



Reto Científico CESAR

Siguiendo Las manchas solares

*(Calcula la rotación del Sol con el Telescopio
HELIOS)*

Guía del profesor

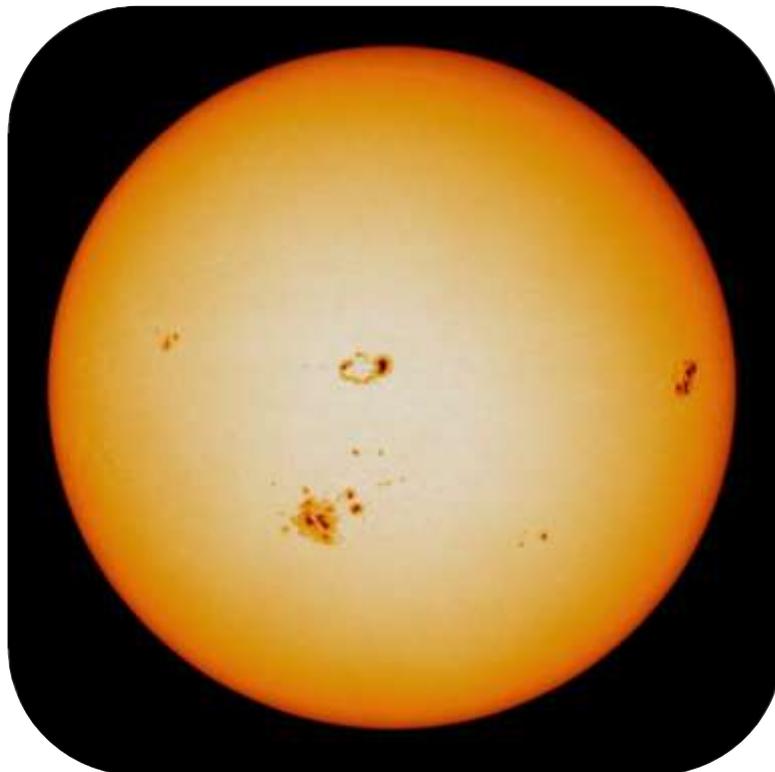




Tabla de Contenidos

Didáctica	3
Ficha didáctica	8
Resumen de Actividades	9
Tu Reto Científico	13
Siguiendo las manchas solares	14
Fase 0	15
Fase 1	17
Actividad 1: Repasa conceptos.....	18
Actividad 2: Compara el Sol con la Tierra.....	19
Actividad 3: El Sol.....	20
Actividad 4: La actividad magnética del Sol.....	26
Actividad 5: La Exploración Espacial del Sol por la Agencia Espacial Europea (ESA).....	33
Actividad 6: ¿Qué has aprendido hasta ahora?.....	36
Fase 2	37
Actividad 7: Pide una video-llamada con el equipo CESAR si es necesario.....	38
Fase 3	39
Actividad 8: Cálculo de la rotación del Sol.....	39
Fase 4	49
Actividad 8: Evalúate.....	50
Actividad 10: Cuéntanos tu Aventura.....	50
Enlaces	51
Créditos:	55



Didáctica

Objetivos didácticos

Las 10 habilidades principales

en 2020

1. Solución a problemas complejos
2. Pensamiento crítico
3. Creatividad
4. Gestión de Personas
5. Trabajo en equipo
6. Inteligencia emocional
7. Criterio y Toma de Decisiones
8. Orientación al Servicio
9. Capacidad de negociación
10. Flexibilidad cognitiva

en 2015

1. Solución a problemas complejos
2. Trabajo en equipo
3. Gestión de Personas
4. Pensamiento crítico
5. Capacidad de negociación
6. Control de calidad
7. Orientación al Servicio
8. Criterio y Toma de Decisiones
9. Capacidad de escuchar
10. Creatividad

Figura I: Las 10 habilidades requeridas en el 2020 frente a las del 2015. (Créditos: World Economic Forum).

El Equipo CESAR genera actividades para que los estudiantes puedan desarrollar diez de las habilidades que se han considerado necesarias para realizar un trabajo eficaz en el siglo XXI, como por ejemplo la resolución de problemas con un un pensamiento crítico y creativo.

Los retos científicos CESAR están diseñados para desarrollar las habilidades de pensamiento establecido por el **diagrama de la taxonomía de Bloom**, yendo desde un orden inferior de pensamiento (*recordar, comprender*) a un orden superior (*evaluar, crear*), desarrollando habilidades de órdenes intermedios (como *aplicar métodos y conceptos para analizar eventos*).

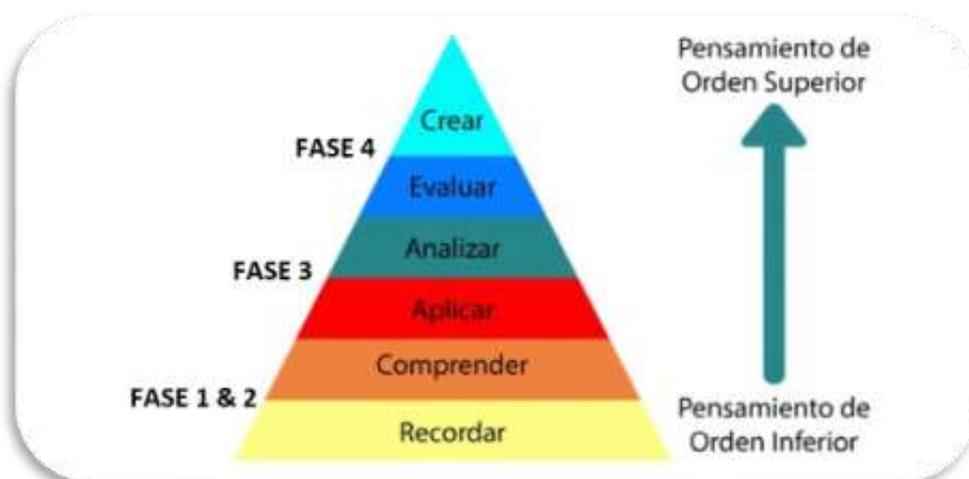


Figura II: Modificación del diagrama de Taxonomía de Bloom. (Créditos: Material educativo UNIR)



Metodología Educativa:

Con el fin de alcanzar los [Objetivos de Aprendizaje](#) mencionados anteriormente, el Equipo CESAR recomienda usar algunas técnicas de enseñanza activas como, **la clase invertida (flipped classroom)**, **la resolución de problemas de la vida diaria (o retos) empleando el método científico) así como el trabajo colaborativo.**

En este Reto Científico, los estudiantes emplearán *la clase invertida* en las Fases 0 y 1 para prepararse para la *resolución de problemas* en la Fase 3. La Fase 2 es opcional y consiste en una video llamada con el Equipo CESAR. En la Fase 4 los alumnos evaluarán su experiencia compartiéndola con la Comunidad Científica (el resto de la clase/centro y nosotros, Equipo CESAR).

Recomendamos que todas estas fases se ejecuten como trabajo colaborativo (haciendo uso de **foros y blogs**). Aquí detallamos los contenidos generales de cada una de las Fases:

- **Tu Reto Científico:** Presentamos el Reto a los estudiantes y les pedimos su ayuda.
- **Fase 0: Poniendo las cosas en contexto**
 - El papel de la **Agencia Espacial Europea**, su centro de Astronomía Espacial en España (ESAC) y El Equipo CESAR (en videos).
 - **Modelos (roles) de profesiones científicas actualmente** para que los alumnos puedan elegir una de ellas y construir sus Equipos. Recomendamos que los Equipos estén formados por 4-6 personas, cada uno de ellos con unas tareas bien definidas. Cuando sea posible, intentad equipos equilibrados en género y capacidades.
- **Fase 1 y Fase 2: recordar y entender** por medio de diferentes tipos de fuentes:
 - **Fase 1:** material de cv escolar & nuevos conceptos (videos, documentos, juegos,...)
 - **Fase 2 (opcional):** aprende de un experto
 - Para los profesores: charlas dadas por expertos en la materia en previous cursos de profesores CESAR.
 - Para la clase: Una video llamada con el Equipo CESAR para resolver dudas que hayan surgido hasta el momento en lo aprendido. En esta etapa, los estudiantes se han convertido ya en “expertos” del tema del Reto.
- **Fase 3: aplicando** los conceptos recién aprendidos siguiendo una metodología (procedimientos) para el **análisis y la solución de problemas de nuestro día a día** (su Reto).
- **Fase 4:**
 - **evaluando** su proceso de aprendizaje durante el Reto Científico (co-evaluación)
 - **creando** un producto final que muestre a la Comunidad (clase/colegio/nosotros) el proceso de aprendizaje. Con ello participaréis en el **concurso de Retos CESAR.**

Como muestra la Figura III, Los Retos Científicos CESAR deben ejecutar todas las Fases mencionadas. Fase 0 y 1, son las raíces para poder desarrollar los Retos Científicos, y se ejecutan siempre en clase/casa. La Fase 2 (que se ejecuta por video llamada desde clase) es opcional.

En función del tipo de Fase 3, tenemos varios Tipos de Experiencias CESAR:

- **Tipo I: Space Science Experience(s) @ESAC:** En ESAC, (como se han ejecutado hasta el 2020), completamente ejecutadas por el Equipo CESAR. Duración total 1.5 horas, con 45 minutos para la Actividad y otros 45 min para el tour por los modelos de las misiones ESA.
- **Tipo II : Space Science Experience(s) On-line:** En clase/casa (Tipo I pero guiado por el/la profe). Duración total de 1 hora (MIXTA cuando se combine con Tipo I/III)
- **Tipo III: Research Project On-line:** En la clase/casa, completamente guiado por el/la profe. Duración total de varios días (Tipo II con más o todas las Actividades de la Guía).

La Fase 4 siempre se ejecuta en clase/a para evaluar el proceso total de aprendizaje por Equipo.

