



Reto Científico CESAR

Siguiendo las manchas solares

(Calcula la rotación del Sol con el telescopio HELIOS)

Guía del estudiante

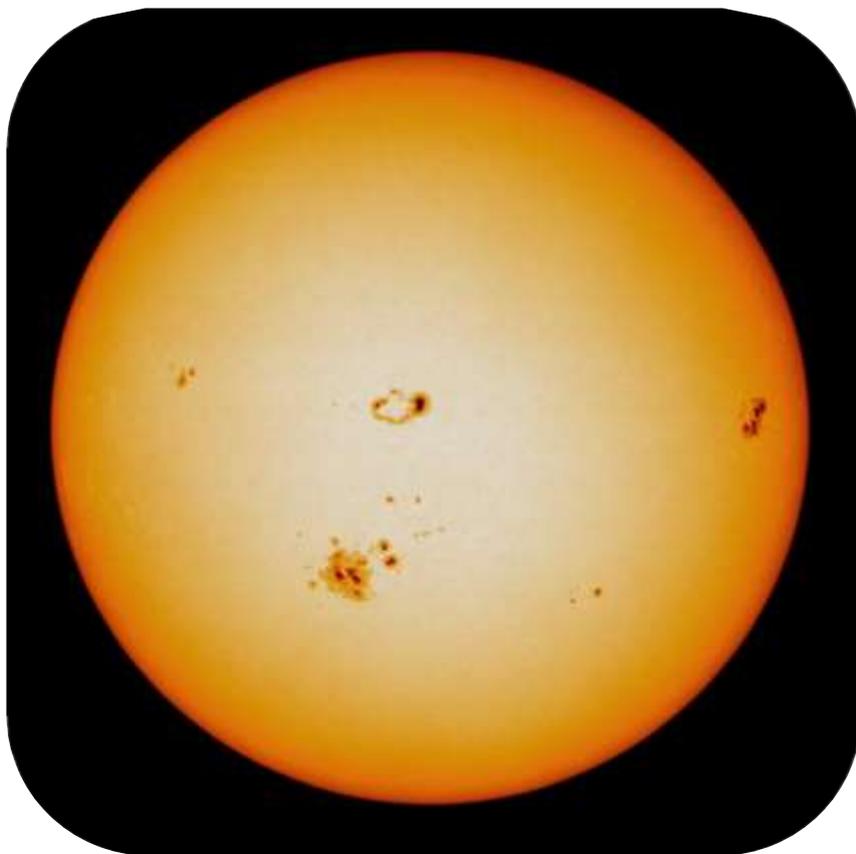




Tabla de Contenidos

Tu Reto Científico	3
Siguiendo las manchas solares.....	4
Fase 0.....	5
Fase 1.....	7
Actividad 1: Repasa conceptos	8
Actividad 2: Compara el Sol con la Tierra	9
Actividad 3: El Sol.....	10
Actividad 4: La actividad magnética del Sol.....	16
Actividad 5: La Exploración Espacial del Sol por la Agencia Espacial Europea (ESA).	23
Actividad 6: ¿Qué has aprendido hasta ahora?	26
Fase 2.....	27
Fase 3.....	29
Actividad 7: Cálculo de la rotación del Sol.....	29
Fase 4.....	37
Actividad 8: Evalúate.....	38
Actividad 9: Presenta tus resultados	38
Enlaces.....	39
Créditos:.....	43



Tu Reto Científico

Siguiendo las manchas solares

Hemos recibido un mensaje:

"¡Tormenta solar hacia la Tierra detectada! ¡Pónganse a cubierto! "

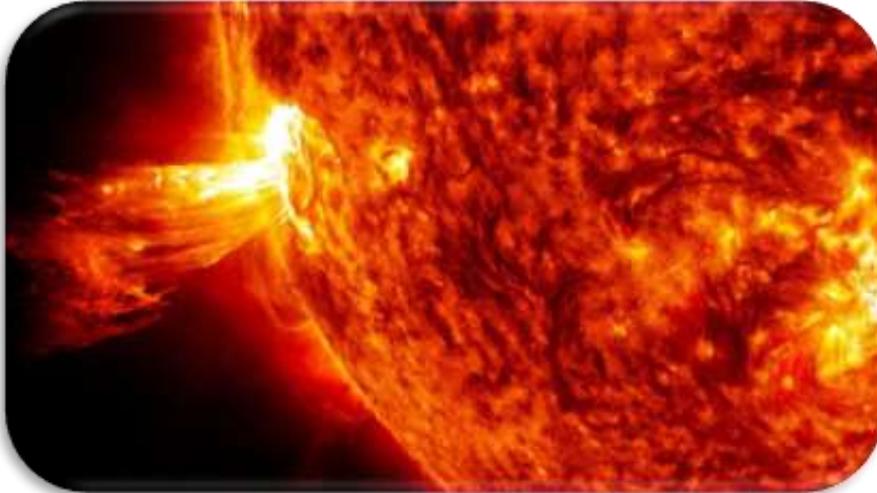


Figura 1: Eyección de masa coronal (CME) (Créditos: <https://www.libertaddigital.>)

Además, el [Observatorio Solar HELIOS](#) en ESAC, que estaba observando el Sol, ha detectado manchas en la superficie del Sol donde el satélite SOHO detectó la eyección de masa coronal.



Figura 2: Manchas solares (Créditos: <http://newsmobile.in/>)

Necesitamos tu ayuda para proteger a la Humanidad. ¿Contamos contigo?

En este reto científico, vamos a seguir el rastro de las manchas solares, para poder contestar a las siguientes preguntas:

¿Se mueven las manchas solares? ¿Rota el Sol? ¿Y si es así, lo hace igual en toda su superficie?



Fase 0

Para ponernos en contexto os recomendamos ver estos videos:

- [Esto es ESA](#)
- [ESAC: La ventana de la ESA al Universo](#)
- [Presentación a ESA/ESAC/CESAR por Dr. Javier Ventura](#)
- Otros [videos](#) complementario sobre Espacio.

Trabajareis en **equipos** de (4-6) personas, teniendo cada uno un papel específico. Rellena la Tabla 0 con el nombre del equipo y de los miembros del equipo asociados a varias profesiones Relacionadas con el espacio.

Identificador del Reto	Número del Equipo (1-6):			
Nombre de Miembros del Equipo				
Profesiones	Matemátic@/ Ingenier@ de software	Astrofísic@	Ingenier@	Químic@/Físic@
Roles	Lidera la correcta ejecución de los cálculos	Controla y trabaja con los datos del telescopio solar	Encargada de encontrar la mejor estrategia acordada entre los miembros del Equipo y de su correcta ejecución.	Encargada de liderar investigaciones más detalladas sobre los procesos energéticos y composición de los objetos celestes.
Referencia (femenina)	Katherine Johnson 	Vera Rubin 	Samantha Cristoforetti 	Marie Curie 
(masculina)	Steve Wozniak 	Matt Taylor 	Pedro Duque 	Albert Einstein 

Tabla 0: Escribe el Identificador del Reto (único), el número de tu Equipo (1-6) y el nombre de los componentes del Equipo, cada uno de ellos con un rol (y tareas asignadas), todas ellas necesarias.

Nota: El documento hace uso de las [Unidades del Sistema Internacional](#).



Fase 1

Actividad 1: Repasa conceptos

Podéis refrescar estos conceptos antes de comenzar el Reto Científico. Cada uno de los links a un video o web será información útil para ello.

10 curiosidades del sistema solar	Estados de la materia (TED-Ed en inglés con subtítulos)	Latitud, Longitud
Velocidad de rotación y periodo	Descubriendo el electromagnetismo	¿Cómo funcionan las reacciones nucleares?

Tabla 1: Conceptos que deben ser refrescados antes de enfrentar este desafío científico.

En esta actividad vamos a estudiar la superficie del Sol. De la misma manera que podemos saber el tiempo que tarda una bola en dar vueltas sobre sí misma mirando algunos de los detalles (colores, letras, manchas) de su superficie, vamos a hacerlo con el Sol. En este caso veremos lo que llamamos sus manchas solares, que explicaremos más adelante.

Es importante tener en cuenta los conceptos de latitud y longitud cuando se identifican las posiciones de las manchas, de la misma manera que se usan las coordenadas para expresar en qué posición de la Tierra se encuentra. La latitud es positiva para el hemisferio norte y negativa en el sur. La longitud toma un meridiano (Greenwich) como referencia y es positiva para el este y negativa para el oeste.

