



Caso Científico CESAR

Siguiendo manchas solares

Usando manchas solares para calcular la rotación del Sol

Guía del Estudiante

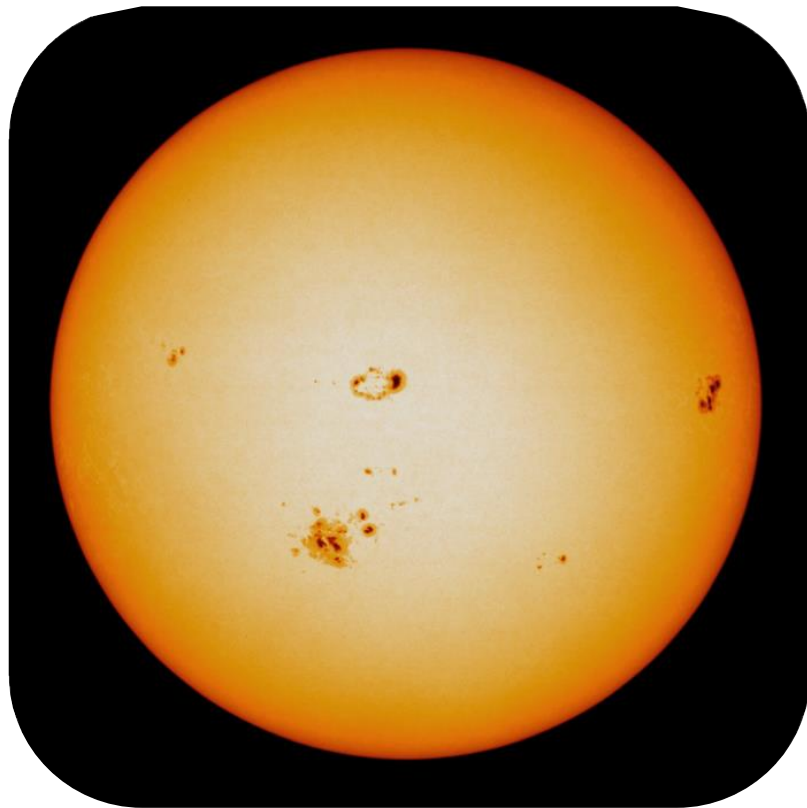




Tabla de Contenidos

Introducción	3
Fundamentos teóricos	3
Actividad 1: Conociendo el Sol	5
Actividad 2: Cálculo de la rotación del Sol	7
Hipótesis.....	7
Ejercicio.....	8
Conclusiones.....	13
Actividad 3: La rotación diferencial del Sol a diferentes latitudes	14

Introducción

El Sol, nuestra estrella más cercana, es una estrella de gas caliente ionizado o “plasma”, compuesto principalmente por hidrógeno y helio. La temperatura en la superficie del Sol es de unos 5500 °C (5800 K). De un modo parecido a la Tierra, el Sol rota.

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

Fundamentos teóricos

Las manchas solares aparecen como parches oscuros sobre la superficie del Sol. El motivo de que aparezcan más oscuras que el resto de la superficie del Sol (conocida como **fotosfera**) es porque se encuentran unos 1000 K más frías. Las manchas solares pueden variar su tamaño, pudiendo llegar a tener el tamaño de la Tierra o el de Júpiter (ver imagen izquierda de la Figura 1).