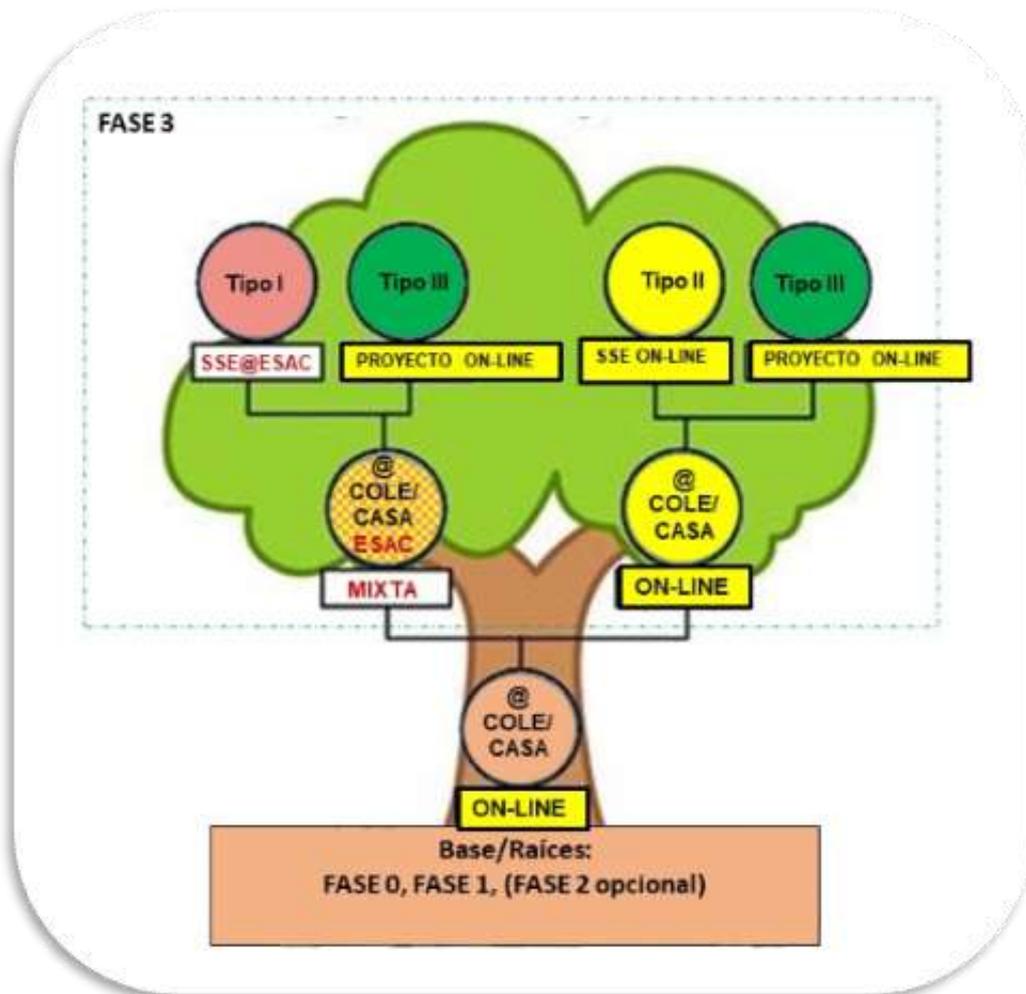


Figura III: Árbol de los Tipos de Experiencias CESAR. Vemos que la diferencia principal entre estas está en la Fase (Tipo I @ESAC, Tipo II y III en el cole/cason-line). En amarillo indicamos las ramas que pueden ejecutarse completamente on-line.(Créditos: teacherspayteachers.com)

Los profes son los que mejor pueden juzgar el Tipo de Experiencia (Reto) para su clase y curso escolar. **Por cada Tipo de Experiencia, te proponemos varias Aventura. El profesor decide si cada Equipo de su clase realiza una Aventura y la pone n en común una vez finalizada o todos los Equipos realizan la misma Aventura(s) al tiempo (ver Tablas I,II y III).** También puedes decidir realizar algunas de estas Actividades on-line, y cuando sea posible, solicitar las SSE en ESAC (Tipo I), ya bien conocidas, para el mismo Reto y diferente Aventura u otro Reto (mira la Figura III).

El Equipo CESAR recomienda seguir las fases en orden (para un proceso de aprendizaje más significativo) y no comenzar otra fase antes de completar la anterior. La Tabla de [Resumen de Actividades](#) mencionará si alguna de las Actividades previas es necesaria para realizar otra, **jéchale un vistazo!**

Os ofrecemos que nos contactéis, si lo veis necesario durante un Reto Científico en dos únicas ocasiones: en la fase 2 (con la clase) y en la fase 3 (sólo por el profe). Queremos prestaros apoyo a todos los centros así que la duración máxima es de 30 minutos.



- Para ver el contenido educativo y edades/cursos recomendados para cada Reto Científico id a la sección de [Ficha Didáctica](#). Para ver de un vistazo los contenidos de cada Fase/Actividad id a la Tabla de “[Resúmen de Actividades](#)”. Cada Tipo de Experiencia contiene varias Aventuras, como se muestra en las Tablas I, II y III.

□ **Tabla I: Space Science Experience @ESAC (SSE @ESAC):**

FASES	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u> (@ESAC)	<u>3</u> (@clase/casa)	<u>4</u>	Duración mínima
ACTIVIDADES (Aventura 1)	3 videos	1,2,3,4,5	7	8.1		9 y 10	3,40h
ACTIVIDADES (Aventura 2)	3 videos	1,2,3,4,5	7	8.2		9 y 10	3,40h
ACTIVIDADES (Aventura 3)	3 videos	1,2,3,4,5	(7)	8.2	8.1	9 y 10	3,55h
ACTIVIDADES (Aventura 4)	3 videos	1,2,3,4,5	(7)	8.1	8.2	9 y 10	3,55h

□ **Tabla II: Space Science Experience on-line (SSE on-line):**

FASES	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u> (@clase/casa)	<u>4</u>	Duración mínima
ACTIVIDADES (Aventura 1)	3 videos	1,2,3,4,5	(7)	8.1	9 y 10	3,40h
ACTIVIDADES (Aventura 2)	3 videos	1,2,3,4,5	(7)	8.2	9 y 10	3,40h

□ **Tabla III: Proyecto de Investigación: Todas las Actividades**

FASES	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u> (@clase/casa)	<u>4</u>	Duración mínima
ACTIVIDADES	videos	1,2,3,4,5 Y 6	(7)	8	9 y 10	4,45h

REALMENTE IMPORTANTE:

- ✓ Como profe, **regístrate en la Comunidad CESAR [aquí](#)** (si nos descubres ahora, puede llevar un poco de tiempo – no es un proceso automático – pero no te arrepentirás:))
- ✓ **Una vez que eres parte de la Comunidad CESAR**, pide las Experiencias Científicas del CESAR para vivir con tu clase y **serás guiado en el proceso:**
 - Pincha [aquí](#) para solicitar una Experiencia on-line – Tipo II & III
 - Pincha [aquí](#) para solicitar una Experiencia combinada -Tipo I (Por ahora, sólo disponible en la provincia de Madrid)
- ✓ **Las Guías son muy extensas (con muchas herramientas)/flexibles para construir tu mejor Experiencia con tu clase.**

¡Es tu momento! ¡Elige tu Aventura!



Ficha didáctica

DATOS BÁSICOS	Resumen
<p>Rango de edad recomendada: 12-16 años</p> <p>Cursos académicos recomendados: (1-4) ES</p> <p>Tipo: Práctica, Complejidad: Media</p> <p>Tiempo de preparación: 30 minutos – 2 horas</p> <p>Tiempo lectivo requerido: 1 hora – varios días</p> <p>Ubicación: Interior</p> <p>Incluye el uso de: Ordenadores, Internet</p>	<p>En esta actividad, los alumnos medirán el período de rotación del Sol siguiendo el movimiento de las manchas solares a distintas latitudes. Para ello emplearán imágenes tomadas con CESO (CESAR ESAC Solar Observatory) para medir la posición de las manchas y estimar la velocidad de rotación del Sol. Comparando diferentes medidas, pueden ver cómo esta velocidad depende de la latitud solar.</p>
Currículum	Los estudiantes deberán saber...
<p>Física y Química</p> <ul style="list-style-type: none">• El método científico. Proyecto de investigación. Errores en la medida. Utilización de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación.• Velocidad.• El sistema periódico de los elementos. La reacción química <p>Matemáticas</p> <ul style="list-style-type: none">• Habilidad de llevar a cabo pequeñas investigaciones matemáticas y presentar los resultados. Utilización de medios tecnológicos en el proceso de aprendizaje.• Interpretación de un fenómeno mediante un enunciado, tabla, gráfica o expresión analítica.• Ángulos <p>Cultura científica</p> <ul style="list-style-type: none">• La investigación y la exploración del Universo. El sistema solar. <p>Geografía</p> <ul style="list-style-type: none">• Los movimientos de la Tierra. Representación de la Tierra. Latitud y longitud.	<ul style="list-style-type: none">• El concepto de “período de rotación”.• Los conceptos de longitud y latitud.• El concepto de “velocidad”.• El concepto de ángulo y cómo se miden.• Conversión de unidades de tiempo.
	Los estudiantes aprenderán...
	<ul style="list-style-type: none">• A obtener información de imágenes astronómicas (posiciones, variación de posiciones en el tiempo).• A calcular velocidades y periodos de objetos que rotan, en este caso el Sol, a partir de puntos fijos (manchas solares) en su superficie.
	Los estudiantes mejorarán...
	<ul style="list-style-type: none">• Su comprensión del pensamiento 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.
Necesitarás...	Más información...
<p>Herramienta web de CESAR http://cesar.esa.int/tools/14.differential_rotation/index.php</p>	<p>Cuadernillo CESAR: El Sol” “El Sol”</p>