Por ejemplo, si estás en Madrid, te encontrarás en algunas coordenadas (Latitud: $40^{\circ} 25' 0''$, Longitud: $3^{\circ} 42' 12''$), sin embargo, alguien que esté en Santiago de Chile, se encontrará en algunas coordenadas cercanas a (Latitud: $-33^{\circ} 26' 14''$, Longitud: $-70^{\circ} 39' 2''$)

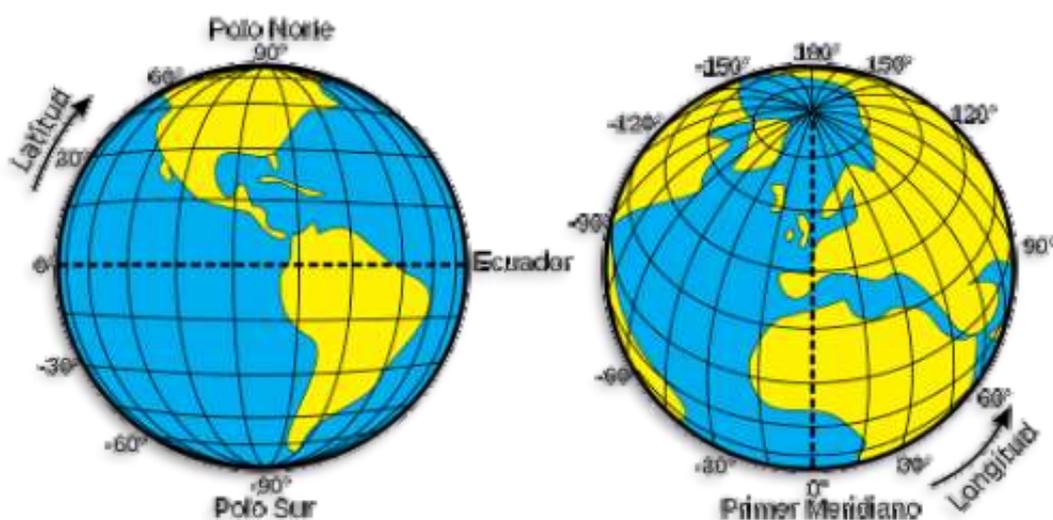


Figura 3: Conceptos de latitud y longitud (Créditos: Wikipedia)

Actividad 2: Compara el Sol con la Tierra

Rellena la siguiente tabla comparando entre el Sol y la Tierra:

Propiedad	Valor en el Sol	Valor en la Tierra	Comparación Sol/Tierra
Tipo de objeto	Estrella	Planeta	
Estado de la mayoría de la materia	Plasma		
Radio (km)			~ 110
Masa (kg)			~ 33 333
Densidad media (kg/m ³)	1 400		
Temperatura superficial (°C)	~ 5 500	17	~ 20
Elementos más abundantes	H ₂ , He, O ₂		
Edad (años)		4 550 000 000	

Tabla 2: Comparación de algunas de las características del Sol y de la Tierra.

- ¿Cuántas Tierras caben en el Sol? (Pista: volumen de una esfera, V , es $4/3 \pi R^3$)

Actividad 3: El Sol

Introducción

El Sol es nuestra estrella más cercana. Es una estrella de gas caliente ionizado o “plasma”. Este genera energía por medio de reacciones nucleares en su interior, consumiendo alrededor de cuatro millones de toneladas de combustible de hidrógeno cada segundo. La Figura 4 muestra algunas de las propiedades del Sol.

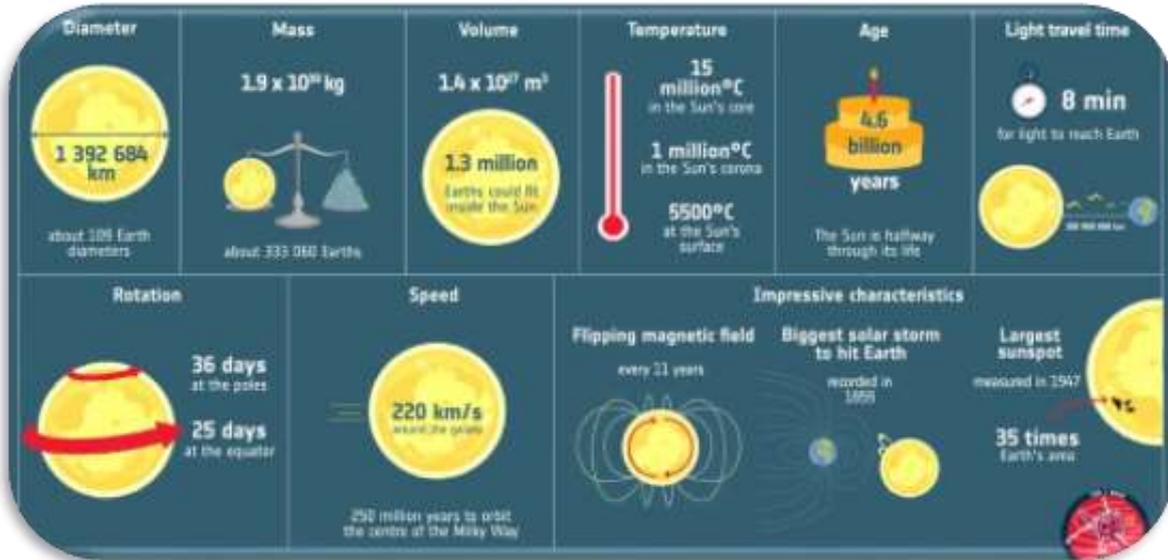


Figura 4: Conoce el Sol (Créditos: ESA)

Pese a su edad, se espera que brille durante otros cinco mil millones de años. Aunque, para entonces, se habrá convertido en una gigante roja. En la Figura 5 podemos observar las diferentes fases que recorrerá el Sol durante su vida. Para más información sobre el Sol cómo evolucionan las estrellas acceder al [cuadernillo CESAR sobre el Sol](#) y [cuadernillo CESAR de evolución estelar](#).



Figura 5: Ciclo de vida del Sol (Créditos: Wikipedia)

1. Mira este video de [El Sol](#) y cuéntanos qué has aprendido del Sol.

Actividad 3.1: La estructura del Sol

1. Dibuja cómo crees que es la estructura del Sol.

2. Comprueba lo aprendido en este juego. Para ello
 - a. Pincha en este [Link](#)
 - b. Presiona el “play” o el botón superior derecho “Again” si no es la primera vez que juegas
 - c. En la parte superior se te mostrará el nombre de una zona del Sol, tu misión será pinchar en el número que crees que corresponde con esa zona. Los resultados aparecen en la parte superior izquierda
 - Si aciertas el número se pondrá en verde. Si fallas el número se pondrá en rojo

Piensa bien cuál es la zona y ten en cuenta el tiempo que se muestra en la parte superior derecha.

Nota: La información de las capas aparecen en inglés, por lo que os mostramos la traducción al castellano, que es cómo lo habéis aprendido:

Core (núcleo), Radiative zone (zona radiativa), Convective zone (zona convectiva), Photosphere (fotosfera), gránules (granulos), sunspot (mancha solar), prominence (prominencia), cromosphere (cromosfera), corona (corona).

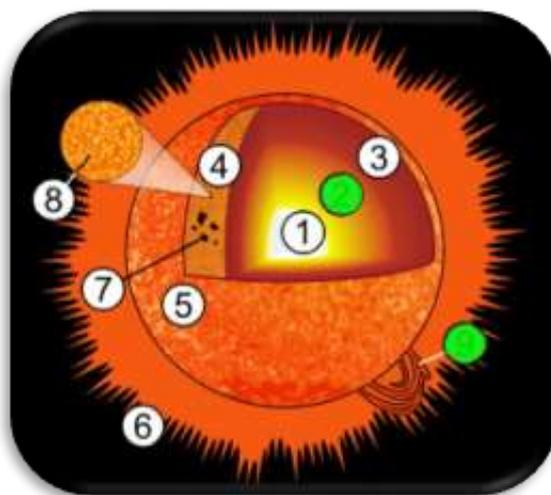


Figura 6a: Pantallazo del juego de adivina la capa del Sol. (Créditos: <https://www.purposegames.com/game/layers-of-the-sun-game>)



3. Escribe aquí las capas que recuerdas por orden desde el interior al exterior del Sol.

4. ¿Qué capa(s) del Sol vemos desde la Tierra?

ADVERTENCIA–Nunca mires directamente al Sol, puede causar daños serios en tus ojos.

Actividad 3.2: La química del Sol

Las reacciones nucleares que se produce en el Sol genera la energía que hace posible la vida en nuestro Planeta. Durante la fase más estable de las estrellas, tienen lugar en su núcleo reacciones químicas que transforman 4 átomos de hidrógeno en uno de helio, como muestra la Figura 6.

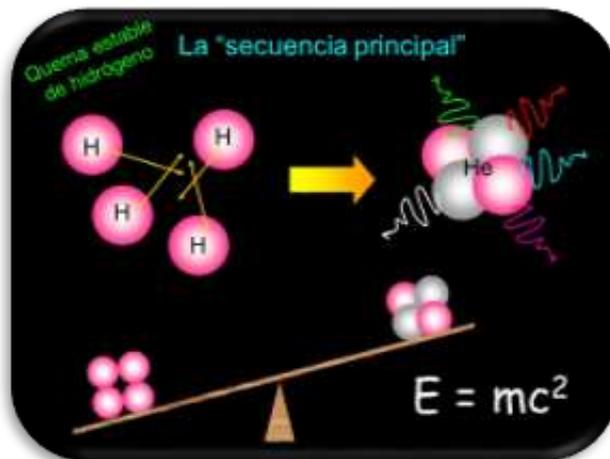


Figura 6: Reacción nuclear de las estrellas en su fase más estable. (Créditos: Charla del Dr. Benjamín Montesinos Comino en curso de profesores CESAR e Junio 2018).

Nota 1: En concreto 92 sextillones (92 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000) de reacciones nucleares ocurren cada segundo en el Sol.

Nota 2: Cada segundo 4 260 000 toneladas de materia se convierten en energía, la cual es capaz de proveer un hogar (estándar) de electricidad durante 9 500 billones de años.

