estrategias para trabajar según el método científico.</li> <li>• Sus competencias de trabajo en grupo y de comunicación.</li> </ul>	Ninguno.	10 min
2. <i>Velocidad y tiempo</i>	Los estudiantes harán uso de imágenes reales del Sol para medir el proceso de una eyección, para poder calcular el tiempo real que tardan en llegar.	Los alumnos aprenderán: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Como los astrónomos usan datos reales</li> <li>• Propiedades de una estrella</li> <li>• A obtener información de una imagen astronómica.</li> </ul> Los alumnos mejorarán: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Su comprensión del pensamiento científico.</li> <li>• Sus estrategias para trabajar según el método científico.</li> <li>• Sus competencias de trabajo en grupo y de comunicación.</li> <li>• Su habilidad de aplicar conocimiento teórico a situaciones reales.</li> <li>• Sus competencias en el uso de las TIC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realización de la Actividad 1</li> </ul>	20 min
3. <i>Actividad Extra: Aceleración</i>	Como actividad extra, los estudiantes pueden usar de nuevo sus resultados obtenidos en la Actividad 2 para calcular el tiempo que tarda en llegar teniendo en cuenta que el movimiento es acelerado, empleando las ecuaciones de MRUA.	Los alumnos aprenderán: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Como los astrónomos usan datos reales</li> <li>• Propiedades de una estrella</li> </ul> Los alumnos mejorarán: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Su comprensión del pensamiento científico.</li> <li>• Sus estrategias para trabajar según el método científico.</li> <li>• Sus competencias de trabajo en grupo y de comunicación.</li> <li>• Su habilidad de aplicar conocimiento teórico a situaciones reales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realización de la Actividad 1.</li> <li>• Realización de la Actividad 2</li> <li>• Conocimiento sobre movimientos con aceleración</li> </ul>	10 min

## Introducción

Este Caso Científico proporciona una introducción a la actividad solar, en particular a la formación de Eyecciones de Masa Coronal (eyección en adelante) y a su evolución, a partir de las observaciones de misiones espaciales. Esta actividad está diseñada para que los alumnos apliquen los conocimientos de cinemática, así como para incentivarles a descubrir las características del Sol por sí mismos.

Los profesores dispondrán de dos versiones auto contenidas para el completo desarrollo de la actividad:

- **Online:** Con imágenes y cálculos en la herramienta web. Todo cálculo está explicado en la guía del estudiante.
- **Impresa:** Imágenes impresas y recuadros para hacer los cálculos necesarios. Cálculos también explicados

La única diferencia entra ambas versiones es la forma en la que las imágenes se muestran. Todos los cálculos y actividades son iguales, y aparecen explicadas en cada guía respectivamente. Estas actividades son:

1. **Velocidad:** Cálculo de la velocidad a partir de 4 imágenes del Sol, tomadas cada 12 minutos. Con la medición de la distancia recorrida podrán calcular la velocidad a la que se mueve la eyección
2. **Tiempo:** Cálculo del tiempo sabiendo la velocidad a la que se desplaza una eyección, y la distancia Tierra-Sol.
3. **Actividad complementaria: Aceleración:** Se puede realizar, para alumnos más avanzados, un estudio más preciso que implique el concepto de aceleración. Para ello se tiene en cuenta que el movimiento de la erupción solar no es a velocidad constante.

Los alumnos dispondrán de varios sets de imágenes, de los cuales escogerán uno. Como son eyecciones diferentes, la velocidad y el tiempo de cada eyección no será el mismo. Es interesante que los alumnos comparen entre sí sus resultados, o que cada estudiante haga los cálculos con otros sets.

## 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.

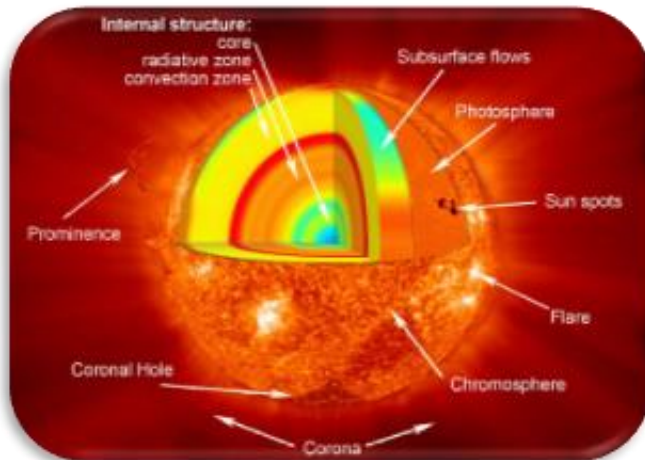


Figura 1: Partes del Sol (Créditos: NASA)

Este cambio constante (actividad Solar) puede causar grandes explosiones en sus capas más externas. Estas explosiones se conocen como Eyecciones de Masa Coronal.