Resumen de Actividades

Fases	Actividad	Material	Resultados	Requerimientos	Tiempo
Fase 0	Poniendo las cosas en contexto	VIDEOS: a) Esto es ESA [en inglés, con subtítulos en castellano] b) ESAC: Una ventana al Universo de ESA c) Presentation a ESA/ESAC/CESA R by Dr. Javier Ventura	Los estudiantes se familiarizarán con <ul style="list-style-type: none"> • ESA • ESAC • El Equipo CESAR 	Ninguno	10-20 min
Fase 1	1. <i>Repasa conceptos</i>	El sistema solar Estados de la materia Latitud, longitud Velocidad de rotación y periodo La física del futbol	Los estudiantes repasarán conceptos <ul style="list-style-type: none"> • Tipos de objetos en el Universo (el concepto de estrella entre estos) • Estados de la materia. • Sistemas de coordenadas. 	Ninguno	15 min
Fase 1	2. <i>Compara el Sol con la Tierra</i>	Los alumnos compararán el Sol y la Tierra.	Los estudiantes mejorarán: <ul style="list-style-type: none"> • Su entendimiento del método científico. • Sus estrategias sobre el trabajo científico. • Su habilidad evaluativa. 	Es necesario haber realizado la Actividad 1 y recomendable la Actividad 2.	10 min
Fase 1	3. <i>El Sol</i> <i>La estructura del Sol</i> <i>La química del Sol</i>	Dependiendo del tiempo a invertir (PDFs): a) El Sol (introducción) b) La Estructura del Sol (medio) c) El Sistema Solar (en profundidad, en inglés) d) La evolución de las estrella	Los estudiantes compararán sus hipótesis (Actividades 2) con datos conocidos sobre el Sol.	Es necesario haber realizado la Actividad 1 y 2.	10-50 min



Fases	Actividad	Material	Resultados	Requerimientos	Tiempo
Fase 1	4. <i>El magnetismo solar</i>	e) El Sol magnético (top)	Los estudiantes mejorarán: <ul style="list-style-type: none"> Su conocimiento sobre el origen y los fenómenos del magnetismo solar. La influencia del magnetismo solar sobre la Tierra. 	Es necesario haber realizado las Actividades 1 y 3.	15 min
Fase 1	5. <i>La Exploración del Sol por la Agencia Espacial Europea</i>	<p>Dependiendo del tiempo a invertir,</p> <p>WEB:</p> <ul style="list-style-type: none"> Explorando el Sol El Sol en el 2018 El estudio del Sol por el Equipo CESAR <p>VIDEOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> Solar Orbiter (varios) Misiones de ESA al Sol. El espectro electromagnético y su estudio por misiones ESA <p>MODELO 3D:</p> <ul style="list-style-type: none"> Flota de naves de la Agencia Espacial Europea. El Sol SOHO SOLO <p>COSMOGRAFIA: (30 min demo video, en inglés)</p>	Los estudiantes aprenderán: <ul style="list-style-type: none"> Cómo se trabaja en las Agencia Espacial Europea. La exploración espacial. A reconocer los procesos que suceden en el Sol. Cómo obtienen la información I@s científic@s. 	Es recomendable haber realizado las Actividades 3 y 4.	15-50 min
Fase 1	6. <i>¿Qué has aprendido hasta ahora?</i>	cuestionario	Los estudiantes aprenderán a evaluar su aprendizaje		5 min



Fases	Actividad	Material	Resultados	Requerimientos	Tiempo
Fase 2	7. <i>Pide una video-llamada con el equipo CESAR si es necesario</i>	http://cesar.esa.int/index.php?Section=Scientific_Cases&id=19&ChannelLang=es	<p>Los estudiantes tendrán información de primera mano de expertos</p> <ul style="list-style-type: none"> • charla on-line de curso de profesores CESAR (a partir del minuto 33) • 3 charlas de expertos ESA impartidas en cursos de profesores CESAR • video llamada con un experto. 	Conveniente haber realizado Actividades 1 a 5	30 min-1 h
Fase 3	8. <i>Cálculo de la rotación del Sol</i>	<p>Herramienta web diseñada por el Equipo CESAR</p> <p>Explicación de la herramienta (video 1)</p>	<p>Los estudiantes aprenderán:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cómo son las imágenes astronómicas. • Cómo identificar patrones en imágenes reales (manchas solares) • Cómo analizar variaciones en patrones de imágenes reales (movimiento de manchas solares) • La variación de la rotación del Sol a distintas latitudes. <p>Los estudiantes mejorarán:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sus capacidades de usar las TIC. • Su conocimiento sobre las estaciones. • Su pensamiento científico y crítico. 	Es recomendable haber ejecutado las Actividades 1, 3, 4 y 6.	30 min



Fases	Actividad	Material	Resultados	Requerimientos	Tiempo
Fase 4	9. <i>Evalúate</i>	cuestionario	<p>Los estudiantes comprobarán si han interiorizado los conceptos.</p> <p>Los estudiantes mejorarán:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Su entendimiento del método científico y pensamiento crítico. • Sus estrategias para trabajar como científic@s. • Su habilidad evaluativa. • Su habilidad para aplicar conocimientos teóricos a situaciones de la vida real. 	Necesario haber realizado al menos las Actividades 1,3, 4, 6 y 7.	15 min
Fase 4	10. <i>Presenta tus resultados</i>	Formato libre de los estudiantes (ppt, youtube, Word)	<p>Los estudiantes mejorarán:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sus habilidades para trabajar en equipo y comunicarse. <p>Su conocimiento del Sol, su actividad solar detectada por sus manchas y su rotación.</p>	Necesario haber realizado al menos las Actividades 1, 3, 4, 6, 7 y 8.	30 min – 2h



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 mejora 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: Define el identificador de tu reto (un número único), el Número de tu Equipo (1-6) y el nombre de los miembros del Equipo, cada uno de ellos con unas tareas definidas dentro del Equipo.

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.

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

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: $-70^{\circ} 39' 2''$)

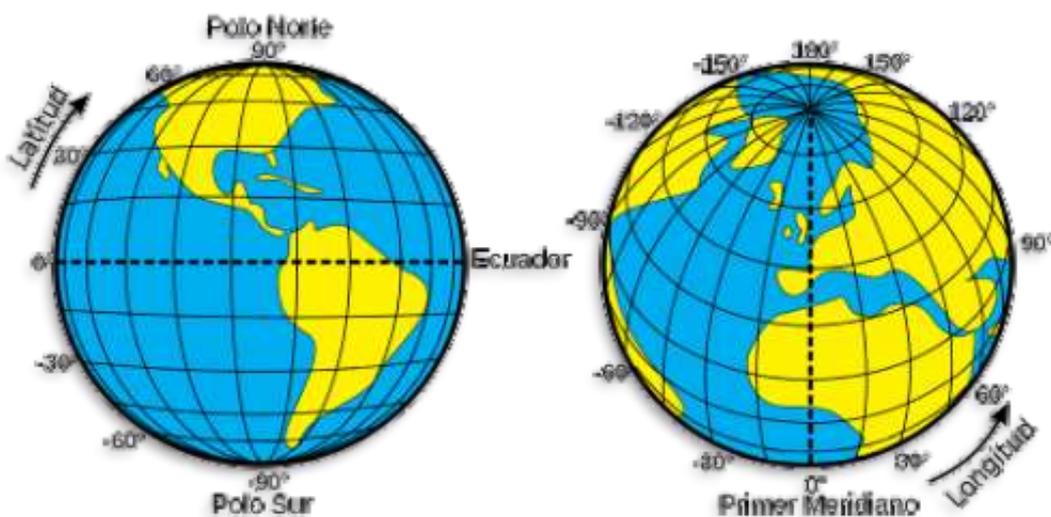


Figura 3: Conceptos de latitud y longitud (Créditos: Wikipedia)



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	Sólido	
Radio (km)	~ 700 000	6 400	~ 110
Masa (kg)	~ 2×10^{30}	~ 6×10^{24}	~ 33 333
Densidad media (kg/m ³)	1 400	5 500	~ 0.25
Temperatura superficial (°C)	~ 5 500	17	~ 20
Elementos más abundantes	H ₂ , He, O ₂	N ₂ , O ₂ , Ar	
Edad (años)	4 650 000 000	4 550 000 000	~ 1

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 $\frac{4}{3} \pi R^3$)

$R_{\text{Sol}} = 700\,000 \rightarrow V_{\text{Sol}} = \frac{4}{3} \pi (700\,000)^3 = 1,436,755,040,241,732,107.72$
 $R_{\text{Tierra}} = 6\,400 \rightarrow V_{\text{Tierra}} = \frac{4}{3} \pi (6\,400)^3 = 1,098,066,219,443.52$

1 308 441.16 ~ 1 300 000 planetas Tierra caben en el Sol

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.

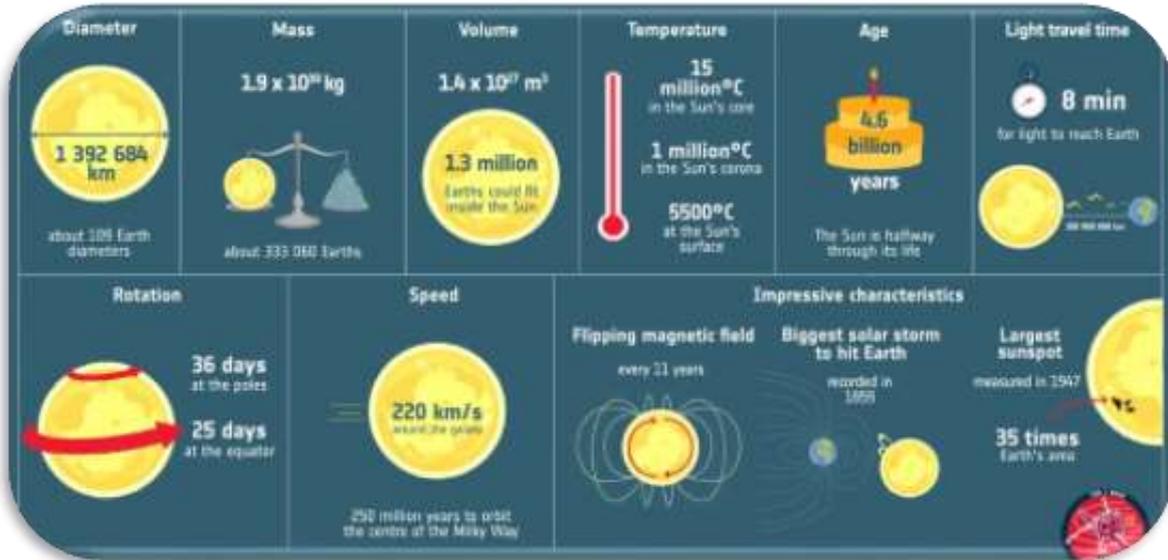


Figura 4: Conoce el Sol (Créditos: ESA)

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.



