ASTRÓNOMAS

Material didáctico

DISTANCIAS Y TAMAÑOS EN EL SISTEMA SOLAR

Una reproducción del sistema solar. Johannes Vermeer Museo del Louvre

ASTRONOMAS.ORG

RESUMEN

Siguiendo el método planteado por Aristarco de Samos, midiendo ángulos entre la Luna y el Sol, podemos calcular el tamaño del Sol comparado con el de la Luna. La máxima elongación del planeta Venus nos permite calcular su distancia al Sol comparada con la distancia de la Tierra, así como calcular la distancia a Marte a partir de su cuadratura y oposición.

CONTENIDOS

- Tamaños relativos del Sol y la Luna.
- Configuraciones planetarias.
- Distancia relativa de Venus al Sol
- Distancia relativa de Marte al Sol
- Distancia de Júpiter y Saturno al Sol

NIVEL

4o ESO y Bachillerato

AUTORA

Blanca Troughton Luque *(Sociedad Malagueña de Astronomía)*

Federación de Asociaciones Astronómicas de España

Distancias y tamaños en el Sistema Solar

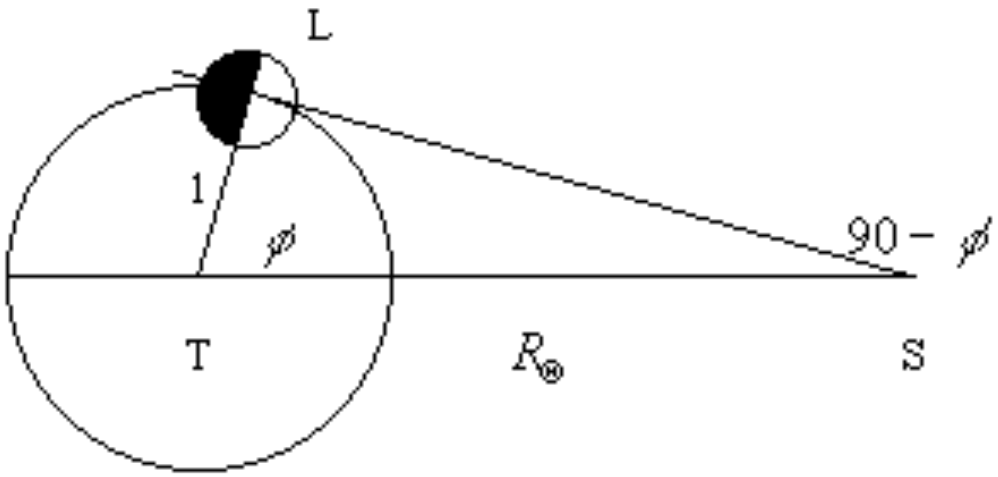
Introducción

Vamos a calcular tamaños y distancias relativas entre algunos cuerpos del Sistema Solar, basándonos en los trabajos desarrollados por Aristarco de Samos.

Aristarco de Samos era un matemático y astrónomo griego nacido en Samos, Grecia en el año 310 a.n.e. y fallecido en el 230 a.n.e. Sus trabajos originales se perdieron en los incendios de la biblioteca de Alejandría. Nos quedan las citas que Plutarco y Arquímedes hacen de él. El único trabajo que ha sobrevivido es “De los tamaños y distancias del Sol y la Luna”.

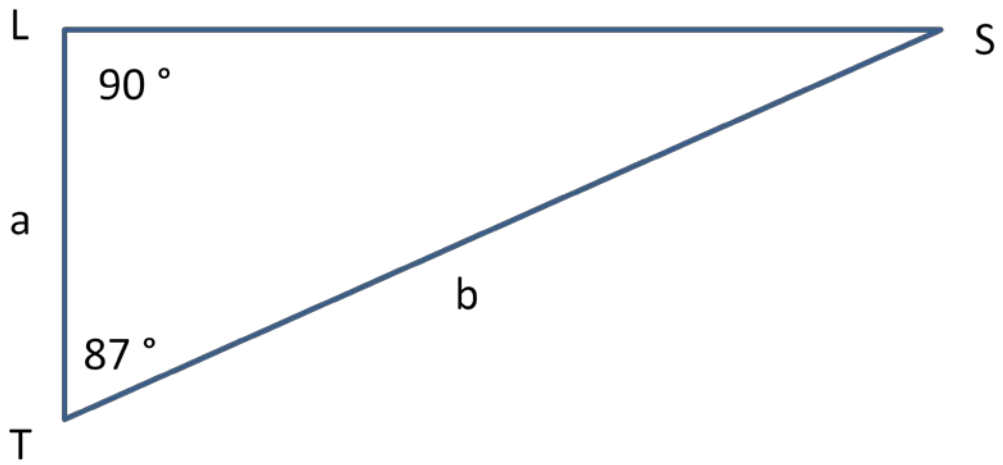
Distancia y tamaño del Sol con respecto a la Luna