Como muestra la Figura 7, el Sol está compuesto principalmente de hidrógeno (H ~91%) y de helio (He ~8.8%), además de otros elementos químicos en un porcentaje mucho menor

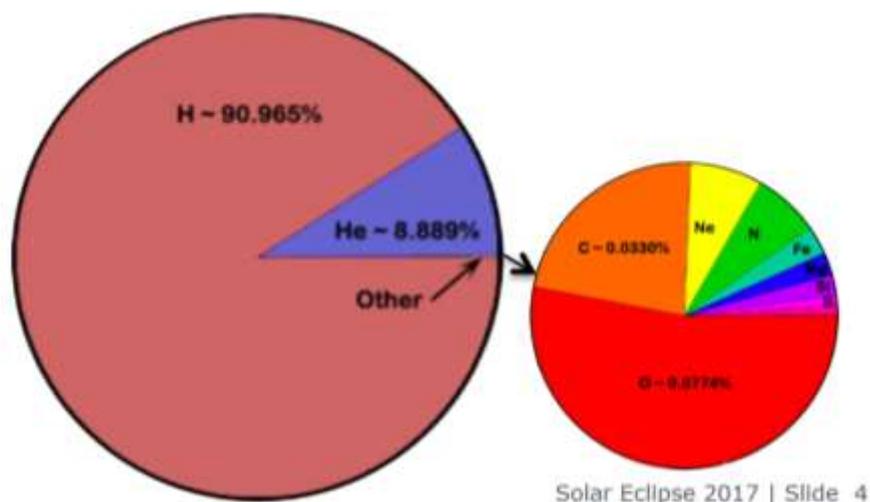


Figura 7: Elementos del Sol (Créditos: Presentación de Dra. Anik De Groof, en curso de profesores CESARr)

1. Identifica a qué grupo pertenece cada uno de estos elementos químicos revisando la [Tabla Periódica Dinámica](#) y rellena la Tabla 3.

Proporción de ese elemento (%)	Nomenclatura	Elemento químico	Grupo en la Tabla Periódica	Número atómico
90.96	H	Hidrógeno	No metales	1
8.89	He			
0.07	O			
0.03	C			
< 0.1	Ne			
< 0.1	N			
< 0.1	Fe			
< 0.1	Mg			
< 0.1	Si			
< 0.1	S			

Tabla 3: Composición química del Sol.

2. Repite la actividad anterior para el caso de la Tierra. Mira la Figura 8 para ello.

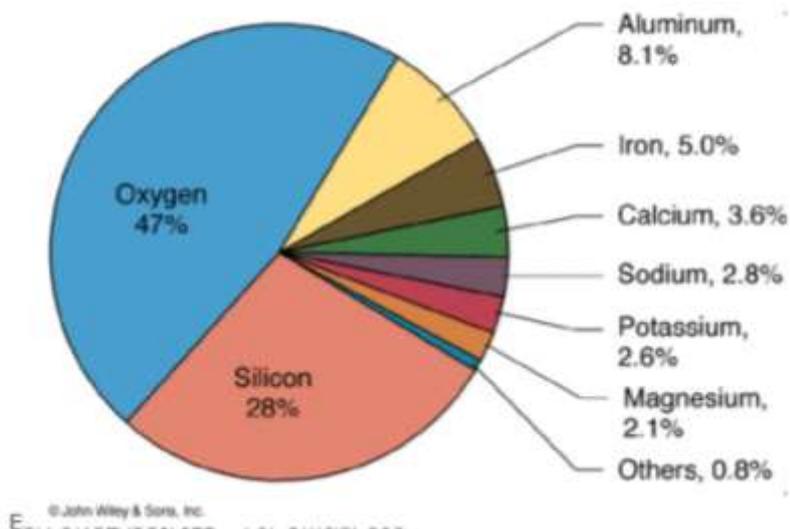


Figura 8: Elementos de la Tierra (Créditos: Presentación de Dra. Anik De Groof, en curso de profesores CESARr).

Proporción de ese elemento (%)	Nomenclatura	Elemento químico	Grupo en la Tabla Periódica	Número atómico
47	O	Oxígeno	No metales	8
28	Si			
8.1	Al			
5.0	Fe			
3.6	Ca			
2.8	Na			
2.6	K			
2.1	Mg			
0.8	Otros			

Tabla 4: Composición química de la Tierra

3. Compara la composición del Sol y de la Tierra.

La Figura 9 muestra las posiciones en el espectro electromagnético que ocupan las transiciones de los distintos elementos que se encuentran en el Sol.

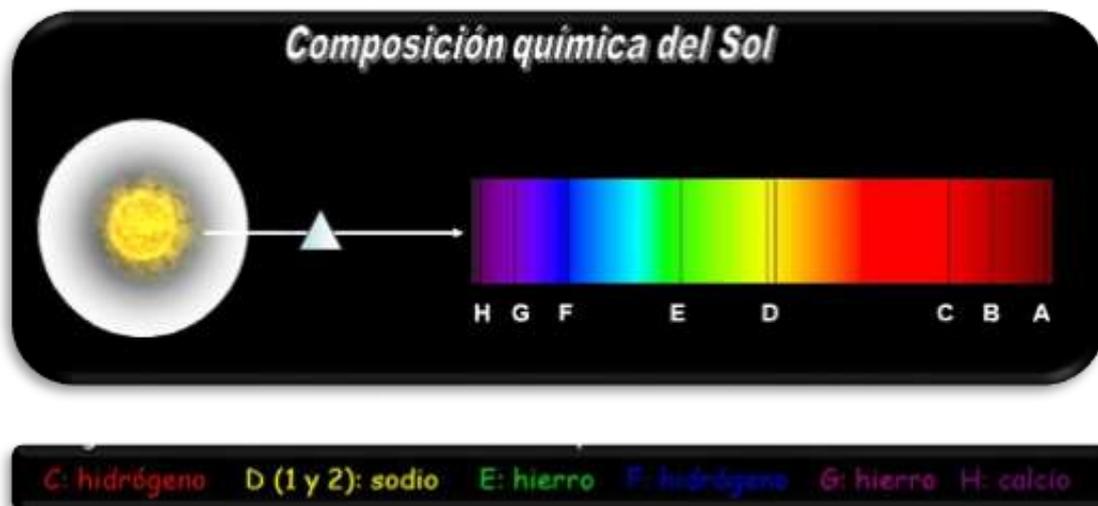


Figura 9: Composición química del Sol (Créditos: <https://slideplayer.es/>)

4. Realiza la actividad [CESAR "¿De qué están hechas las estrellas?"](https://spectralworkbench.org/) usando la aplicación <https://spectralworkbench.org/>

Actividad 4: La actividad magnética del Sol

El Sol es una gran bola de gas a temperaturas muy elevadas que en estado de **plasma**.

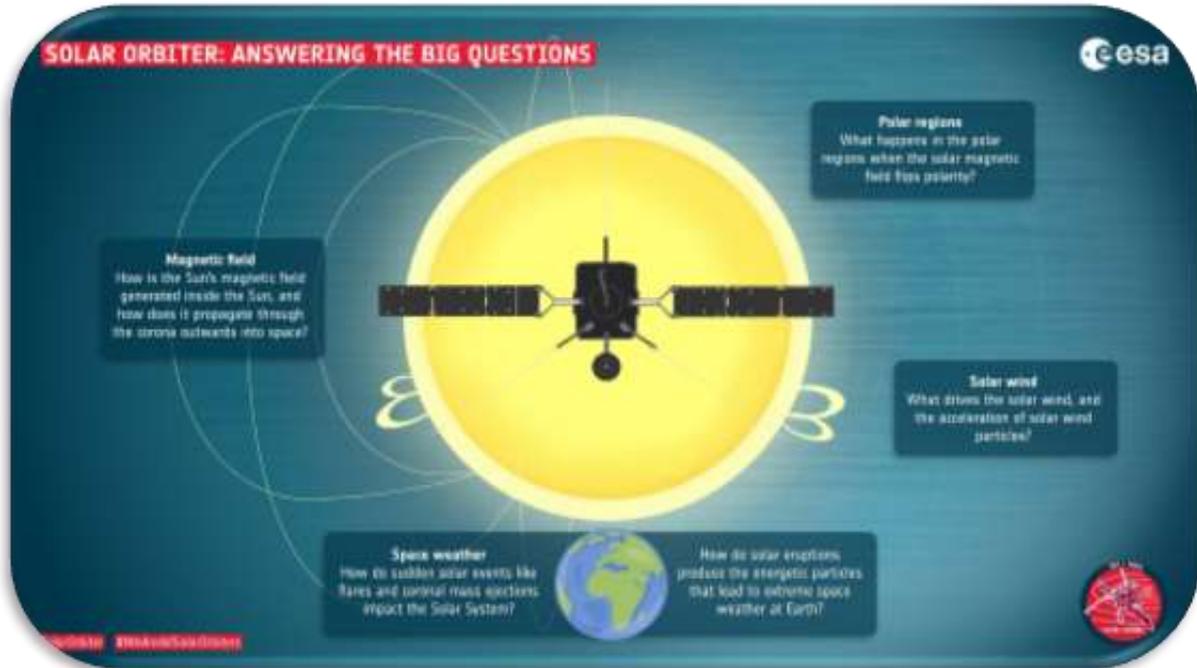


Figura 10: Estudio de la actividad magnética del Sol por Solar Orbiter

Este hecho hace que el material ionizado gaseoso circule por sus campos magnéticos que salen del interior atravesando la superficie del sol. Debido este estado, al girar el Sol sobre sí mismo, la zona del ecuador y de los polos giren a distintas velocidades, retorciendo sus campos magnéticos y causando las variaciones en su campo magnético, como muestra la Figura 11.

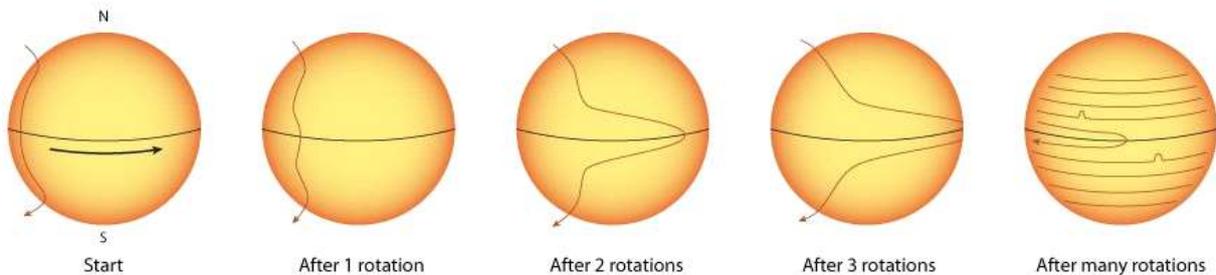


Figura 11: Explicación de cómo se genera la rotación diferencial del Sol a lo largo de varios días. (Créditos: NASA / IBEX)

Nuestra estrella es muy activa magnéticamente hablando, pues tiene un campo magnético muy intenso y variable, que va cambiando año a año. La orientación de sus polos magnéticos cambia cada vez que alcanza su máximo de actividad, lo cual ocurre una vez por ciclo (cada 11 años aproximadamente), como muestran los datos registrados en la Figura 12.