Figura S.1: Las capas del Sol (Créditos: ESA)

2. Comprueba lo aprendido en este juego. Para ello

- Pincha en este [Link](#)
- Presiona el “play” o el botón superior derecho “Again” si no es la primera vez que juegas
- 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), granules (granulos), sunspot (mancha solar), prominence (prominencia), cromosphere (cromosfera), corona (corona).

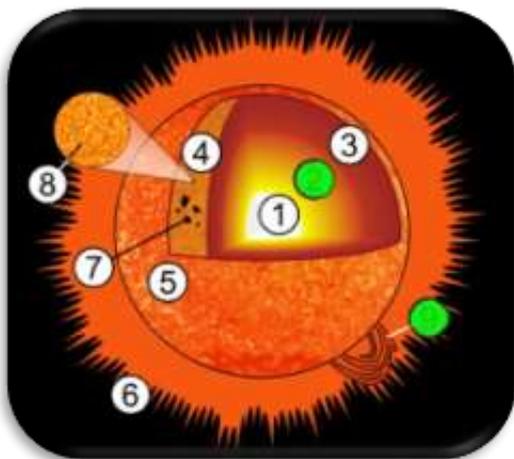


Figura 6a: Pantallazo del juego de adivina la capa del Sol. (Créditos: <https://www.purposegames.com/game/layers-of-the-sun-game>)

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.

Cuando miramos al Sol desde la Tierra (con telescopios solares) vemos lo que llamamos fotosfera o disco solar. Mira la tabla para entender las propiedades de las distintas capas externas del Sol

Tipo radiación	Temperatura	Grosor de la capa	Densidad
Fotosfera	8000 – 4500 K	500 km	$\sim 10^{-4}$ kg/ m ³
Cromosfera	4500 - 20000 K	1600 km	$\sim 10^{-6}$ kg/ m ³
Zona de transición	20000 – 10 ⁶ K	100 km	$\sim 10^{-10}$ kg/ m ³
Corona	10 ⁶ - 3x10 ⁶ K	>10 ⁷ km	$\sim 10^{-12}$ kg/ m ³

Las capas más externas (corona) sólo se pueden ver desde la Tierra **con gafas especiales** durante los [eclipses solares](#).



Figura S.2: Eclipse solar (Créditos: ESA Kids)

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.

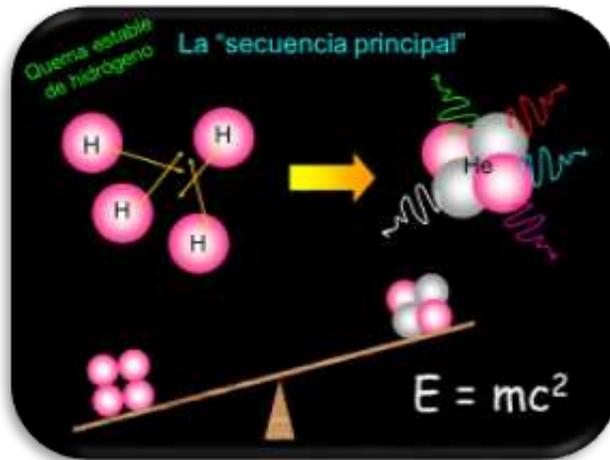


Figura 6: Reacción nuclear de las estrellas en su fase más estable. (Créditos: Charla del Dr. Benjamín Montesinos Comino en curso de profesores CESAR e Junio 2018).

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

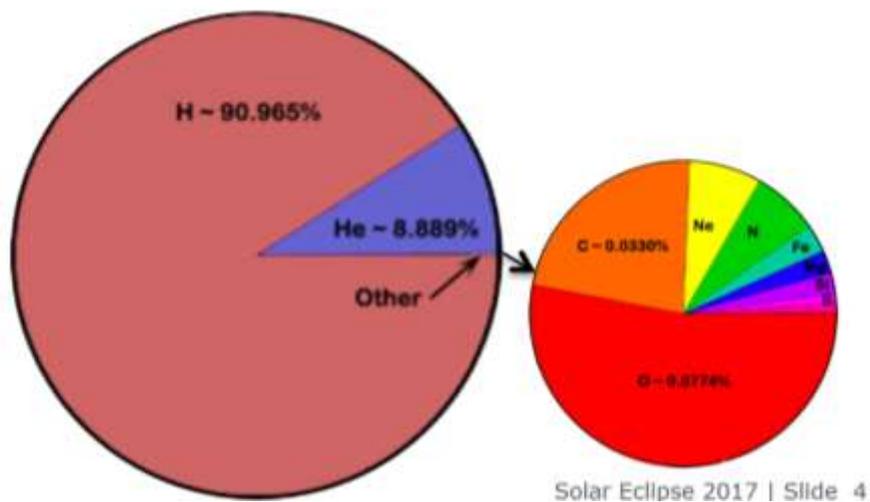


Figura 7: Elementos del Sol (Créditos: Presentación de Dra. Anik De Groof, en curso de profesores CESAR).

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	Helio	Gases nobles	2
0.07	O	Oxígeno	No metales	8
0.03	C	Carbono	No metales	6
< 0.1	Ne	Neon	Gas noble	10
< 0.1	N	Nitrógeno	No metales	7
< 0.1	Fe	Hierro	Metales	26
< 0.1	Mg	Magnesio	Metales	12
< 0.1	Si	Silicio	Metaloides	14
< 0.1	S	Azufre	No metales	16

Tabla 3: Composición química del Sol.

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

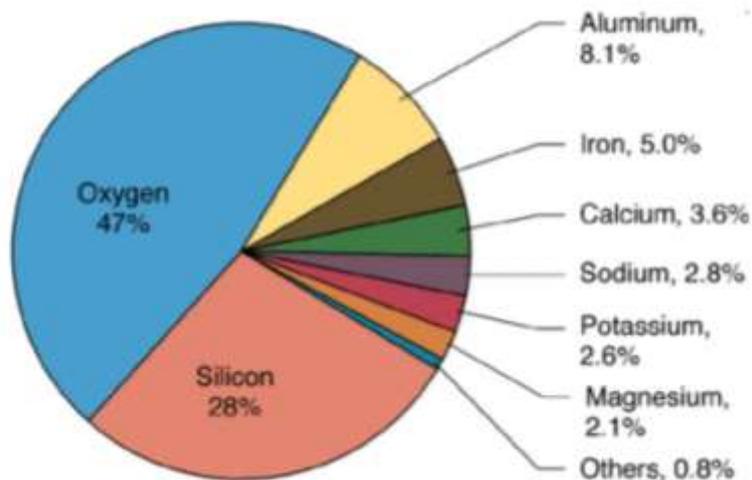


Figura 8: Elementos de la Tierra (Créditos: Presentación de Dra. Anik De Groof, en curso de profesores CESARr).

Proporción de ese elemento (%)	Nomenclatura	Elemento químico	Grupo en la Tabla Periódica	Número atómico
47	O	Oxígeno	No metales	8
28	Si	Silicio	Metaloides	14
8.1	Al	Aluminio	Metales	13
5.0	Fe	Hierro	Metales	26
3.6	Ca	Calcio	Metales	20
2.8	Na	Sodio	Metales	11
2.6	K	Potasio	Metales	19
2.1	Mg	Magnesio	Metales	12
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.

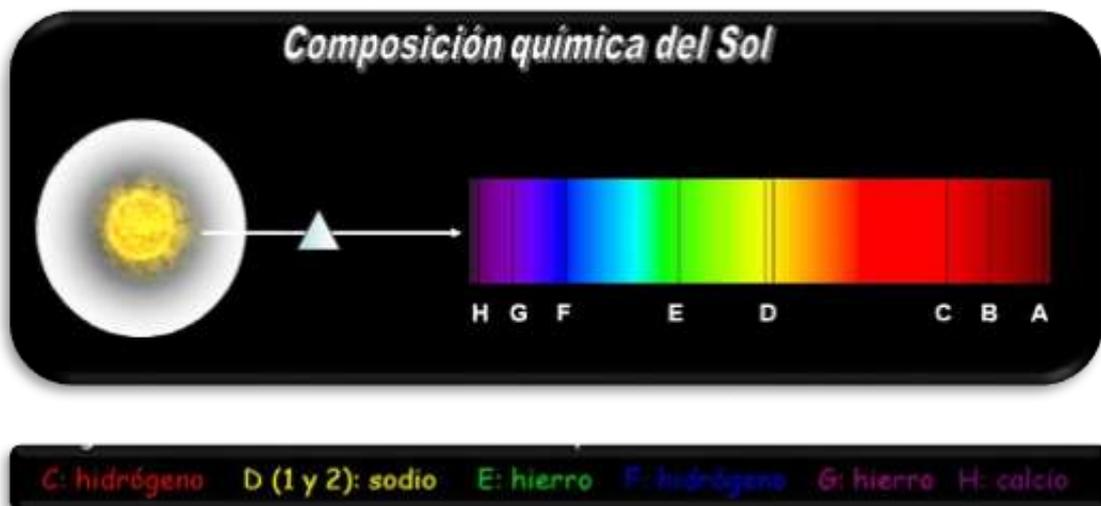


Figura 9: Composición química del Sol (Créditos: <https://slideplayer.es/>)

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**.