La influencia del Sol en la Tierra es lo que los científicos llaman “meteorología espacial”.

Nuestro campo magnético es el punto de unión entre la Tierra y el Espacio, y las partículas cargadas, emitidas por el Sol, pueden llegar a producir efectos muy bonitos y visuales, como las Auroras Boreales, o por el contrario fenómenos más peligrosos.

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



Figura 2: Campo magnético de la Tierra. (Créditos: ESA)

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.

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.*

### Actividad 1: Plantea tu hipótesis

En esta actividad los estudiantes utilizarán la enorme distancia que hay entre el Sol y la Tierra aplicando la relación velocidad-tiempo-distancia, con la cual podrán calcular la velocidad o el tiempo que se tarda en hacer este recorrido haciendo uso de diversos medios de transporte. Una vez calculado esto, los estudiantes deberán plantear su hipótesis acerca del tiempo que tardaría una eyección solar en llegar hasta la Tierra. Por tanto, el principal objetivo de esta actividad es que los estudiantes se den cuenta de lo lejos que está el Sol de nuestro planeta.

#### Extracto de la Guía del Estudiante (con solución)

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

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

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

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

*Tabla 1: Examples of astronomical sources emitting in each range of the electromagnetic spectrum.\**

Vehículo	Velocidad	Tiempo
Luz	$3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$	8 minutos 30 segundos
Nave Espacial más rápida	30 000 km/h	6 meses
Avión	1000 km/h	17 años
Coche	120 km/h	142 años
Bici	25 km/h	683 años

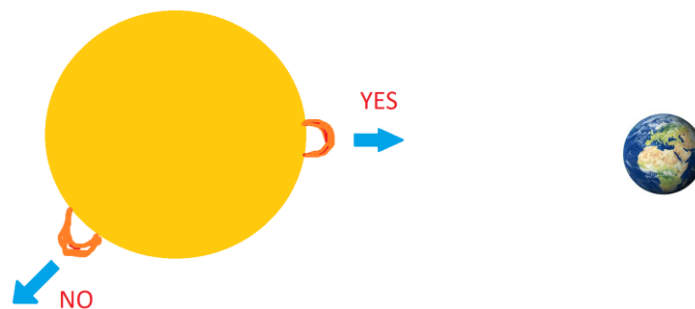
2. Estima cuánto tiempo crees que tardaría una eyección de masa coronal en llegar desde la Tierra al Sol. ¿Crees que todas estas erupciones solares tardarán lo mismo? Razona tu respuesta

Una eyección tarda de 2 a 5 días en llegar del Sol a la Tierra.

No todas tardan el mismo tiempo, depende de su masa, de la energía que se haya liberado en su explosión y de si se han producido más de una eyección al mismo tiempo.

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

Las eyecciones pueden ser emitidas en cualquier dirección (ver Figura 3). Por tanto, tan solo una pequeña parte de ellas estarán en la misma dirección que la Tierra.



*Figure 3: Ejemplo de un dibujo que muestra que no todas las eyecciones impactan en la Tierra. (Créditos: CESAR)*

## Actividad 2: Velocidad y tiempo

En esta actividad los estudiantes utilizarán imágenes del Sol tomadas por el instrumento LASCO a bordo del satélite SOHO, misión conjunta de ESA y NASA, para calcular la velocidad de una eyección de masa coronal. Después, con esta información, calcularán el tiempo que tarda dicha erupción solar en llegar a la Tierra.

A partir de uno de los tres sets de 4 imágenes de SOHO, y siguiendo las instrucciones en la Guía del Estudiante, los alumnos harán sus mediciones y completarán la actividad.

Esta actividad puede ser realizada haciendo uso de la versión on-line, o de la versión impresa con el mismo set de imágenes. Hay una guía disponible para la versión on-line y otra guía para la versión impresa.