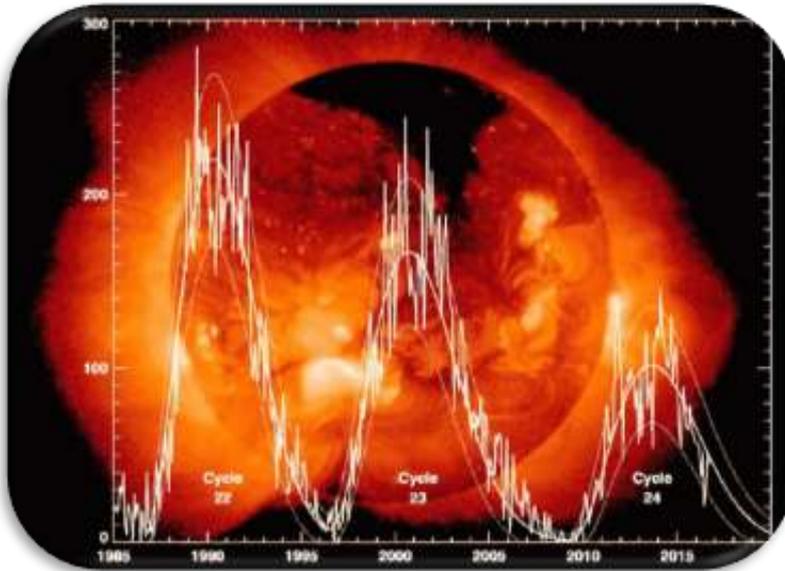


Figura 12: Ciclos de actividad del Sol. (Créditos <https://ciencia.>)

La actividad magnética del Sol produce numerosos efectos, que todos juntos se conocen como actividad solar. La Figura 13 muestra algunos de ellos como las **llamaradas (solar flares en inglés)**, **prominencias (erupting prominence en inglés)**, **manchas** en su superficie (conocidas como sunspots en inglés) y diferencias en el **material eyectado desde la corona (coronal mass ejections en inglés) al viento solar**, entre otros.

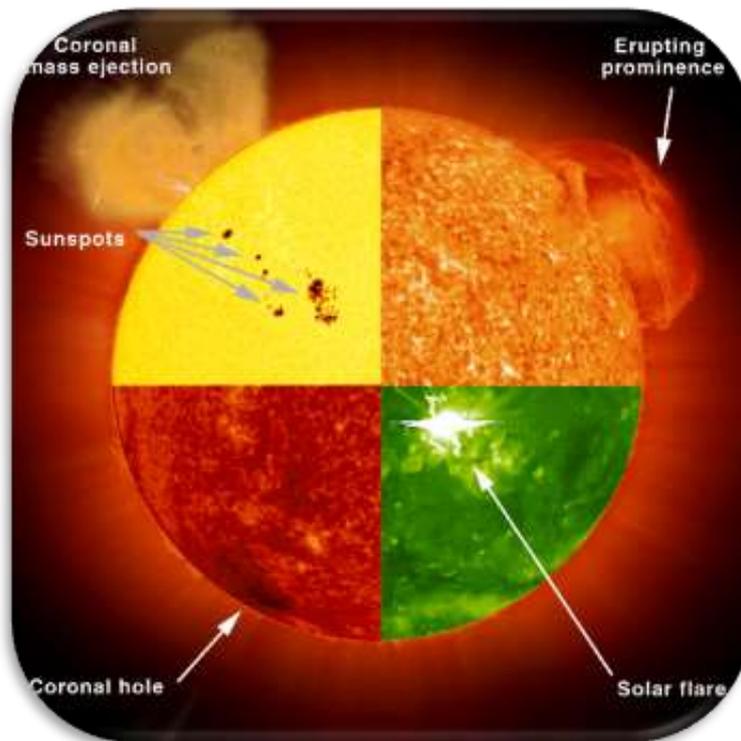


Figura 13: Conexión entre los distintos efectos de la actividad solar. (Créditos: [geomag](#))

Para más información sobre los distintos efectos causados por el campo magnético, os invitamos a visitar el [cuadernillo de CESAR sobre el Sol](#).



1. ¿Qué crees que son las manchas solares y qué las origina?

2. ¿Crees que las manchas solares guardan relación con el campo magnético solar?

3. ¿En qué capas del Sol son visibles las manchas solares? Dibuja un esquema.

Manchas solares: Las “manchas solares” son un resultado de la actividad magnética de Sol, siendo regiones donde los campos magnéticos del Sol salen (o entran) atravesando la superficie del Sol (fotosfera). A menudo aparecen en parejas, siendo una de las manchas creada por la línea de campo magnético que sale de la fotosfera y la otra por la línea de campo magnético que entra. Por ello a menudo tienen polos magnéticos (o polaridad), pareciéndose al polo norte y polo sur de un imán.

Aparecen como parches oscuros sobre la superficie del Sol (conocida como **fotosfera**) porque se encuentran unos 1 000 K más frías que su entorno y pueden variar su tamaño, pudiendo llegar a ser tan grandes como la Tierra o Júpiter (ver imagen izquierda de la Figura 14)



Figura 14: (Imagen izq.) Comparación tamaños manchas solares. (Imagen der.) Comparación de manchas solares con un imán (Créditos: Solar Orbiter de la ESA)

Actividad 4.1: La influencia del Sol sobre la Tierra

El Sol es la estrella que permite la **existencia de vida** (zona de habitabilidad), tal y como la conocemos en la Tierra, y las variaciones en su actividad impactan en la Tierra a muchos niveles.

1. Para más detalles sobre zonas de habitabilidad¹ entorno a una estrella, te animamos a descubrir esta [actividad de GoLabz](#)

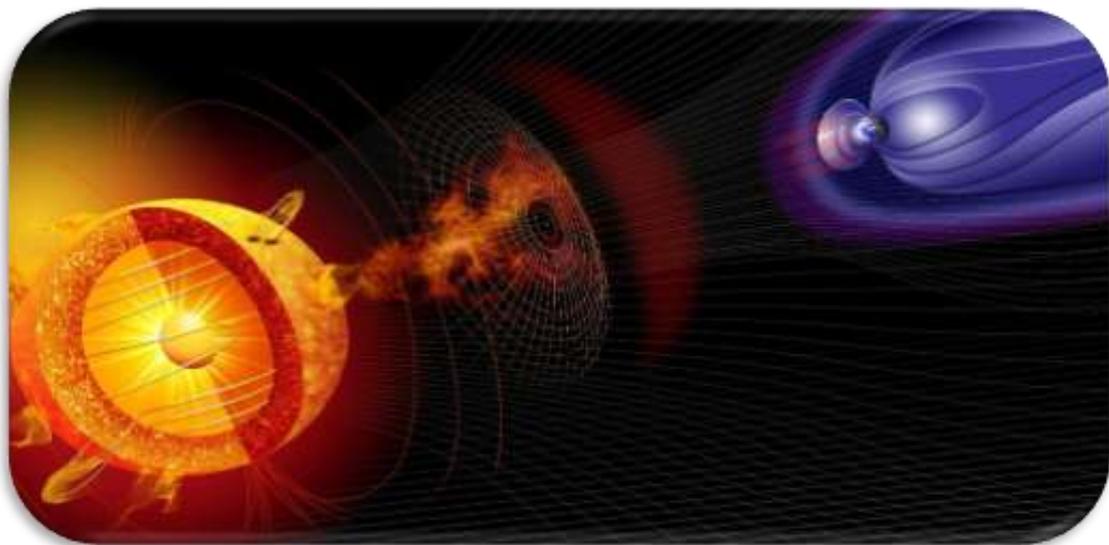


Figura 15: Diagrama de la actividad magnética del Sol (Créditos: www.vozpopuli.com)

¹ Zona de habitabilidad: https://es.wikipedia.org/wiki/Zona_de_habitabilidad

La mayor parte de los planetas del Sistema Solar, se encuentran rodeados por unas envolturas magnéticas de gran tamaño. Se conocen como magnetosferas y son producidas por la actividad en el interior del planeta. Estas magnetosferas forman las mayores estructuras del Sistema Solar, llegando ser entre 10 y 100 veces más grandes que el propio planeta.

El viento solar interacciona con estas “burbujas magnéticas” pudiendo moverlas y deformarlas. Pueden ser por tanto inducidas por esta interacción con el viento solar con su ionosfera (Venus y cometas) o por un proceso de dinamo magnética (como ocurre en Mercurio, la Tierra o planetas gigantes).