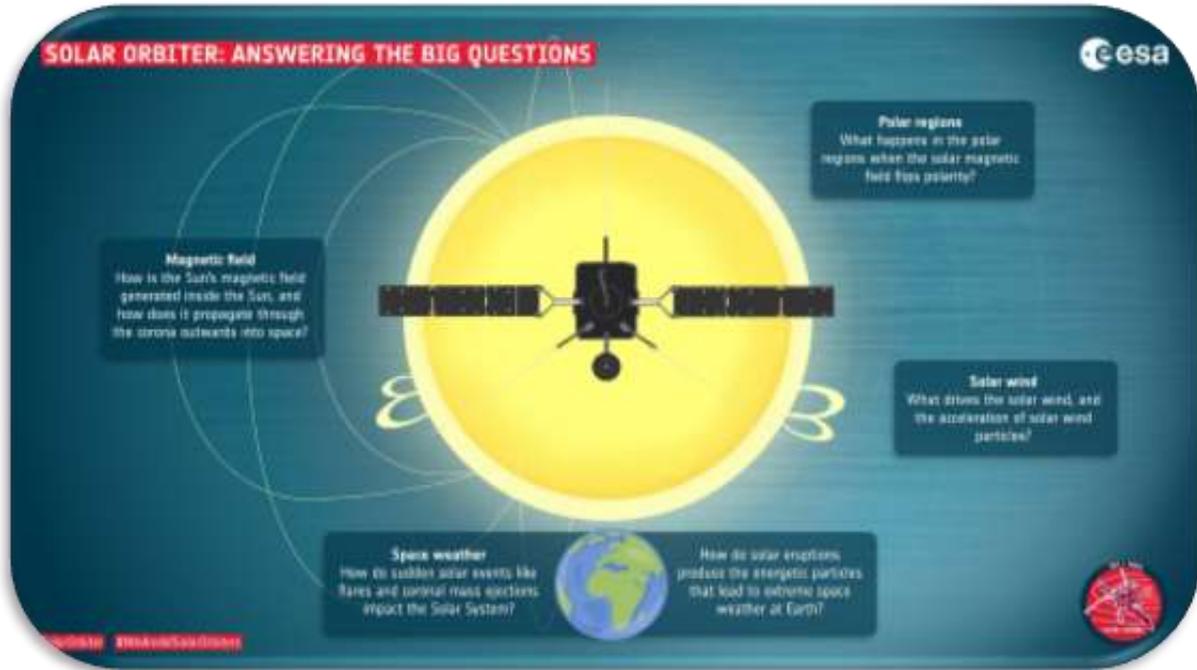


Figura 10: Estudio de la actividad magnética del Sol por Solar Orbiter

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.

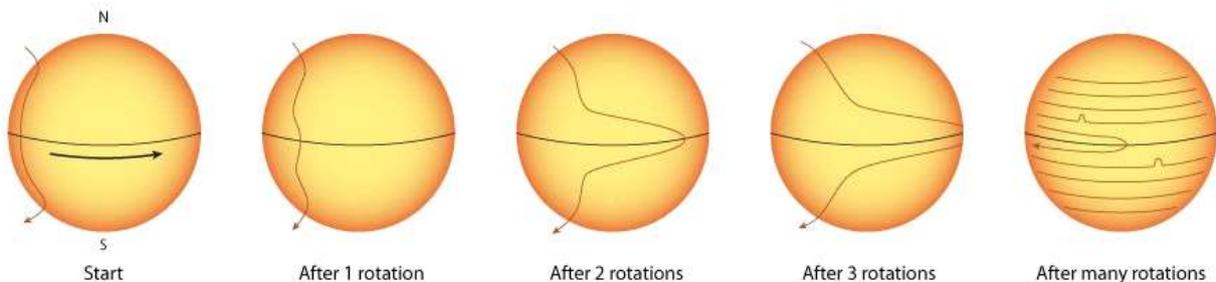


Figura 11: Explicación de cómo se genera la rotación diferencial del Sol a lo largo de varios días. (Créditos: NASA / IBEX)

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.

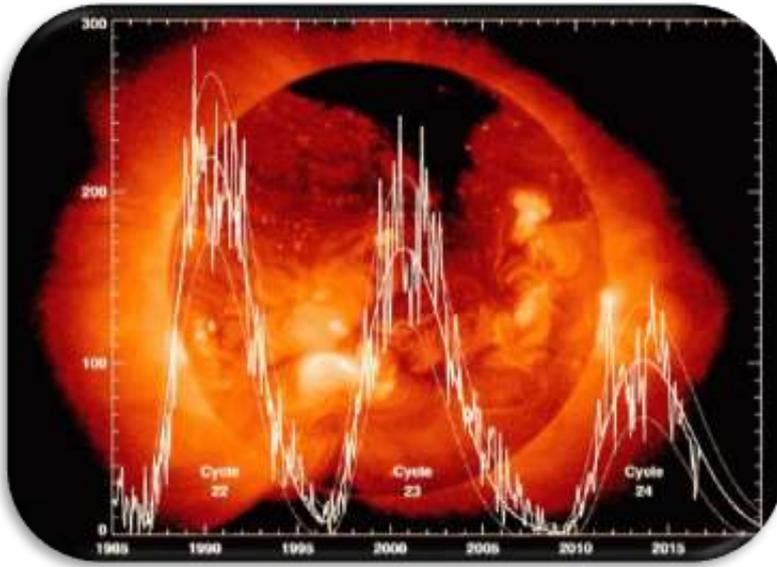


Figura 12: Ciclos de actividad del Sol. (Créditos <https://ciencia.>)

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.

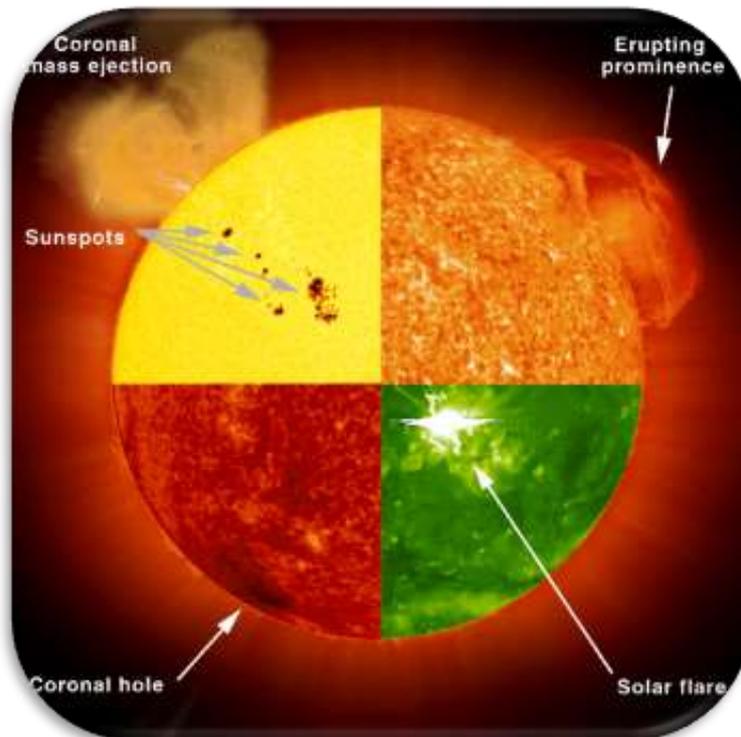


Figura 13: Conexión entre los distintos efectos de la actividad solar. (Créditos: [geomag](#))

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?

Manchas solares: Cuando miramos al Sol a través de un telescopio adaptado para observar el Sol (**OJO: Nunca mirar al Sol directamente con ojo desnudo o telescopio**), a veces pueden verse zonas más oscuras formando parejas o grupos. Estas zonas, en constante cambio, se llaman manchas solares y se encuentran en la fotosfera (superficie del Sol).

Las vemos oscuras porque su temperatura es unos 1 000 K menor que la temperatura de la fotosfera (que se encuentra a unos 5 780 K). Esta diferencia de temperatura se debe a que las líneas de campo por las que circula el plasma atraviesan la superficie, inhibiendo su flujo.

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

Una mancha solar se encuentra inmersa en una intensa actividad del campo magnético del Sol. Esta actividad hace que el proceso convectivo, mediante el cual el material caliente de abajo ascienda, se detenga. Por consiguiente, la temperatura de esta región es inferior a la del resto. Pero el campo magnético en estas zonas es mucho mayor que en el resto del Sol y unas 2 000 más intenso que el de la Tierra...ver más en [Cuadernillo CESAR: El Sol magnético](#)

Los astrónomos han observado que el ciclo de las manchas solares está íntimamente relacionado con la actividad del Sol, incluyendo poderosas eyecciones de masa coronal, el tamaño y extensión de las capas más externas del Sol (la corona) y la intensidad de luz emitida por las partículas que el Sol emite por todo el espacio, especialmente al sistema solar. Estas partículas pueden por tanto afectar a los campos magnéticos de numerosos planetas del sistema, sobre todo a la Tierra. Las Auroras Boreales son un ejemplo muy representativo de este fenómeno.

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

Las manchas solares se ven en la superficie del Sol, llamada fotosfera.

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 habitabilidad entorno a una estrella, te animamos a descubrir esta [actividad de GoLabz](#).