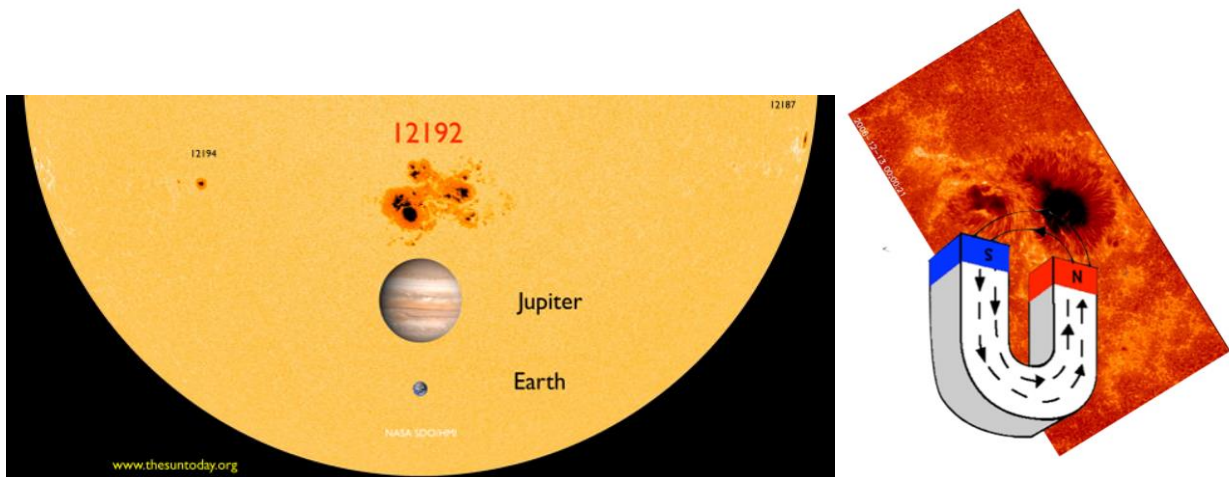


Figura 1: (Imagen izquierda) Comparación de tamaños de manchas solares. (Imagen derecha) Comparación de manchas solares con un imán. (Créditos: thesuntoday.org, presentación de Dra. Anik De Groof, científica de la misión Solar Orbiter de la ESA)

Seguramente conoces que la Tierra tiene un campo magnético que se parece al de un imán (Figura 2). El campo magnético del Sol es el mismo concepto, aunque no siempre muestra su forma más simple de dipolo como en el caso de la Tierra. El por qué lo puedes ver en la Figura 3.

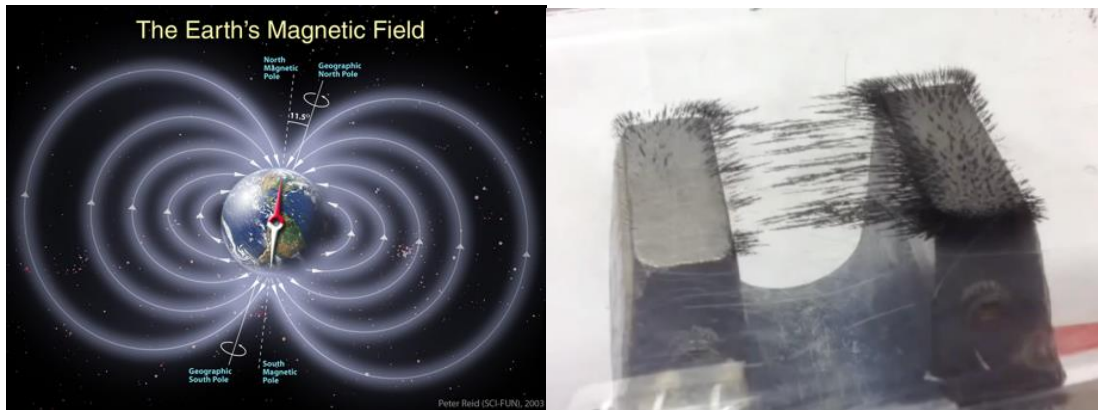


Figura 2: Comparación entre el campo magnético de la Tierra (imagen izquierda) y el generado por un imán que une su polo norte y su polo sur por líneas de campo magnético (imagen derecha). (Créditos: NASA, presentación de la Dra. Anik De Groof, científica de la misión Solar Orbiter de la ESA)

A medida que el Sol rota, sus líneas de campo magnético se enrollan alrededor de este, tal y como se ve en la Figura 3.

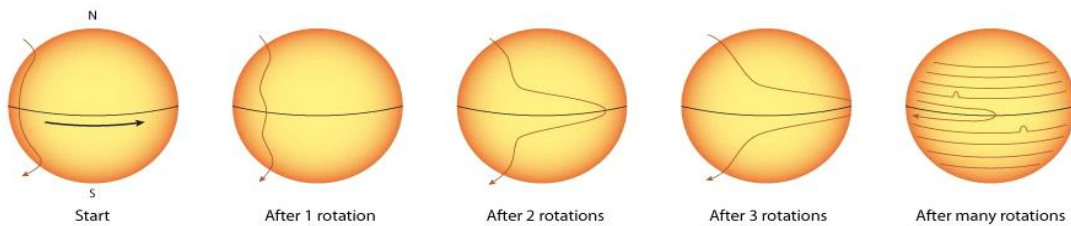


Figura 3: Explicación de cómo se genera la rotación diferencial del Sol a lo largo de varios días. (Créditos: NASA / IBEX)