1. En ambas versiones, lo primero que tendrán que hacer es calcular el radio del Sol:
  - **Herramienta on-line:** Los alumnos deberán hacer clic en el centro del Sol (cruz negra) y después en cualquier parte del círculo blanco, que indica el tamaño real del Sol.
  - **Impresa:** Los alumnos deberán medir desde el centro del Sol hasta el círculo blanco, o en su defecto medir el diámetro y dividir el resultado entre dos.
2. Las siguientes medidas irán desde el centro del Sol hasta la parte final de la CME. La Figura 4 muestra un ejemplo de estas medidas. Deberá ser repetida 4 veces, una por cada imagen.

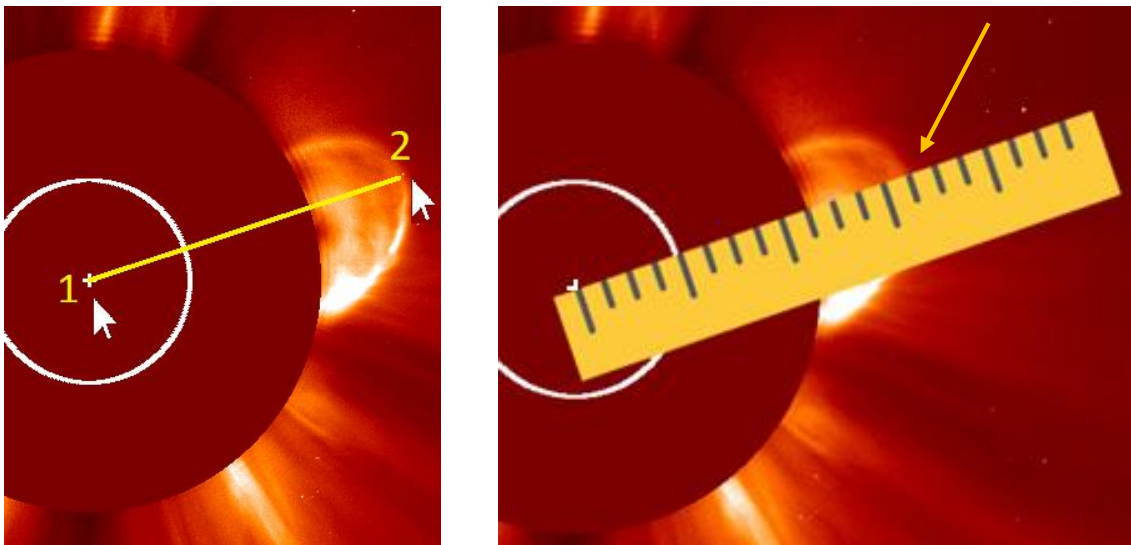


Figure 4: Como realizar las medidas en ambas versiones: Online (izquierda) e Impresa (derecha).  
(Créditos: CESAR)

### Respuestas a la Actividad

- Velocidad  
Los valores aceptados están entre

$$v_{min} = 350 \text{ km/s}$$

$$v_{max} = 875 \text{ km/s}$$

- Tiempo  
Las eyecciones tardan 2-5 días en llegar. Todo resultado entre estos dos valores es aceptable.

## Actividad complementaria: Aceleración

En esta actividad, los estudiantes representarán gráficamente los resultados obtenidos en la Actividad 2 para calcular la aceleración de la eyección. Una vez que los estudiantes hayan obtenido la aceleración, podrán realizar un cálculo más preciso del tiempo que tarda la eyección de masa coronal en llegar a la Tierra siguiendo un Movimiento Rectilíneo Uniformemente Acelerado.

Para ello primero deberán haberse dado cuenta que las velocidades calculadas en la Actividad 2 no son las mismas para las 4 imágenes. No se debe a errores en la medición, sino que la eyección no sigue un movimiento con velocidad constante – tiene una aceleración. Por tanto este movimiento requerirá un estudio más a fondo.

### Extracto de la Guía del Estudiante (con solución)

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

Todo resultado entre  $0.1 \text{ km/s}^2$  y  $0.4 \text{ km/s}^2$  es correcto.

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

Deberán obtener algo similar a una parábola, ya que la posición depende de  $t^2$  (ver Figura 5). Deben ser capaces también de reconocer que corresponde a la gráfica de un movimiento acelerado.