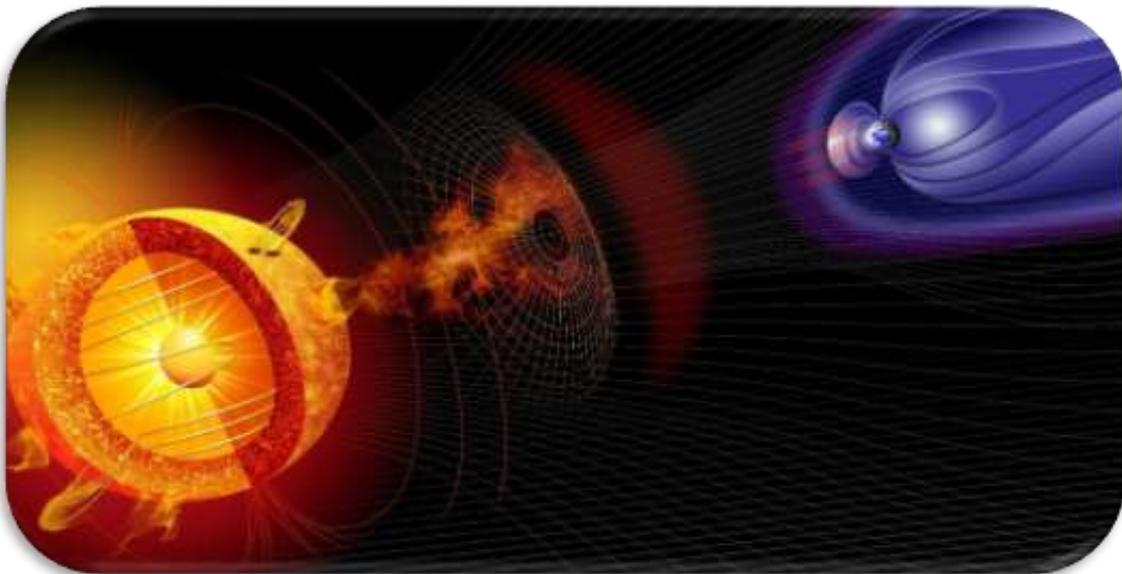


Figura 15: Diagrama de la actividad magnética del Sol (Créditos: www.vozpopuli.com)

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.

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



Figura S.3: Ejemplo de que no todas las eyecciones impactan en la Tierra. (Créditos: CESAR)



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)

La Tierra está protegida por un campo magnético, que 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 impresionantes visualmente, como las Auroras Boreales.

- 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?

El Sol también tiene un campo magnético, pero éste cambia constantemente (Actividad Solar), esto puede causar grandes explosiones en las capas más externas del Sol, las cuales se conocen como Eyecciones de Masa Coronal.

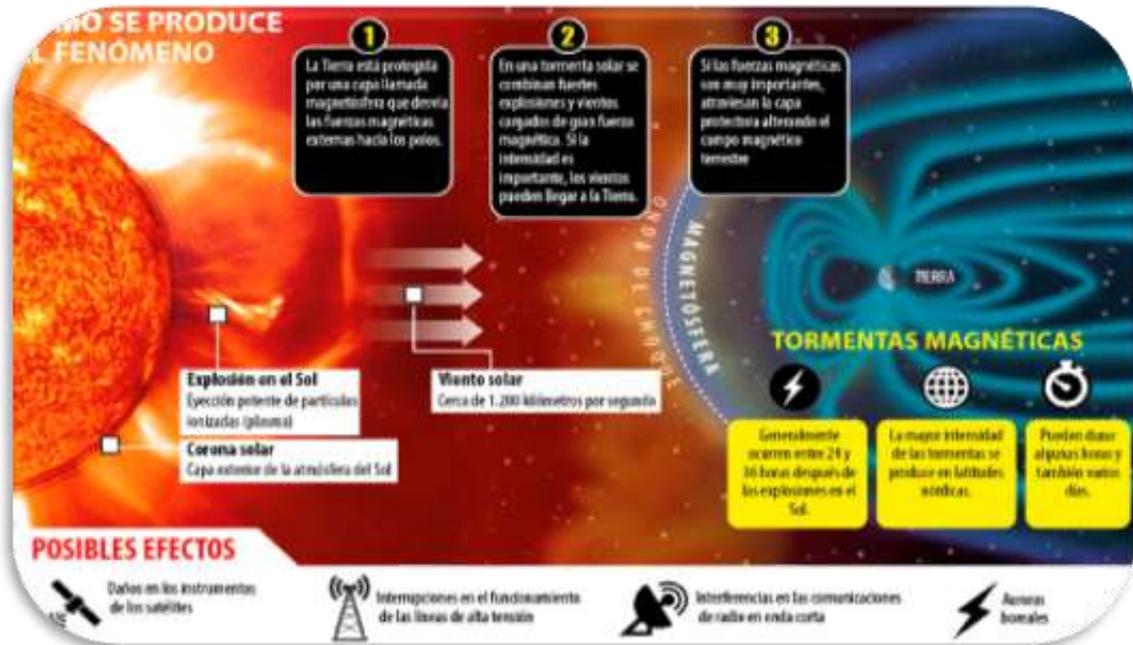


Figura S.4: La influencia del Sol sobre el campo magnético de la Tierra. (Créditos: www.capasdelatierra.es.)

Es importante que los científicos realicen seguimientos de la Actividad Solar, pues si la eyección es lo suficientemente potente, cuando llegue a la Tierra, podrá dañar los satélites de telecomunicaciones e incluso instalaciones eléctricas de la superficie.

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 por el contrario más gélido cuando estas manchas solares eran menores en número y/o tamaño.



Figura S.5: La pequeña Edad de Hielo. (Créditos: Presentación del Dr. Benjamín Montesinos Comino para curso de profesores CESAR, Junio 2018)

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

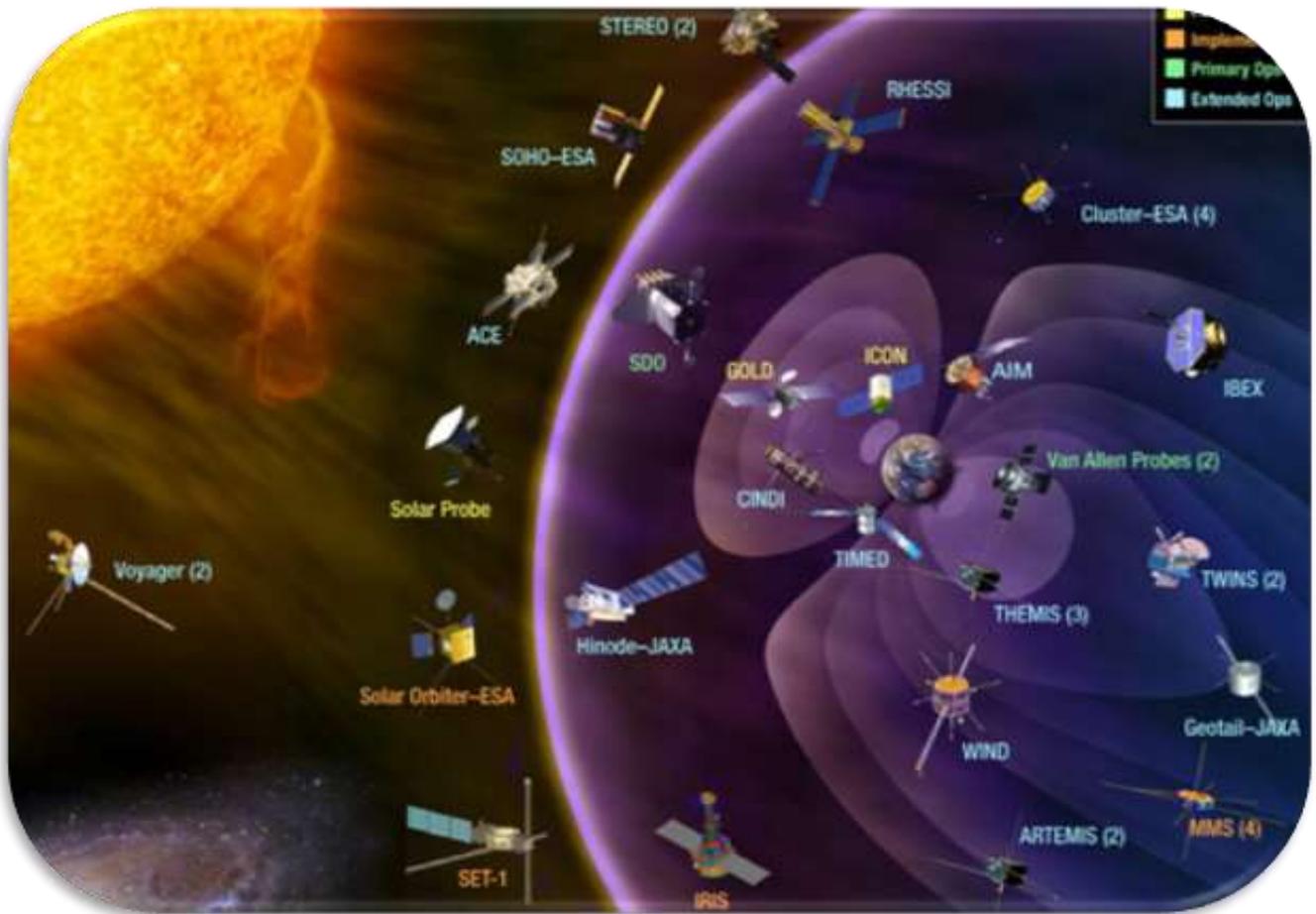


Figura 19: Flota de misiones de la Agencia Espacial Europea. (Créditos: www.fidefundacion.es)

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**.