Llamamos **periodo de rotación** de un objeto al tiempo que tarda en dar una vuelta entorno a su eje. En el caso del Sol podemos deducir su valor midiendo cuánto tiempo tarda una mancha solar en recorrer cierta distancia sobre su superficie; o en el número de grados recorrido (en longitud), teniendo en cuenta que una rotación completa (una vuelta) son 360 grados.

¿Sabías qué?

El Sol está siendo constantemente observado por muchos satélites. La ESA extrae la información de varios de ellos como [PROBA-2](#), [SOHO](#), y [Solar Orbiter](#). El campo de la física que estudia el Sol se llama **Heliofísica**.

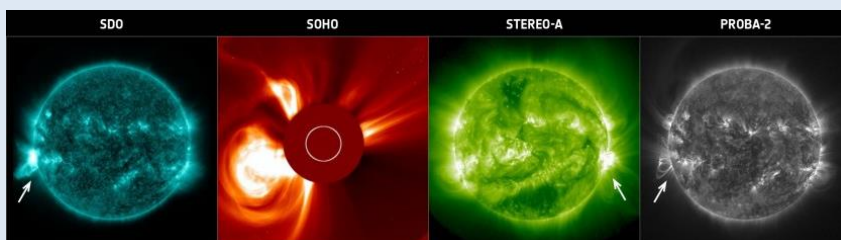


Figura 4: El Sol observado en diferentes filtros (Créditos: kiri2ll.livejournal.com)



Actividad 1: Conociendo el Sol

Aquí tienes algunas propiedades del Sol y de la Tierra. Completa la última columna de la Tabla 1 comparando los valores numéricos.

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	6400	
Masa (kg)	~ 2×10^{30}	~ 6×10^{24}	
Densidad media (kg/m ³)	1400	5500	
Temperatura superficial (°C)	~ 5500	17	
Elementos más abundantes	H ₂ , He, O ₂	N ₂ , O ₂ , Ar	
Edad (años)	4 650 000 000	4 550 000 000	

Tabla 1: Comparación de algunas de las características del Sol y de la Tierra.

¿De qué gases está hecho el Sol?

¿En qué zonas del Sol se ven las manchas solares? Pinta un esquema.

¿Sabías qué?

El Sol, como otras estrellas, está formado por varias capas. La superficie del Sol recibe el nombre de **fotosfera**. Bajo ésta se encuentran una **zona convectiva** y una **zona radiativa**. En el centro del Sol se encuentra el **núcleo**, donde las reacciones nucleares tienen lugar. Sobre la fotosfera se encuentran la **cromosfera** y la **corona**.

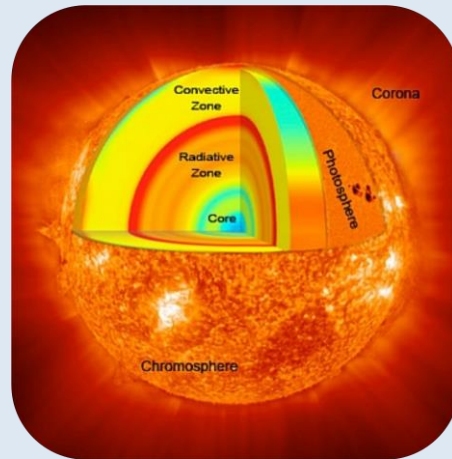


Figura 5: Las regiones del Sol. (Créditos: ESA/NASA SOHO)



Actividad 2: Cálculo de la rotación del Sol

En esta actividad emplearás imágenes del Sol con manchas solares que se mueven sobre su superficie para calcular el periodo de rotación del Sol. Accederás a las imágenes y harás tus cálculos empleando una herramienta web online.

El periodo de rotación de un objeto es el tiempo que tarda en dar una vuelta en torno a sí mismo, o rotar, una vez.

Hipótesis

¿Cuánto tiempo crees que tarda el Sol en completar una rotación total (en girar en torno a su eje)?