La Luna orbita alrededor de la Tierra, al ser iluminada por el Sol, desde la Tierra la vemos en diferentes fases, creciente, llena, menguante y nueva. Tanto en la fase de creciente como de menguante los rayos solares, observados desde la Tierra, inciden sobre la superficie de la Luna dejando ver exactamente un cuarto de su superficie, de tal manera que el ángulo entre la Tierra, la Luna y el Sol, TLS, es de 90°.



En la fase creciente es fácil observar la Luna aún siendo de día con el Sol sobre el horizonte. Aristarco midió el ángulo que se forma entre la Luna, la Tierra y el Sol, el ángulo LTS, resultando ser según sus mediciones de 87°.

Así tendríamos el siguiente triángulo:



Llamando a a la distancia de la Tierra a la Luna: $d(T,L) = a$; Y llamando b a la distancia de la Tierra al Sol: $d(T,S) = b$, se tiene que la razón trigonométrica del coseno del ángulo 87° es:

$$\cos 87° = \frac{a}{b}$$

Entonces, $b = \frac{a}{\cos 87°} = \frac{a}{0.05} = 19.1\ a$

De aquí dedujo que el Sol está unas 20 veces más lejos que la Luna, y como ambos tienen el mismo tamaño aparente (medio grado) el Sol ha de ser 20 veces mayor que la Luna.

Sol observado a simple vista

Luna observada a simple vista

Sabemos que el Sol es mucho más grande que la Luna y que está mucho más lejos. ¿Cuál fue el fallo de Aristarco?

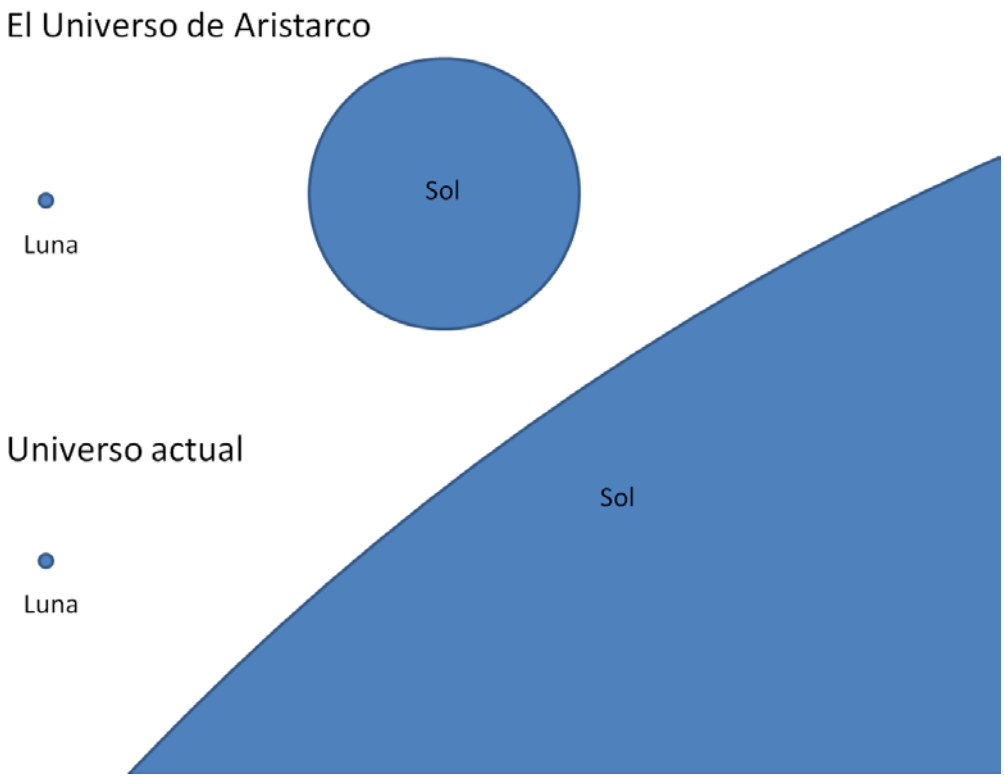
La medida del ángulo entre la Luna, la Tierra y el Sol, LTS, no es de 87°, como el calculó, sino de 89,8°, casi un ángulo recto. Un dibujo alusivo de la situación es el siguiente, que no se puede representar a la escala real:

Con estos datos y siguiendo los pasos anteriores, deduce que la distancia entre la Tierra y el Sol es aproximadamente 400 veces la distancia de la Tierra a la Luna, en consecuencia el Sol será unas 400 veces más grande que la Luna.