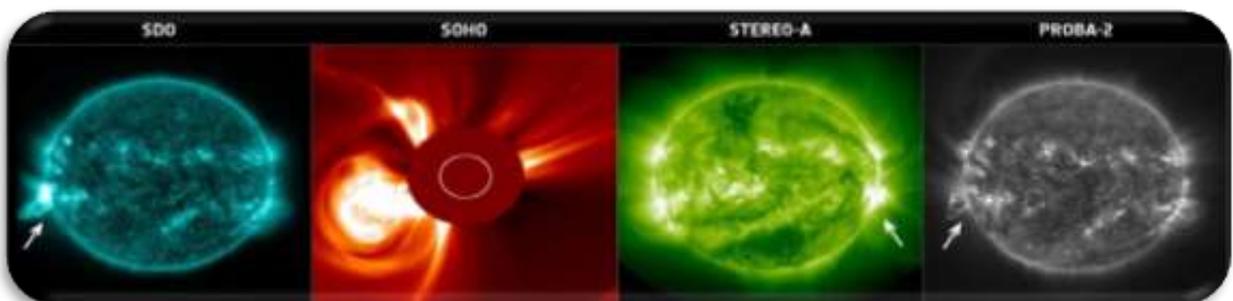


Figura 20: El Sol observado en diferentes filtros (Créditos: kiri2ll.livejournal.com)

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.

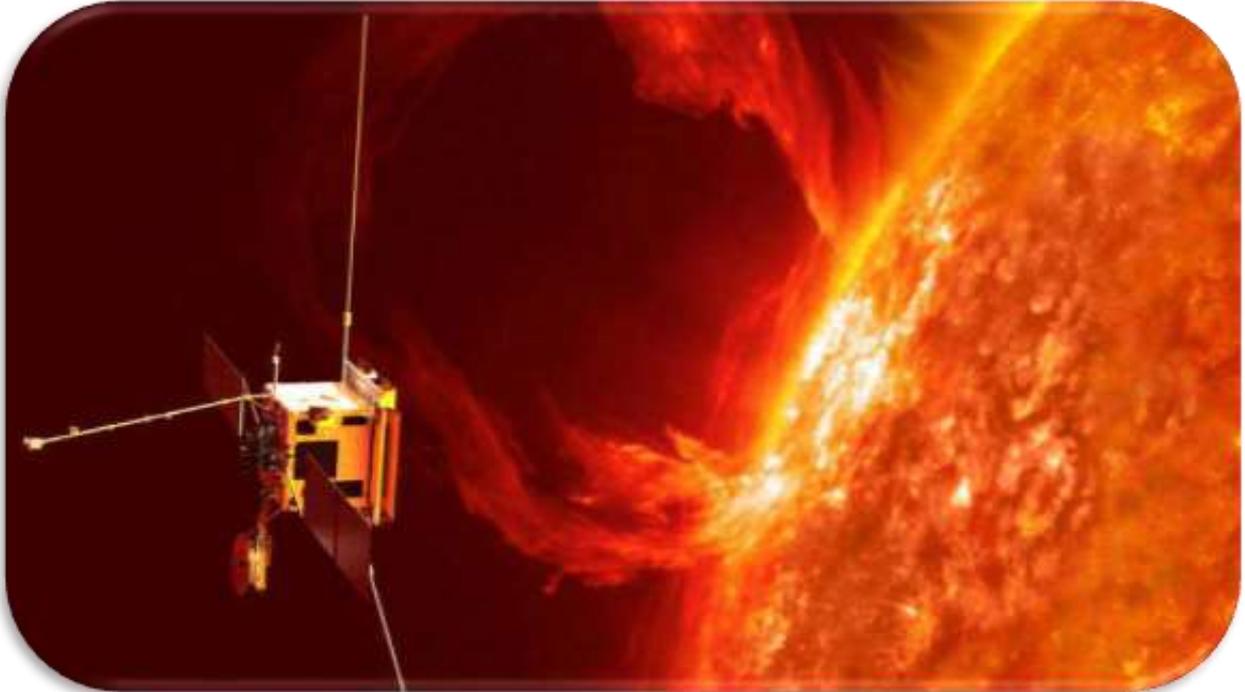


Figura 21: Simulación SOLO, ESA. (Créditos www.esa.int)

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.



Actividad 6: ¿Qué has aprendido hasta ahora?

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



Fase 2

La forma de proceder en esta fase depende de los resultados obtenidos en la última actividad de la Fase 1 (cuestionario).

- **Caso 1:** Sus estudiantes respondieron bastante bien al cuestionario
 → **Pasan a la FASE 3**
- **Caso 2:** Sus estudiantes no respondieron muy bien al cuestionario o tienen muchas preguntas relacionadas con el tema del Reto Científico

→ **Revisión de la FASE 1** (ver abajo) **con este material complementario**

http://cesar.esa.int/index.php?Section=Scientific_Cases&Id=19&ChangeLang=es	
<ul style="list-style-type: none"> • Charlas de expertos dadas en los talleres de CESAR (pdf y/o videos) • Vídeos dedicados de la ESA • Monografías del CESAR (folletos) • Simuladores/sitios web 	

→ **Pasan a la FASE 3**

- **Caso 3:** No puedes hacerlo solo y necesitas interactuar con el equipo de CESAR

Actividad 7: Pide una video-llamada con el equipo CESAR si es necesario.

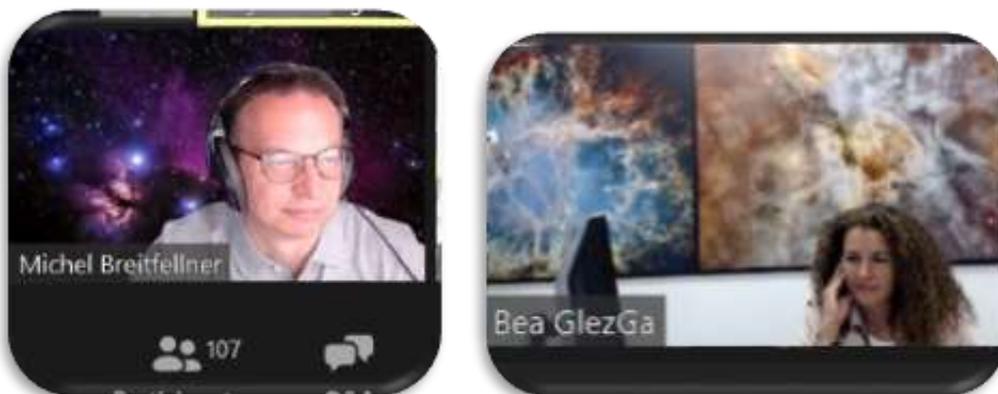


Figura 27: Imagen del Equipo CESAR haciendo video llamada. (Créditos: ESA)

Nota: Por cada desafío científico tienes la oportunidad de pedir video llamada de 30 minutos

- con su clase (en la FASE 2) para aclarar conceptos
- sólo con el profesor (en la FASE 3) en caso de que te encuentres dificultades con el software/respuestas



Fase 3

Actividad 8: Cálculo de la rotación del Sol



En esta actividad, los alumnos emplearán imágenes del Sol tomadas por el [Observatorio Solar HELIOS](#), perteneciente al Equipo CESAR e instalado en ESAC. A partir de ellas medirán el movimiento de una mancha solar a lo largo de varios días para calcular la rotación del Sol.

Esta actividad está estructurada de manera que los estudiantes empleen **el método científico**. Para ello comenzarán haciendo una **hipótesis**, un **experimento (procedimiento)** y finalmente llegarán a sus propias **conclusiones**.

Hipótesis

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

El Sol es una bola de gas caliente e ionizado, llamado **plasma** (no un cuerpo rígido), y por tanto el gas en su superficie no se mueve en bloque sino que variará. El Sol rota más rápido cerca del ecuador, donde el radio es mayor y por tanto la velocidad lineal, v , es proporcional a la velocidad angular, w , y al radio de rotación, r , a través de la ecuación:

$$v = w \times r$$

Es por esto que hablamos de **la rotación diferencial** (diferentes velocidades de rotación) del Sol.

El tiempo que tarda el Sol en dar una vuelta sobre sí mismo, o lo que llamamos periodo de rotación, es de 25 días entorno al ecuador, mientras que cerca de sus polos (+/- 90 grados de latitud) rota más lentamente, alcanzando un periodo de rotación de unos 35 días.

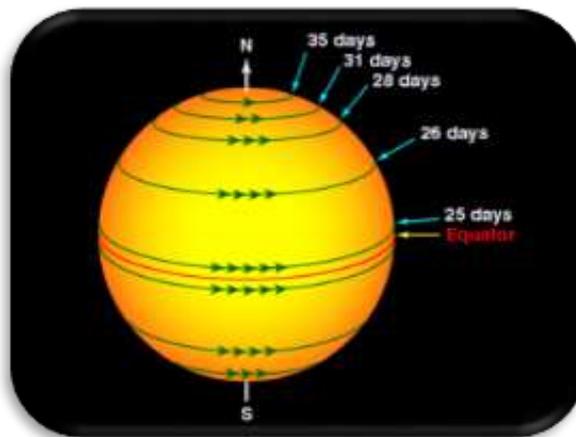


Figura S.6: Diagrama mostrando cómo varía el periodo de rotación del Sol sobre su superficie.
(Créditos: <http://www.star.bris.ac.uk/bjm/solar/solarrot.html>)

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

Como las manchas solares son el resultado de procesos magnéticos, se mueven en la dirección de sus campos magnéticos.

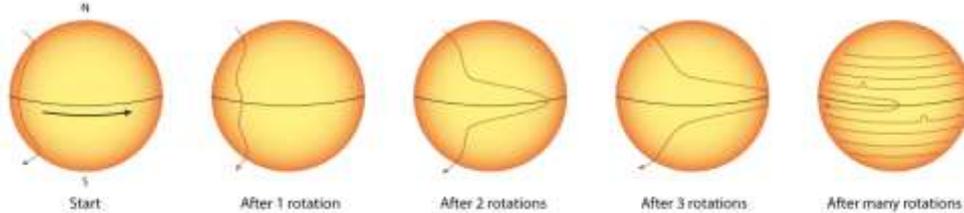


Figura S.7: Explicación de cómo se genera la rotación diferencial del Sol a lo largo de varios días. (Créditos: NASA / IBEX)

Como se muestra en la Figura ccc las líneas de campo magnético del Sol comienzan perpendiculares al ecuador del Sol y se van enrollando en la dirección de giro del Sol. Por ello, las manchas solares se mueven principalmente paralelas al ecuador. En esta actividad, el cambio principal de posición para la mancha solar es en el eje x o de longitud.