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

¿Crees que las manchas solares que se encuentran en distintas posiciones de la superficie del Sol se mueven a la misma velocidad? Explica tu respuesta.

Ejercicio

Esta guía y la herramienta web te guiarán a través de los distintos pasos necesarios para calcular el periodo de rotación del Sol.

Paso 1: Explora las imágenes del Sol tomadas por el telescopio solar CESAR.

Para ésta y las siguientes actividades, emplearás imágenes reales de la base de datos de CESO (Observatorio Solar Educativo CESAR) localizado en el centro de Astronomía Espacial Europeo en España (Villanueva de la Cañada, Madrid). Accederás a las imágenes a través de la herramienta web on-line.

- Accede a la herramienta web en http://cesar.esa.int/tools/14.differential_rotation

Estudio de la rotación diferencial del Sol v1.0

Paso: 1/4
Explora las imágenes del Sol tomadas por el telescopio solar CESAR.

Opción 1: Elige 2-6 imágenes en el calendario.

Diciembre-Enero 2018

Tarea 1:
Selecciona una de las tres opciones para estudiar el cambio de posición de una mancha solar.

Notas:

- No aparecen manchas solares en la superficie del Sol todos los días.
- La misma mancha solar debe aparecer en todas las imágenes que selecciones.
- Usa la lupa para ampliar las imágenes.

Opción 2: [Set de imágenes con manchas solares lejos del ecuador del Sol.](#)
Opción 3: [Set de imágenes con manchas solares cerca del ecuador del Sol.](#)

Figura 6: Paso 1 de la herramienta web para el cálculo de la rotación diferencial aparente del Sol.
(Créditos: CESAR)

Tarea 1:

Selecciona una de las tres opciones para estudiar el cambio de posición de una mancha solar.

- *Opción 1: Elige 2-4 imágenes en el calendario.*
- *Opción 2: Set de imágenes con manchas solares lejos del Ecuador del Sol.*
- *Opción 3: Set de imágenes con manchas solares cerca del Ecuador del Sol.*

Notas:

- *No aparecen manchas solares en la superficie del Sol todos los días.*
- *La misma mancha solar debe aparecer en todas las imágenes que selecciones.*
- *Usa la lupa para ampliar las imágenes.*

Paso 2: Obtén la información de la mancha solar elegida

La herramienta web transforma automáticamente coordenadas en el plano (x e y, medidos en píxeles) a coordenadas esféricas, tomando el centro del Sol como referencia. Para esta conversión, es necesario conocer en nuestras imágenes, cuántos píxeles mide el radio del Sol.

Tarea 1:

Mide el radio del Sol.

- *Primero, pincha en la caja coloreada salmón para calcular el radio del Sol (en píxeles) a partir de la imagen. Después, pincha en el centro de la imagen del Sol (en la cruz negra) y después en el borde del Sol. Puedes repetir este paso tantas veces como necesites para que la medida sea lo más precisa posible.*

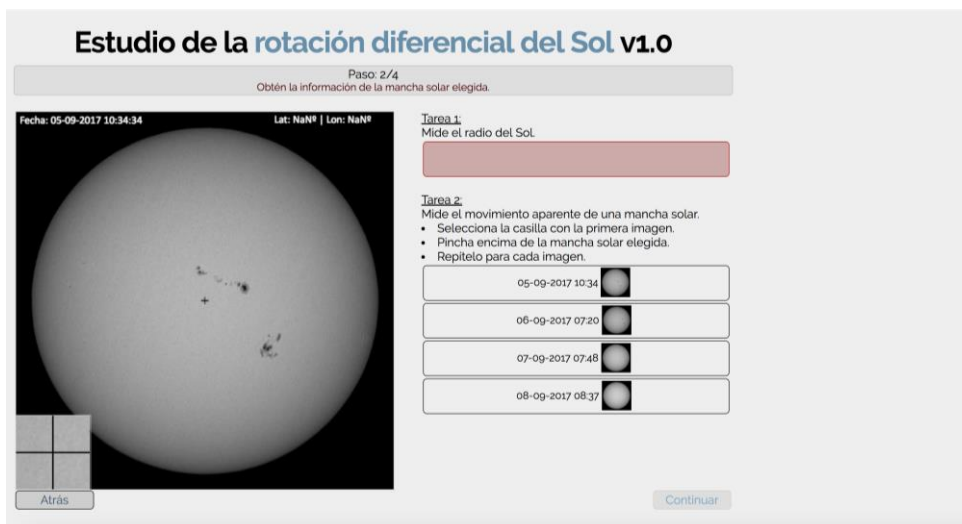


Figura 7: Tarea 1 del Paso 2 de la herramienta web para el cálculo de la rotación diferencial aparente del Sol, antes de medir el radio del Sol. (Créditos: CESAR)