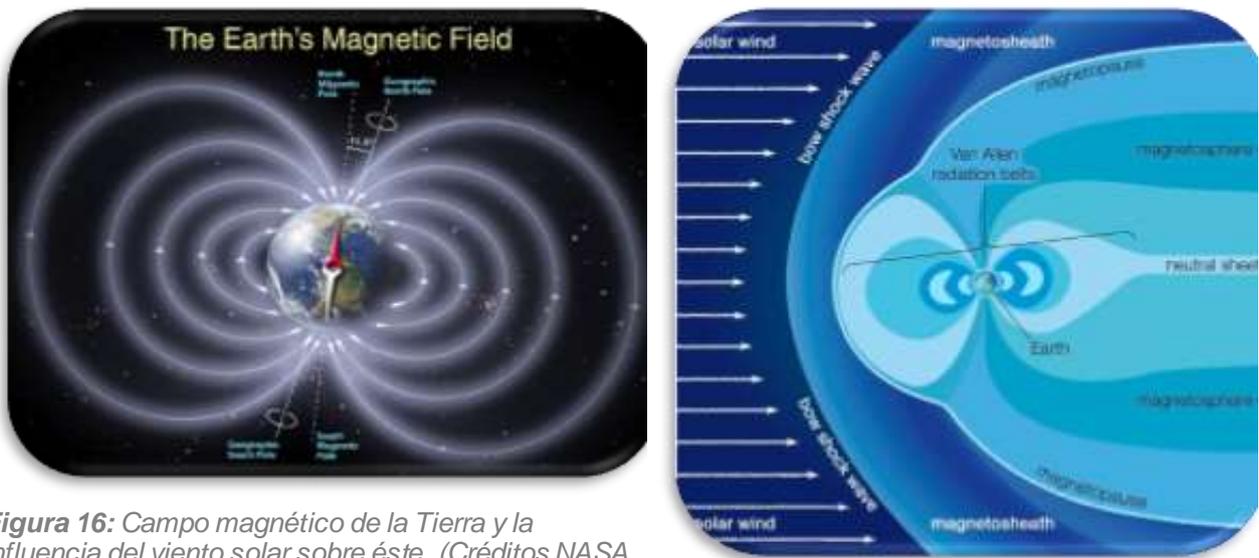


Figura 16: Campo magnético de la Tierra y la influencia del viento solar sobre éste. (Créditos NASA, ESA)

El campo magnético de la Tierra es muy estable y no cambia mucho a lo largo del tiempo, a diferencia del campo magnético solar. Sin embargo, parte de la radiación ultravioleta consigue atravesar la atmósfera y por ello debemos protegernos. Mira este [TED-ED video](#) para ver el efecto del Sol sobre las personas y la necesidad de usar crema solar.

1. Dibuja cómo crees que puede afectar la actividad magnética del Sol sobre la Tierra.



Figure 17: Campo magnético de la Tierra y su efecto sobre el Sol y los satélites. (Créditos: ESA)

4. ¿Crees que existe alguna relación entre el Sol y las Auroras Boreales?



Figura 18: Formación Auroras Boreales (Créditos: www.meteorologiaenred.com)

- El siguiente [video](#) explica la aparición de las Auroras Boreales como causa de la influencia del Sol sobre el campo magnético de la Tierra [video](#)

5. ¿Qué otra influencia puede causar la actividad solar sobre la Tierra?



Figura S.: La influencia del Sol sobre el campo magnético de la Tierra. (Créditos: www.capasdelatierra.org)

Actividad 5: La Exploración Espacial del Sol por la Agencia Espacial Europea (ESA).

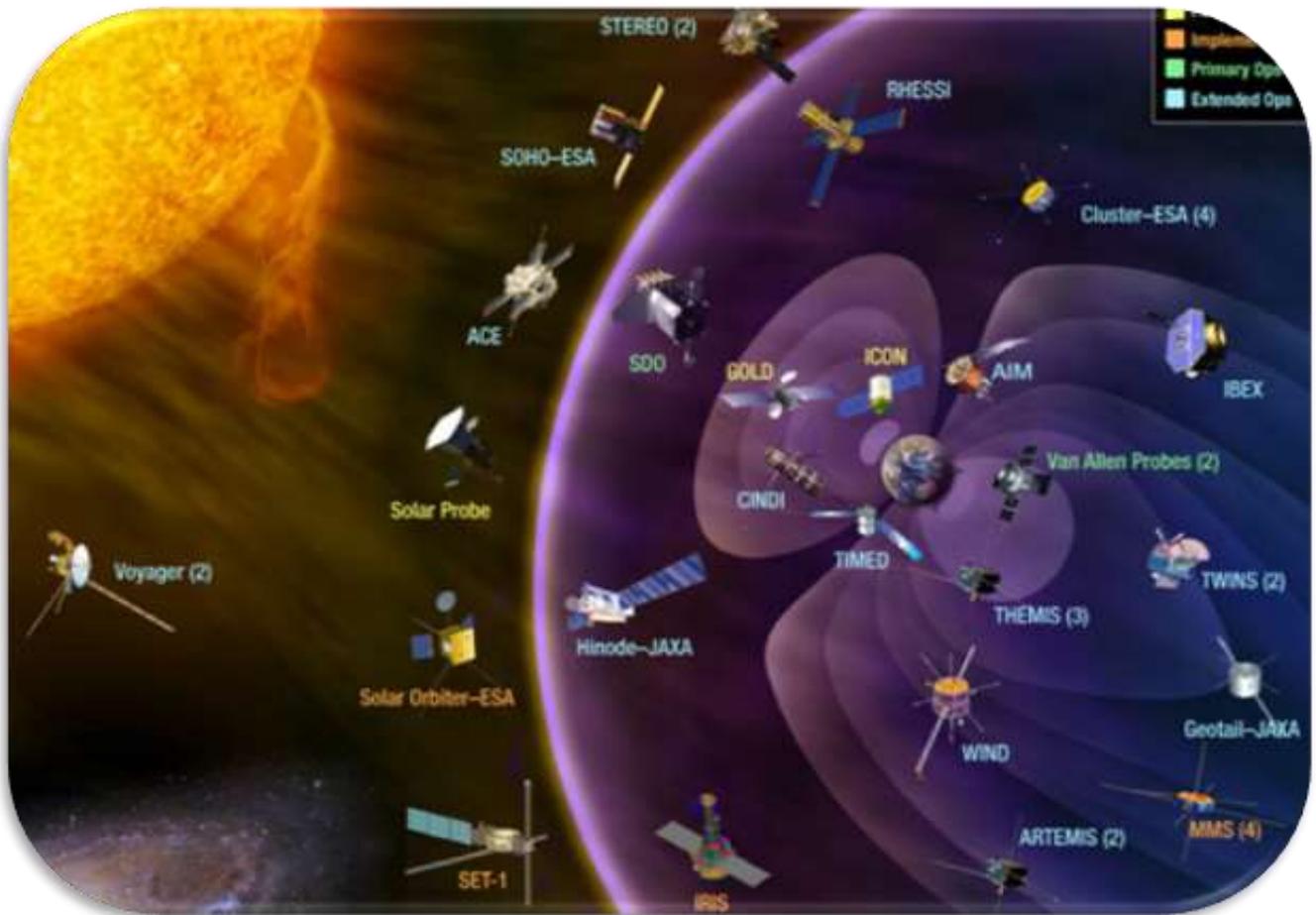


Figura 19: Flota de misiones de la Agencia Espacial Europea. (Créditos: www.fidefundacion.es)

Desde hace más de dos décadas, la Agencia Espacial Europea, junto con la Agencia Espacial Norteamericana estudian el Sol, pues sus variaciones pueden afectar de manera importante a la Tierra. La Figura 15 muestra todas ellas y la Figura 16 aquellas con una alta contribución Europea ([PROBA-2](#), [SOHO](#) y [Solar Orbiter](#)). El campo de la física que estudia el Sol se llama **Heliofísica**.

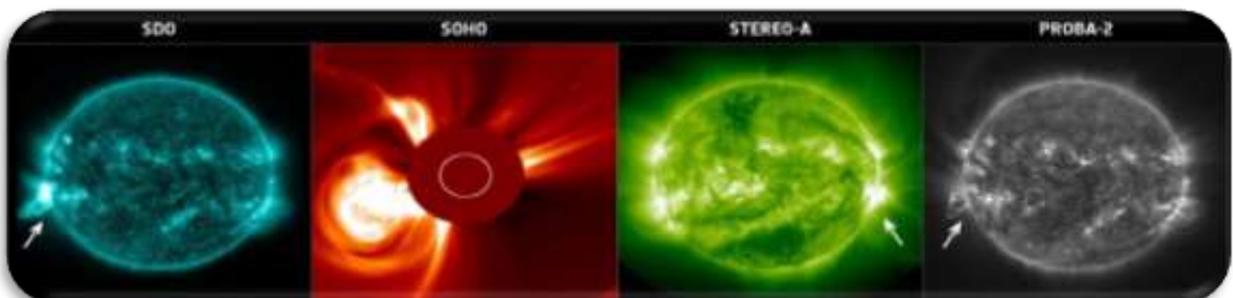


Figura 20: El Sol observado en diferentes filtros (Créditos: kiri2ll.livejournal.com)

Solar Orbiter. SOLO

La misión Solar Orbiter de la ESA fue enviada en el 2020, con el principal objetivo de estudiar de cerca el Sol, sus polos y en particular para analizar el comportamiento de sus campos magnéticos, y así predecir, el comportamiento de la estrella de la cual dependen nuestras vidas.