Actividad 8.1: 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
- **Recomendaciones:** Es conveniente que distintos grupos realicen el ejercicio con distinto set de imágenes y finalmente pongan sus resultados en común para que sea más evidente la rotación diferencial del Sol.
- **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.

Si eliges la Opción 3:

- Accederán a un conjunto predefinido de manchas solares, observadas entre las fechas 8-12 de Diciembre del 2017.

Si eliges la Opción 1:

- Busca una fecha con datos disponibles (por ejemplo, pinchando en la flecha puedes encontrar datos del Sol tomados en Febrero-Marzo 2020).
- Una vez que hayas encontrado imágenes del Sol, busca imágenes con manchas solares. (Nota: tienes que encontrar 4 imágenes consecutivas donde la misma mancha sea visible para estudiar su evolución).



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 píxeles a kilómetros. El resultado está en torno a que 230 píxeles representan 695 842 km.

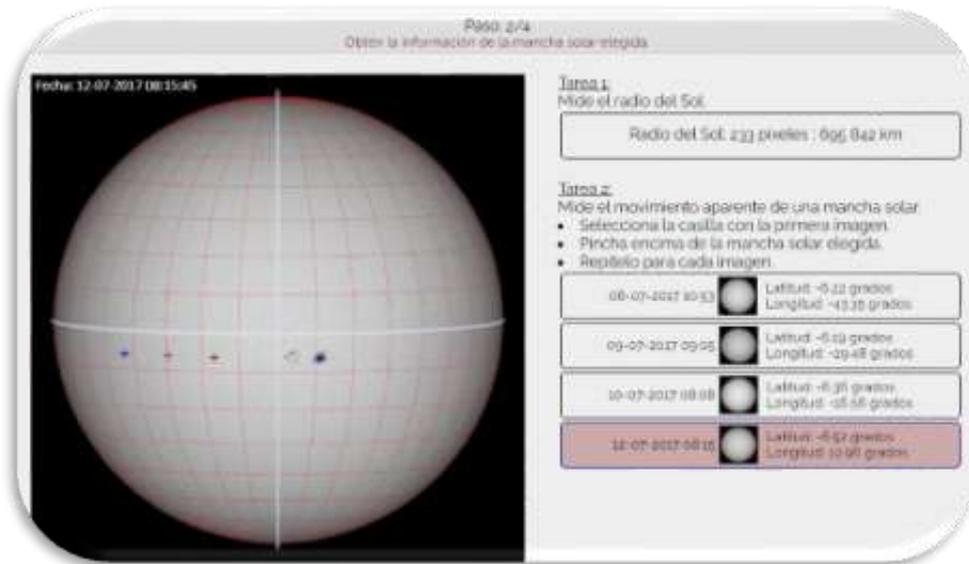


Figura 24: Paso 2 de la herramienta web para el cálculo del periodo de rotación del Sol. (Créditos: CESAR)

- **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* el 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

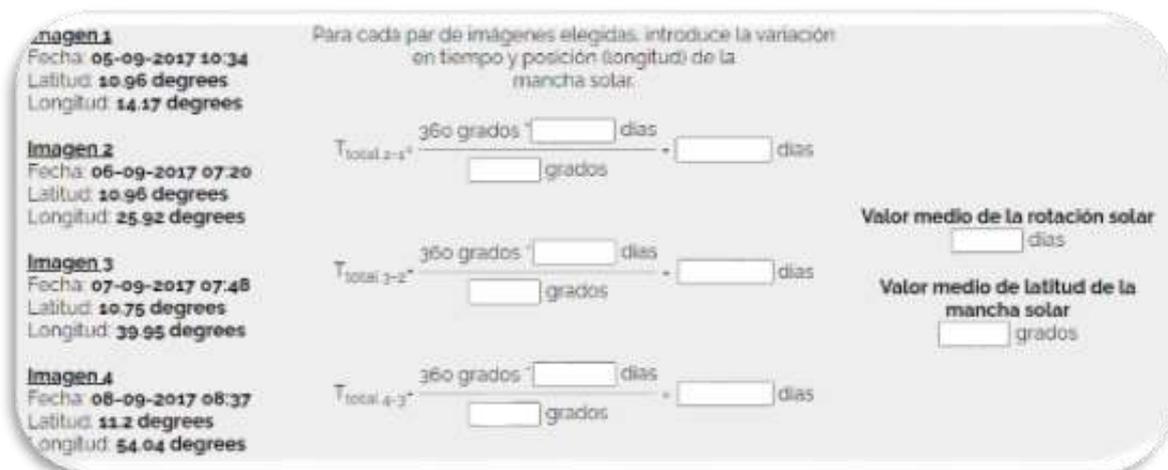


Figura 25: Paso 3 de la herramienta web para el cálculo del periodo de rotación del Sol. (Créditos: CESAR)

- **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?

El movimiento principal de una mancha solar es aproximadamente a lo largo del eje horizontal o paralelo al Ecuador del Sol, de izquierda a derecha.

3. Hemos contrastado lo que nos decía la teoría de la Fase 1, que el movimiento de la mancha es principalmente paralelo al ecuador (en longitud). El valor de la latitud media para identificar posibles variaciones en el periodo de rotación en función de la latitud a la que se encuentre la mancha empleada para realizar los cálculos. (Nota: Las imágenes disponibles en la base de datos del observatorio HELIOS (accesibles a partir de la herramienta y este [link](#)) han detectado manchas a latitudes entre 0 y 45 grados. Cuando mayor es la latitud mayor es el periodo de rotación).



Actividad 8.2: Versión impresa

- **Datos:** Imágenes tomados por el telescopios solar HELIOS de la fotosfera del Sol, con fechas y distribución de paralelos y meridianos sobre ésta.
- **Recomendaciones:** Es conveniente que distintos grupos realicen el ejercicio con distinto set de imágenes y con diferentes manchas solares. La puesta en común de los resultados puede dar un valor diferente a analizar según la latitud de la mancha empleada.
- **Posibles soluciones:** presentamos un resultado de posible solución que puede corresponder o no con el calculado por el profesor o los alumnos. No pretende más que explicar al profesor el modo de ejecución, por si surgiera alguna duda.

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.

El movimiento principal de una mancha solar es aproximadamente a lo largo del eje horizontal o paralelo al Ecuador del Sol, de izquierda a derecha.



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

Este movimiento es principalmente en el eje de longitud.

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?

Las diferentes imágenes del Sol fueron tomadas en diferentes días. Al hacer el cálculo del periodo de rotación comparando diferentes pares de imágenes para una misma mancha solar debemos considerar también las siguientes fuentes de error

- La posición de la mancha. Ésta fue elegida a pulso, pudiendo haber un error en la identificación del centro de la mancha entre imágenes al ser imágenes grandes o varias manchas juntas y no bien resueltas por la imagen.
- Sólo consideramos la variación en longitud de la mancha y no en latitud.
- Sólo dos decimales fueron usados para la identificación de posición (en longitud) y la unidad empleada fueron grados.
- Sólo dos decimales fueron usados para la identificación de tiempo y la unidad empleada fueron días.

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

Vemos que la Tierra rota mucho más rápido que el Sol, lo cual esperábamos por ser un cuerpo más pequeño. Sin embargo, en el caso de Mercurio o Venus, esto no sucede. Podría ser interesante comentar con los alumnos qué diferentes procesos podrían influir en ralentizar el giro de la rotación de estos planetas. La Tabla 4 muestra una lista de periodos de rotación de más planetas. Es interesante ver que la Luna y el Sol giran a velocidades similares

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.

La base de datos de las imágenes utilizadas en las actividades cubre un intervalo de tiempo de solo 2 años, por lo tanto para estas imágenes el factor principal que afecta a la velocidad de rotación es la latitud de la mancha solar. Se conoce que la actividad solar varía en un periodo de 11 años (también llamado "Ciclo Solar"). Durante este ciclo, diferentes manchas solares aparecen en distintos periodos.

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?

Para latitudes cerca del ecuador, la velocidad de rotación es mayor, por lo que el periodo de rotación solar 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:** Danos vuestro feedback

NOTAS IMPORTANTES

- Los profesores se asegurarán que cada Equipo realiza las evaluaciones (quizz)

Actividad 10: Cuéntanos tu Aventura

Students will have to create a final product (an A0 poster in pdf format, using power point, for example) showing what they have learned in the different phases of the Scientific Challenge.

This poster is the ticket to participate in the CESAR international adventure competition .

IMPORTANT NOTES:

- It would be very interesting if you could present it to your schoolmates on a certain date, simulating a congress of scientists.
- Any document involving photos of your students can be published on the CESAR website or social networks. Therefore, please only attach those images for which you have explicit permission for publication, intellectual property and image. The CESAR Team is not responsible for their intellectual property and image.

Congratulations teacher!
Thanks to your dedication your class will receive a
CESAR Team Super Diploma



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=p3EldFAeR00>
- ¿Qué es el plasma?: <https://www.youtube.com/watch?v=2Ht-DHIAd08>
- 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://dlmultimedia.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.phtable.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/>

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/EI_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/>

APP/JUEGO/CUESTIONARIO:

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

ENLACES DE LA FASE 2:

ENLACES DE LA FASE 3:

VIDEOS:

- Instrumento LASCO
- [https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Keywords/System/SOHO_LASCO_coronograph/\(result_type\)/videos](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Keywords/System/SOHO_LASCO_coronograph/(result_type)/videos)
- Video tutorial para Actividad 8:
<https://drive.google.com/file/d/1Zn410gfmi9IYnehDhDhWypS0LV4CxC1t/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.

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