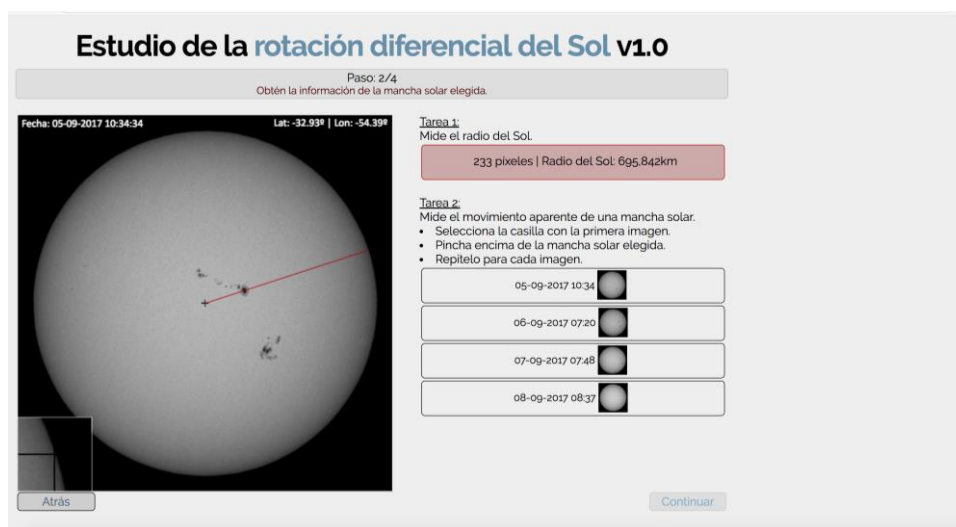


Figura 8: Tarea 1 del Paso 2 de la herramienta web para el cálculo de la rotación diferencial aparente del Sol, después de medir el radio del Sol. (Créditos: CESAR)

¿Sabías qué?

El píxel es el elemento más pequeño de una imagen. Así pues, para imágenes que tienen un tamaño de píxel de $4 \times 4 \text{ m}^2$ no es posible distinguir eventos menores de 4 m.

¿Sabías qué?

Una determinada posición es definida en un sistema de referencia por su posición respecto a un punto de referencia, considerado (0,0). Para objetos en 3-dimensiones, como la Tierra o el Sol, podemos usar los valores de **longitud** y **latitud** en los sistemas geográficos y heliográficos respectivamente. Longitud es medida por la distancia desde el meridiano de referencia. La latitud es medida por la distancia a un paralelo de referencia, que es el ecuador. Ambas coordenadas se dan en grados.

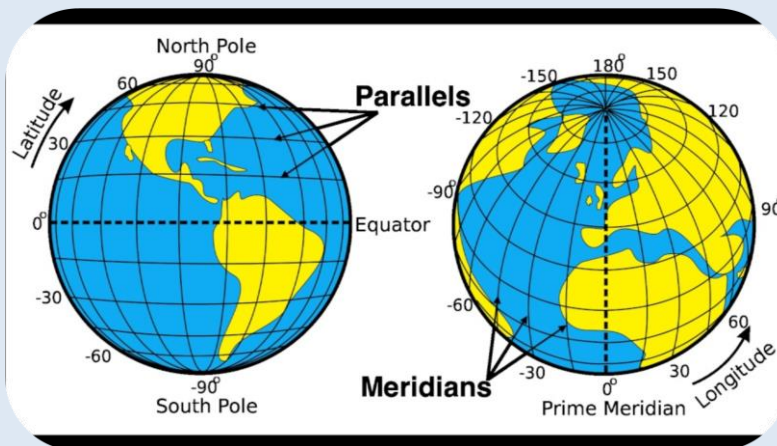


Figura 9: Definición de longitud y latitud (Créditos: <http://nishalspace.com>)

A partir de tus observaciones, ¿ves si la mancha se mueve en una dirección particular? Dibuja un esquema para explicar tu respuesta.