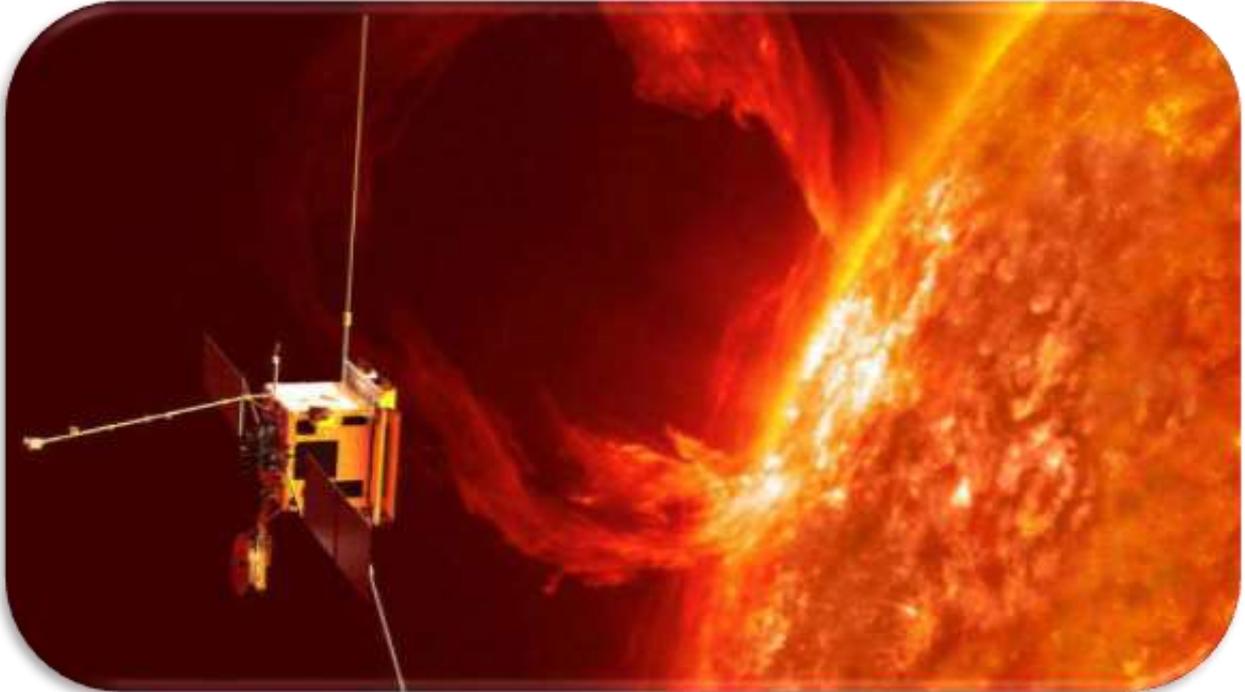


Figura 21: Simulación SOLO, ESA. (Créditos www.esa.int)

Los siguientes links son recursos extra para conocer las misiones encargadas del estudio del Sol:

- [Misiones de ESA al Sol](#) (~3min, en inglés),
- Simuladores 3D de la [Flota de naves de la Agencia Espacial Europea](#)

Solar Orbiter launch highlights [video](#)

Solar Orbiter's first close approach to the Sun [video](#)

La misión Solar Orbiter [link](#)

- Qué diferencia al Solar Orbiter de otras misiones [imagen](#)
- [La misión ESA SWARM](#) estudia las variaciones de los campos magnéticos de la Tierra.

Telescopio Solar CESAR (HELIOS)

El telescopio HELIOS, pertenece al Equipo CESAR y está instalado en ESAC desde el 2012. Su objetivo fundamental es observar el disco del Sol cada día (en el rango visible y H-alpha)

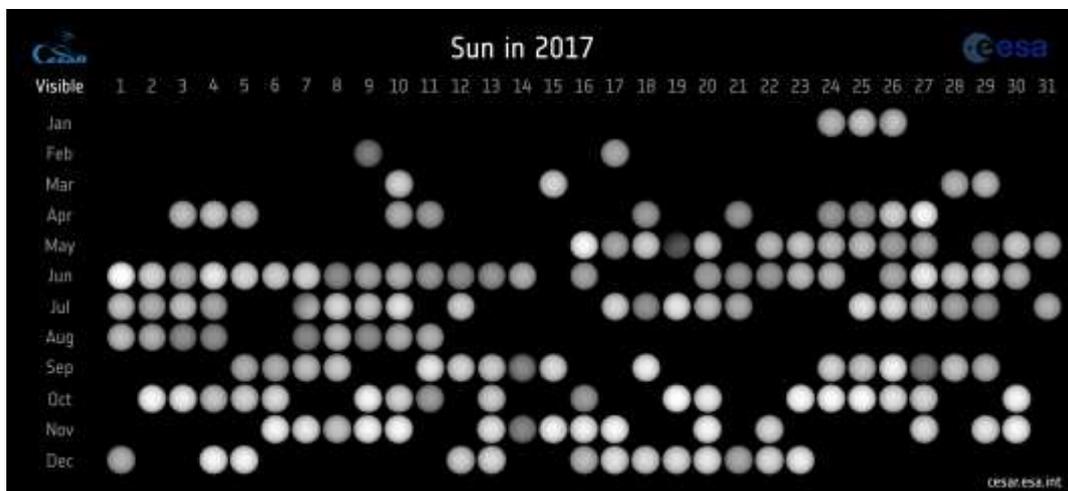


Figura 22: ESA solar observatory (Créditos www.esa.int)

A partir de estos datos científicos el Equipo CESAR crea material educativo como “El Estudio de la Rotación del Sol.”

Si quieres ver la última imagen tomada por este telescopio accede [“El Sol en directo”](#)

- Para más información sobre este telescopio de Tierra accede a ESAC SOLAR OBSERVATORY, en el siguiente [link](#).



Actividad 6: ¿Qué has aprendido hasta ahora?

Comprueba lo que has aprendido con este [cuestionario](#)



Fase 2

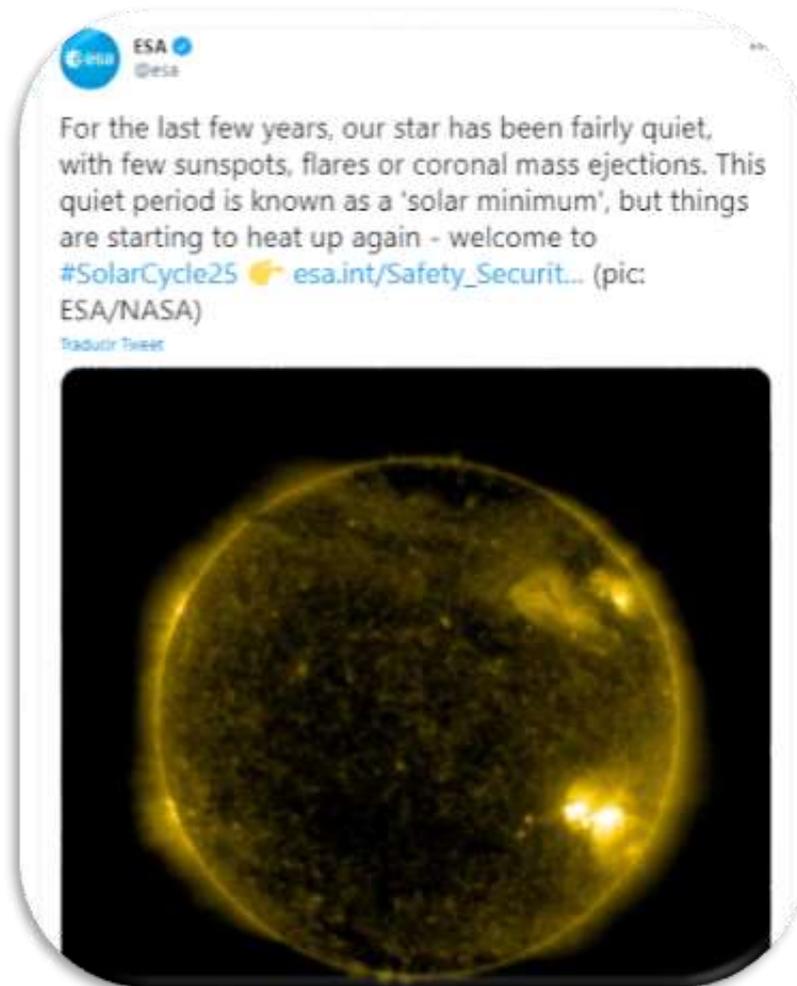


Figure 26: Image of the Sun taken by ESA mission (Credits: <https://twitter.com/esa/status/1322117428806123520>)



Fase 3

Actividad 7: Cálculo de la rotación del Sol

En esta actividad, utilizareis imágenes del Sol tomadas por el [Observatorio Solar HELIOS](#), para así medir el movimiento de una mancha solar a lo largo de varios días y calcular la rotación del Sol.



Esta actividad está estructurada de manera que llevéis a cabo **el método científico**. Para primero haréis una **hipótesis**, después un **experimento (procedimiento)** y finalmente llegareis a sus propias **conclusiones**.

Hipótesis

1. ¿Cuánto tiempo crees que tarda el Sol en completar una rotación?

2. ¿En qué dirección, crees que una mancha solar se mueve sobre la superficie del Sol? Dibuja un esquema que ilustre tu respuesta.

Actividad 7.1: Versión on-line

- **Datos:** Imágenes tomados por el telescopios solar HELIOS de la fotosfera del Sol.
- **Herramientas:**

- [Herramienta web diseñada por el Equipo CESAR de "Estudio de la Rotación Diferencial del Sol"](#)
- calculadora .

- **Video tutorial:** <https://youtu.be/rTDkPCDgqGo>

Mira el video tutorial y repite el ejercicio para el conjunto de imágenes elegidas en la Opción 3 de la herramienta, tomadas por el telescopio HELIOS, siguiendo el Procedimiento

Procedimiento

- Accede a la herramienta web diseñada por el Equipo CESAR de "[Estudio de la Rotación Diferencial del Sol](#)"
- **Paso 1/4: Elige un conjunto de imágenes** (por ejemplo, la Opción 3). Estas son imágenes consecutivas lo que nos permite estudiar la evolución de manchas solares.



Figura 23: Paso 1 de la herramienta web para el cálculo del periodo de rotación del Sol. (Créditos: CESAR)

- **Paso 2/4 (I): Calcula el radio del Sol** para conocer la escala de la imagen.
 - Pincha con el ratón en el centro del Sol (cruz negra) y después en el extremo del disco. Esto permitirá internamente a la herramienta hacer la conversión de pixeles a kilómetros.