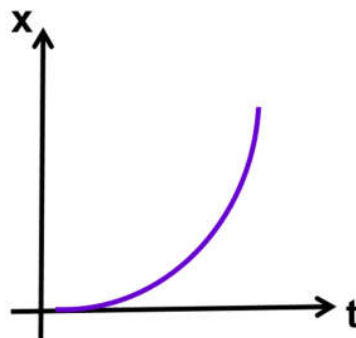


Figure 5: Gráfica que los estudiantes deben obtener al representar la posición frente al tiempo

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:

Una vez que hayan despejado  $t$  de la ecuación general, y quedándose solo con el término positivo:

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \quad \rightarrow \quad t = \frac{\pm \sqrt{v_0^2 + 2as} - v_0}{2a} = \frac{\sqrt{v_1^2 + 2ad_{S-E}} - v_1}{2a}$$

### Continuación...

El tiempo obtenido por los alumnos será muy diferente al obtenido en la Actividad 2, siendo de hecho unas 10 veces menor.

Asumiendo que el movimiento de la eyección tiene aceleración constante, por ejemplo de  $0.25 \text{ km/s}^2$ , que cada 4 segundos se mueve 1 km/s más rápido, así que la velocidad que adquiriría al llegar sería enorme

El movimiento real de la eyección no tiene esta aceleración constante, sino que ésta va disminuyendo debido a la fricción con el medio interplanetario, especialmente con el viento solar que se encuentra a su paso. En la Figura 6 podemos ver la densidad de este material, y también la distribución de velocidades según las eyecciones se alejan del Sol.

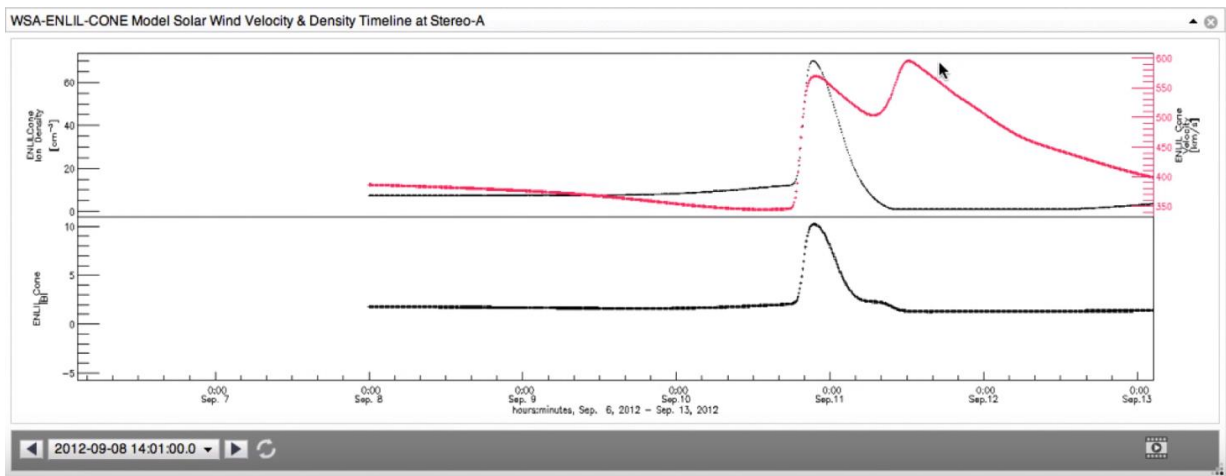


Figura 6: Gráfica velocidad-distancia al Sol. (Créditos: SpaceWeather)

## Links

### Stars

- CESAR Booklet: *Stellar evolution*
- Stellar processes and evolution:  
<http://sci.esa.int/education/36828-stellar-processes-and-evolution/>

### The electromagnetic spectrum and ESA missions

- CESAR Booklet: *The electromagnetic spectrum*  
[http://cesar.esa.int/upload/201711/electromagnetic\\_spectrum\\_booklet\\_wboxes.pdf](http://cesar.esa.int/upload/201711/electromagnetic_spectrum_booklet_wboxes.pdf)
- Science@ESA: *The full spectrum* (video)  
<http://sci.esa.int/education/44685-science-esa-episode-1-the-full-spectrum/>
- Science@ESA: *Exploring the infrared universe* (video)  
<http://sci.esa.int/education/44698-science-esa-episode-3-exploring-the-infrared-universe/>
- Blackbody radiation: <http://sci.esa.int/education/48986-blackbody-radiation/>