Si es así, ¿se mueve en longitud o en latitud? Pista: Mira la Figura 10.

Tarea 2:

Mide el movimiento aparente (visto desde la Tierra) de una mancha solar en todas las imágenes seleccionadas.

- Selecciona la casilla con la primera imagen.
- Pincha encima de la mancha solar elegida.
- Repítelo para cada imagen.

La fecha y el tiempo en el que las imágenes fueron tomadas se muestran en la herramienta web. Esta información es dada como el día (DD), mes (MM) y año (YYYY) y el tiempo es dado en horas (hh) y minutos (mm).

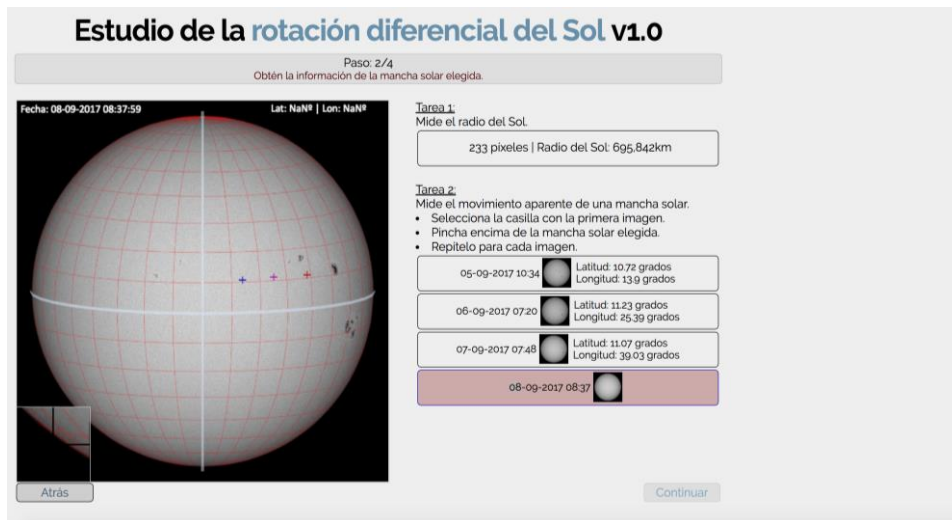


Figura 10: Tarea 2 del Paso 2 de la herramienta web, midiendo la evolución de una mancha solar en el tiempo. (Créditos: CESAR)

Escribe en la siguiente tabla los datos obtenidos:

Imagen	Fecha y hora (DD-MM-YYYY hh:mm)	Latitud (grados)	Longitud (grados)
1			
2			
3			
4			

Paso 3: Calcula el periodo de rotación del Sol (para una mancha)

La ventana mostrada por la herramienta web para el paso 3 se ve en la Figura 12.