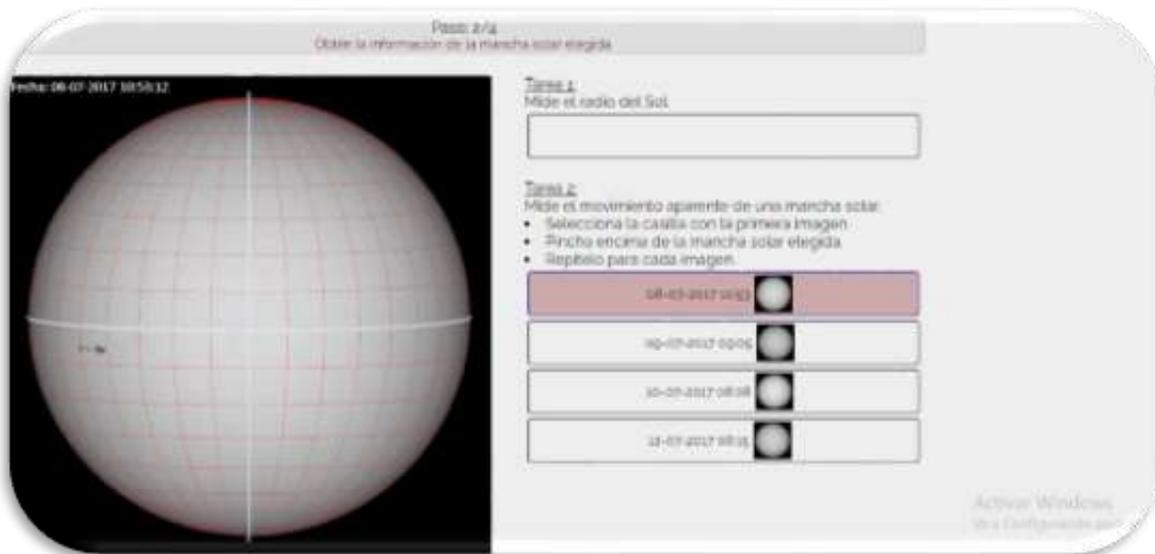


Figura 24: Paso 2 de la herramienta web para el cálculo del periodo de rotación del Sol. (Créditos: CESAR)

- **Paso 2/4 (II):** Para cada imagen selecciona la posición en la que se encuentra la mancha.
- **Paso 3 de 4 (I): Calcula el periodo de rotación del Sol:**
 - Rellena en el numerador la diferencia de tiempos entre la imagen (N) e imagen(N-1), **en días** (por ejemplo, X.Y días). (Nota: El tiempo en que las imágenes fueron tomadas viene dado como DD-MM-YYYY hh:mm, siendo *DD* del día, del mes *MM* del año *YYYY* a la hora *hh* y minutos *mm*.)
 - Rellena en el denominador la **diferencia de longitud** entre la imagen(N) e imagen(N-1), **en grados**. (Nota: En función de si la mancha se encuentra en una zona u otra tendrá un valor positivo o negativo. Lo que necesita la herramienta es el ángulo en valor absoluto).

Nota: Los cálculos deben realizarse usando medios externos que puede ser [calculadora](#), papel o cálculo mentalmente

Imagen 1
Fecha: 05-09-2017 10:34
Latitud: 10.96 degrees
Longitud: 14.17 degrees

Imagen 2
Fecha: 06-09-2017 07:20
Latitud: 10.96 degrees
Longitud: 25.92 degrees

Imagen 3
Fecha: 07-09-2017 07:48
Latitud: 10.75 degrees
Longitud: 39.95 degrees

Imagen 4
Fecha: 08-09-2017 08:37
Latitud: 11.2 degrees
Longitud: 54.04 degrees

Para cada par de imágenes elegidas, introduce la variación en tiempo y posición (longitud) de la mancha solar.

$T_{total\ 2-1} = \frac{360\ \text{grados} \times \text{[días]}}{\text{[grados]}} = \text{[días]}$

$T_{total\ 3-2} = \frac{360\ \text{grados} \times \text{[días]}}{\text{[grados]}} = \text{[días]}$

$T_{total\ 4-3} = \frac{360\ \text{grados} \times \text{[días]}}{\text{[grados]}} = \text{[días]}$

Valor medio de la rotación solar
[días]

Valor medio de latitud de la mancha solar
[grados]

Figura 25: Paso 3 de la herramienta web para el cálculo del periodo de rotación del Sol. (Créditos: CESAR)

- **Paso 3/4 (II): Calcula la valor medio del periodo de rotación:**
 - Emplea los valores de los tres periodos de rotación instantáneos (calculadas entre pares de imágenes) en el Paso 3 y calcula el valor medio. (Nota: Este valor debe calcularse usando medios externos que puede ser [calculadora](#), papel o cálculo mentalmente).
- **Paso 3/4 (III): Calcula el valor medio de la latitud de la mancha:**
 - Introduce la latitud media de la mancha a partir de la latitud de las cuatro imágenes.
- **Paso 4/4: Compara tu resultado del periodo de rotación con el de los planetas del Sistema Solar:**



Figura 26: Paso 4 de la herramienta web para el cálculo del periodo de rotación del Sol. (Créditos: CESAR)

La Figura 26 muestra un resultado para la Opción 3. .Hay que tener en cuenta que al elegirse el centro de la imagen a mano existe error en la medida. (Nota: Damos los periodos de rotación de los planetas del sistema solar, teniendo en cuenta que para los gigantes gaseosos el valor es un valor promedio ([link](#))).

1. A partir de tus observaciones, ¿ crees que las manchas solares se mueven en alguna dirección en particular? Dibuja un esquema y explica tu respuesta.

2. Si hay un movimiento predominante, ¿ es éste en longitud o en latitud?



Actividad 7.2: Versión impresa

- **Datos:** Imágenes tomadas por el telescopios solar HELIOS de la fotosfera del Sol, con fechas y distribución de paralelos y meridianos sobre ésta.

Sigue este **Procedimiento:**

- **Paso 1 /4:** Descarga e imprime las imágenes del disco del sol tomada por el telescopio HELIOS. Existen dos grupos de imágenes tomadas en dos fechas diferentes, con manchas a diferentes latitudes:
 - **Opción 1:** Tres imágenes tomadas entre el 29/03/2001 y el 02/04/2001 ([link](#))
 - **Opción 2:** Tres imágenes tomadas entre el 31/12/2010 y el 11/01/2011 ([link](#))
- **Paso 2/4 (I): Mide cuánto se ha desplazado tu mancha solar favorita en longitud**
 - Rellena la Tabla 4 con la información de fecha, latitud y longitud de tu mancha.

Repite el ejercicio para la misma mancha en las otras imágenes.

Imagen	Fecha y hora (DD-MM-YYYY hh:mm)	Latitud (grados)	Longitud (grados)
1			
2			
3			

Tabla 4: Tabla para la identificación de la posición y fecha de las manchas solares en las imágenes de estudio. (Créditos: CESAR)

- **Paso 3 de 4 (I): Calcula el periodo de rotación del Sol:**
 - Rellena la Tabla 5 con **la diferencia de tiempos** entre la imagen_(N) e imagen_(N-1), **en días** (por ejemplo, X.Y días). (Nota: El tiempo en que las imágenes fueron tomadas viene dado como YYYY/MM/DD hh:mm, siendo *DD* el día, del mes *MM* del año *YYYY* a la hora *hh* y minutos *mm*.)
 - Rellena la Tabla 5 con **la diferencia en longitud** entre la imagen_(N) e imagen_(N-1), **en grados**. (Nota: En función de si la mancha se encuentra en una zona u otra tendrá un valor positivo o negativo. Lo que necesita la herramienta es el ángulo en valor absoluto).
- **Paso 3/4 (II): Calcula la valor medio del periodo de rotación:**
 - Emplea los valores de los dos periodos de rotación instantáneos (calculadas entre pares de imágenes) calcula el valor medio. (Nota: Este valor debe calcularse usando medios externos que puede ser [calculadora](#), papel o cálculo mentalmente).

• **Paso 3/4 (III): Calcula el valor medio de la latitud de la mancha:**

- Introduce la latitud media de la mancha a partir de la latitud de las tres imágenes.

Nota: Los cálculos deben realizarse usando medios externos que puede ser [calculadora](#), papel o cálculo mentalmente.

Par de imágenes	Variación en tiempo (días)	Variación en longitud (grados)	Periodo de rotación (días)
1 y 2			
2 y 3			
Valor promedio del periodo de rotación (días)			
Latitud promedio (grados)			

Tabla 5: Tabla de variación del movimiento de la mancha solar. (Créditos: CESAR)

• **Paso 4/4: Compara tu resultado del periodo de rotación con el de los planetas del Sistema Solar:**

<p><i>Tabla 6: Periodos de rotación de los planetas del Sistema Solar.</i></p>	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Objeto</th> <th>Periodo de rotación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Mercurio</td> <td>58.64 días</td> </tr> <tr> <td>Venus</td> <td>243.02 días</td> </tr> <tr> <td>Tierra</td> <td>1 día</td> </tr> <tr> <td>Marte</td> <td>1.03 días</td> </tr> <tr> <td>Jupiter</td> <td>0.41 días</td> </tr> <tr> <td>Saturno</td> <td>0.44 días</td> </tr> <tr> <td>Urano</td> <td>-0.71 días</td> </tr> <tr> <td>Neptuno</td> <td>0.67 días</td> </tr> </tbody> </table>	Objeto	Periodo de rotación	Mercurio	58.64 días	Venus	243.02 días	Tierra	1 día	Marte	1.03 días	Jupiter	0.41 días	Saturno	0.44 días	Urano	-0.71 días	Neptuno	0.67 días
Objeto	Periodo de rotación																		
Mercurio	58.64 días																		
Venus	243.02 días																		
Tierra	1 día																		
Marte	1.03 días																		
Jupiter	0.41 días																		
Saturno	0.44 días																		
Urano	-0.71 días																		
Neptuno	0.67 días																		

Conclusiones

1. A partir de tus observaciones, ¿crees que las manchas solares se mueven en alguna dirección en particular? Dibuja un esquema y explica tu respuesta.



2. Si hay un movimiento predominante, ¿es éste en longitud o en latitud?

3. ¿Es el valor del periodo de rotación del Sol el que esperabas? Compara tus resultados con los de otros compañeros, ¿son parecidos? Si no, ¿cuál crees que es la razón de dichas diferencias?

4. ¿Esperabas que el Sol rotara más o menos rápido que la Luna? ¿Y más o menos rápido que la Tierra?

5. Afectan los siguientes factores a cómo rota la mancha solar (y por lo tanto el Sol): ¿el hemisferio que miremos?, b) ¿la fecha?, c) ¿el valor en latitud? Explica el razonamiento detrás de tus respuestas.

6. Teniendo en cuenta las latitudes de las manchas solares, ¿a qué latitud rota el Sol más rápido? En otras palabras, ¿para qué latitud el periodo de rotación del Sol es menor?

=



Fase 4



**¡ Enhorabuena !
¡ Has completado tu Reto Científico !
¡ Cuéntanos tu historia !**

Párate a pensar en la Experiencia con tu Equipo y profes y completa estas Actividades.

Actividad 8: Evalúate

- **En Equipos:** Rellenad este [cuestionario](#) para que comprobéis lo aprendido en el Reto.
- **Con vuestro@profe:** Dadnos vuestro feedback

Actividad 9: Presenta tus resultados

Los estudiantes deberán crear un producto final (un poster A0 en formato pdf, usando power point, por ejemplo) mostrando lo que han aprendido en las distintas fases del Reto Científico.

Este poster es el billete para participar en el concurso internacional de *Aventuras CESAR*.



Enlaces



ENLACES DE LA FASE 0:

VIDEOS:

- This is ESA: <https://www.youtube.com/watch?v=9wdbNU7Pu8U&feature=youtu.be>
- ESAC: La ventana de ESA al Universo: http://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2015/01/ESAC_ESA_s_Window_on_the_Universe
- Presentation to ESA/ESAC/CESAR by Dr. Javier Ventura: <http://cesar.esa.int/index.php?Section=Multimedia&Id=63>
- Otros videos inspiracionales sobre Espacio: http://cesar.esa.int/index.php?Section=SSE_Videos_NEW&ChangeLang=es
- Video inspiracional en educación: https://www.youtube.com/watch?v=_qgVKmOsqV8&t=36s

APP/JUEGO/CUESTIONARIO:

- Simulación de cinemática: <https://www.edumedia-sciences.com/es/media/112-cinematica>

WEBS:

- Katherine Johnson: <https://kids.britannica.com/kids/article/Katherine-Johnson/628677>
- Vera Rubin: <https://www.nytimes.com/2016/12/27/science/vera-rubin-astronomist-who-made-the-case-for-dark-matter-dies-at-88.html>
- Samantha Cristoforetti: <https://www.nytimes.com/2016/12/27/science/vera-rubin-astronomist-who-made-the-case-for-dark-matter-dies-at-88.html>
- Marie Curie: https://es.wikipedia.org/wiki/Marie_Curie
- Steve Wozniak: https://es.wikipedia.org/wiki/Steve_Wozniak
- Matt Taylor: <https://www.famousbirthdays.com/people/matt-taylor-scientist.html>
- Pedro Duque: https://www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_Robotic_Exploration/Astronauts/Pedro_Duque
- Albert Einstein: https://es.wikipedia.org/wiki/Albert_Einstein
- Sistema Internacional de Unidades: https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_Internacional_de_Unidades

ENLACES DE LA FASE 1:

VIDEOS:

- Velocidad y aceleración: <https://www.youtube.com/watch?v=p3EIdFAeR00>
- ¿Qué es el plasma?: <https://www.youtube.com/watch?v=2Ht-DHlAd08>
- 10 curiosidades del Sistema solar: <https://www.youtube.com/watch?v=XaEsvetxAL0>
- Descubriendo el electromagnetismo: <https://www.youtube.com/watch?v=FN-tnH36ojY>
- ¿Cuál crees que es la fuerza mayor del Universo?: https://www.youtube.com/watch?v=AQnkWw_IQ8g
- ¿Cómo funcionan las centrales nucleares?: https://www.youtube.com/watch?v=_qgVKmOsqV8&t=36s



- El Sol nuestra estrella local
[http://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2013/07/Science_ESA_Episode_8_The_Sun_our_local_star/\(lang\)/es](http://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2013/07/Science_ESA_Episode_8_The_Sun_our_local_star/(lang)/es)
- Las radiaciones dañinas del Sol: <https://www.youtube.com/watch?v=ZSJITdsTze0>
- Auroras Boreales: <https://www.youtube.com/watch?v=1DXHE4kt3Fw>
- Solar Orbiter (varios):
[https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Missions/Solar_Orbiter/\(result_type\)/videos](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Missions/Solar_Orbiter/(result_type)/videos)
- Lanzamiento de SOLO:
https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2020/02/Solar_Orbiter_launch_highlights
- Misiones de ESA al Sol:
[https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Missions/Solar_Orbiter/\(result_type\)/videos](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Missions/Solar_Orbiter/(result_type)/videos)
- La misión ESA SWARM:
https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Swarm/Highlights/Earth_s_magnetic_field
- El espectro electromagnético y su estudio por misiones ESA:
https://d1multimedia.esa.int/download/public/videos/2013/07/020/1307_020_AR_ES.mp4
- COSMOGRAPHIA: <https://www.youtube.com/watch?v=VBO9MDt8Gvs>

APP/JUEGO/CUESTIONARIO:

- Juego del Sol: <https://www.purposegames.com/game/layers-of-the-sun-game>
- Tabla periódica: <https://www.ptable.com/?lang=es>
- ¿De qué están hechas las estrellas?:
http://cesar.esa.int/index.php?Section=SSE_Composicion_de_las_estrellas_portada
- Analiza el espectro de estrellas: <https://spectralworkbench.org/>
- Flota de naves de la Agencia Espacial Europea : <http://scifleet.esa.int/#/>.
- El Sol: <http://scifleet.esa.int/#/model/sun>
- SOHO: <http://scifleet.esa.int/#/model/soho>
- SOLO: http://scifleet.esa.int/#/model/solar_orbiter
- blog de viaje y actividades educativas: <https://www.solarorbiterforkids.com/>
- Cuestionario: <http://cesar.esa.int/form.php?Id=11&k=9gPSn9hqRN&ChangeLang=es>

WEBS:

- La estructura del Sol:
http://cesar.esa.int/upload/201809/la_estructura_del_sol_booklet.pdf
- El Sistema Solar (en inglés):
http://cesar.esa.int/upload/201905/jupiter_moons_booklet_pdf.pdf
- La evolución de las estrellas:
http://cesar.esa.int/upload/201809/mod_evolucion_estelar_booklet.pdf
- El Sol magnético: http://cesar.esa.int/upload/201809/el_sol_magnetico_booklet_es.pdf
- Explorando el Sol:
https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Spain/Explorando_el_Sol
- El Sol en el 2018:
https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Spain/El_Sol_en_2018
- El estudio del Sol por el Equipo CESAR:
<http://cesar.esa.int/index.php?Section=News&Id=183>



- El Sol en directo: http://cesar.esa.int/index.php?Section=Live_Sun
- Observatorios solares CESAR:
http://cesar.esa.int/index.php?Section=Observatories_ESAC_Sun
- Eclipses solares:
https://www.esa.int/kids/es/Aprende/Nuestro_Universo/El_Sol/Eclipses_solares
- Misión ESA Proba-2:
http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Engineering_Technology/Proba_Missions/About_Proba-2
- Misión ESA SOHO: http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/SOHO_overview2
- Misión ESA Solar Orbiter: <http://sci.esa.int/solar-orbiter/>

ENLACES DE LA FASE 2:

ENLACES DE LA FASE 3:

VIDEOS:

- Instrumento LASCO
- [https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Keywords/System/SOHO_LASCO_coronagraph/\(result_type\)/videos](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Keywords/System/SOHO_LASCO_coronagraph/(result_type)/videos)
- Video tutorial para Actividad 8:
<https://drive.google.com/file/d/1Zn410gfmI9IYnehhDtWypS0LV4CxC1t/view>

APP/JUEGO/CUESTIONARIO:

- Herramienta web:
http://cesar.esa.int/tools/15.coronal_mass_ejections/index.php?ChangeLang=es

WEBS:

- Coronógrafo: <https://es.wikipedia.org/wiki/Coron%C3%B3grafo>
- Datos de la Actividad 8.2: http://cesar.esa.int/upload/202009/ficha-motionmassejection_modbea_2013.pdf

ENLACES DE LA FASE 4:

APP/JUEGO/CUESTIONARIO:

- Cuestionario: <http://cesar.esa.int/form.php?Id=11&k=9gPSn9hqRN&ChangeLang=es>

WEBS:

- Bases del concurso SSE:
http://cesar.esa.int/upload/202001/bases_concurso_sse_final.pdf



Créditos:

Este Reto Científico contiene parte del material de actividades educativas generadas a través de colaboraciones entre CESAR y Planeta Ciencias. El Equipo CESAR cuenta con el apoyo de [Young Graduate Trainee \(YGT\) Programme](#).

Agradecimiento a los científicos de la misión SOLO (Dr. David Willians y Dra. Anik de Groof) por sus comentarios expertos.

- previa guía:
http://cesar.esa.int/index.php?Section=Differential_Rotation_of_the_Sun