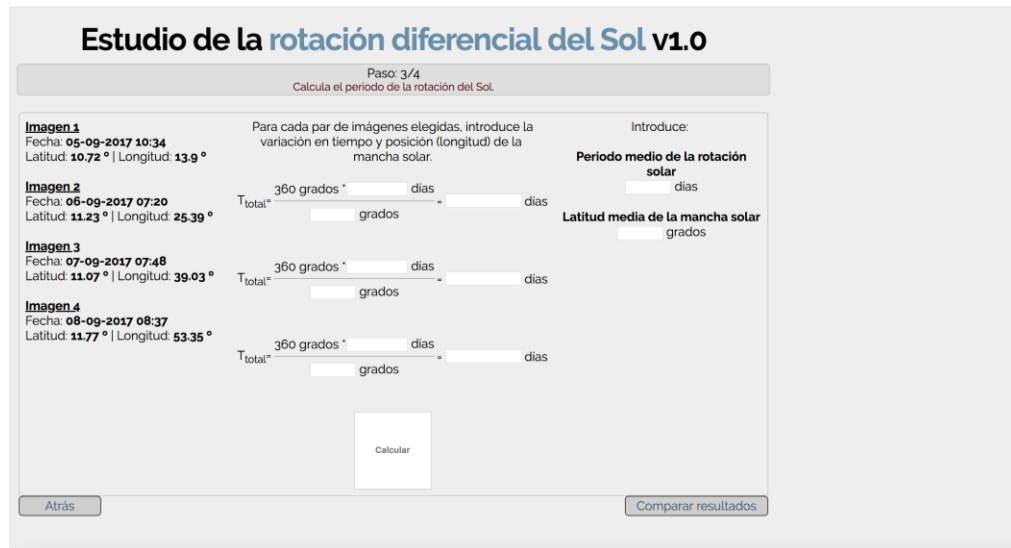


Figura 11: Paso 3 de la herramienta web para el cálculo de la rotación diferencial del Sol. (Créditos: CESAR)

Tarea 1:

Calcula el periodo de rotación del Sol para diferentes pares de imágenes (en el set):

- Selecciona un par de imágenes a partir de las que vamos a calcular el periodo de rotación.
- Emplea la información de la columna de la izquierda en ellas, es decir la variación de la mancha solar
 - En tiempo, medido en días (Nota 1: Como ves el tiempo está dado en varias unidades, conviértelo a días).
 - En posición (Nota 2: Toma como referencia el cambio en la coordenada longitud, medido en grados).
- Repite los pasos anteriores al menos de dos veces con diferentes pares de imágenes (par 1 es (imagen 1, imagen 2), par 2 es (imagen 3, imagen 4), par 3 es (imagen 5, imagen 6)).

Escribe en la siguiente tabla tus resultados:

Par de imágenes	Variación en tiempo (días)	Variación en longitud (grados)	Periodo de rotación (días)
1 y 2			
2 y 3			
3 y 4			
Valor promedio del periodo de rotación (días)			
Latitud promedio (grados)			



Tarea 2:

- *Inserta el valor promedio del periodo de rotación del Sol, extraído para diferentes pares de imágenes, en las que una misma mancha solar fue seguida.*
- *Inserta la latitud promedio de la mancha solar elegida.*

Nota: ¡Presta atención a las unidades! El tiempo debe estar insertado en días y las coordenadas en grados (ambos en formato decimal).

Conclusiones

¿Es el valor del periodo de la rotación del Sol lo que esperabas? Compara tus resultados con los de otros grupos; ¿son parecidos? Si no, ¿cuál puede ser el motivo de las diferencias?

¿Son los valores del periodo de la rotación del Sol exactamente los mismos si los calculamos con uno u otro par de imágenes? ¿Esperabas esto? ¿Por qué?

Paso 4: Compara el periodo de rotación del Sol con el de otros cuerpos del Sistema Solar.

¿Esperabas que el Sol rotara más rápido o más lento que la Luna? ¿Y que la Tierra?



Compara tus resultados del periodo de la rotación del Sol con los de otros objetos del Sistema Solar:

Objeto celeste	Periodo de rotación (días)	Periodo de rotación en (días horas minutos segundos)
Mercurio	58.64	58 ^d 15 ^h 30 ^m 30 ^s
Venus	243	-243 ^d 0 ^h 26 ^m
Tierra	0.99	0 ^d 23 ^h 56 ^m 4.09 ^s
Luna	27.32	27 ^d 7 ^h 43 ^m 11.5 ^s
Marte	1.02	1 ^d 0 ^h 37 ^m 22.6 ^s
Ceres	0.37	0 ^d 9 ^h 4 ^m 27.0 ^s
Júpiter	0.41	0 ^d 9 ^h 55 ^m 29.37 ^s

Tabla 2: Periodo de rotación de varios objetos celestes

Actividad 3: La rotación diferencial del Sol a diferentes latitudes

Repite el proceso de calcular el periodo de rotación del Sol tal y como lo has hecho en la Actividad 2, en esta ocasión empleando otro conjunto de imágenes.

Selecciona otro conjunto de imágenes en el calendario (Opción 1) o alguna de las imágenes preseleccionadas en las otras opciones (Opción 2, Opción 3).

Opción	Valor medio de la latitud de la mancha solar	Valor medio del periodo de rotación
1		
2		
3		

Afectan los siguientes factores a cómo rota la mancha solar (y por lo tanto el Sol):

a) ¿el hemisferio que miremos?

b) ¿la fecha?



c) ¿el valor en latitud?

Explica el razonamiento detrás de tus respuestas.

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?