Ejercicio 1:

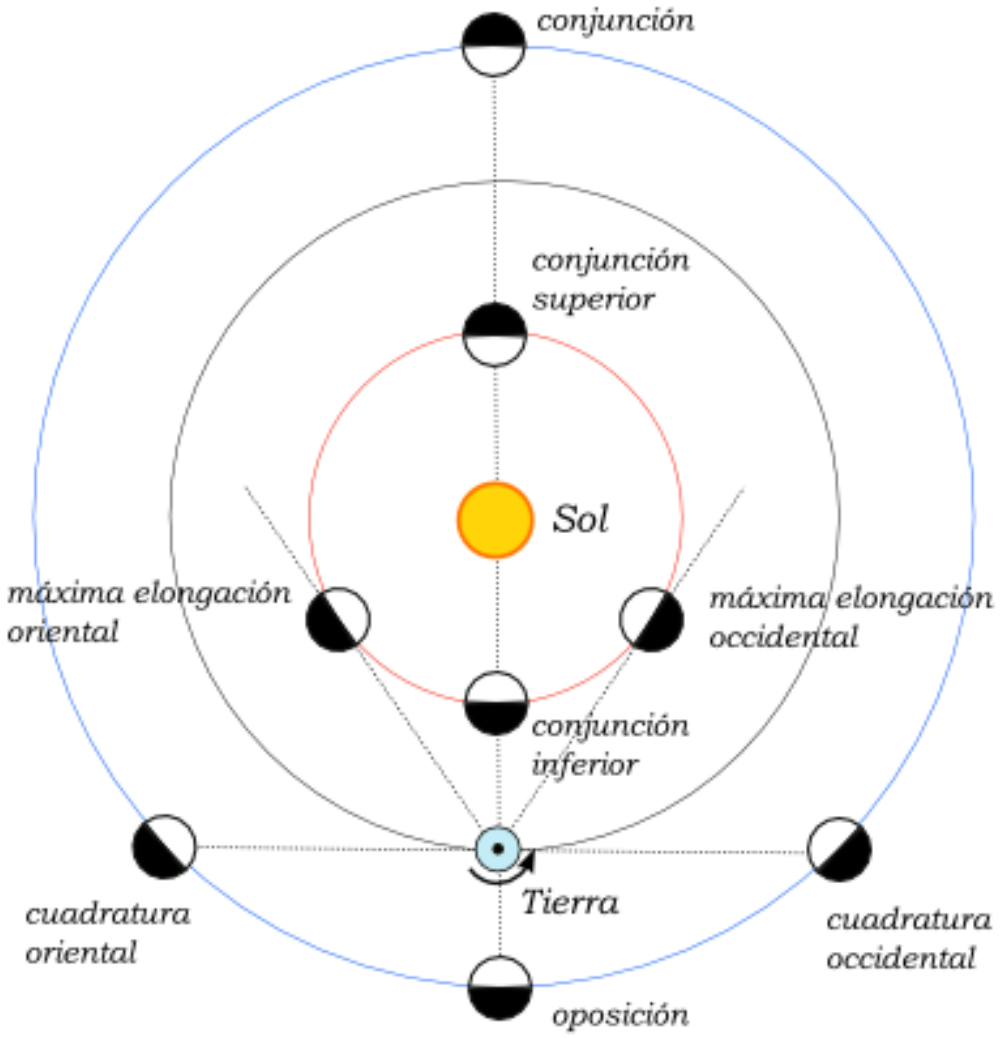
Con los datos reales del ángulo entre la Luna, la Tierra y el Sol, LTS, de 89,8°, calcula el valor exacto de la distancia de la Tierra al Sol comparada con la distancia de la Tierra a la Luna.

Una imagen de la diferencia de tamaños del universo imaginado por Aristarco y el actual se ve en el siguiente dibujo:



Configuraciones planetarias

Antes de comenzar con los cálculos de las distancias planetarias es fundamental conocer las llamadas “configuraciones planetarias”, es decir, los nombres que reciben las posiciones de la Tierra y el Sol con respecto a los planetas interiores y exteriores.



Las configuraciones planetarias en el Sistema Solar dependen de si un planeta es interior o exterior con respecto a la Tierra, es decir, si están entre la Tierra y el Sol o si es la Tierra la que está entre los planetas y el Sol, respectivamente.

En el Sistema Solar son interiores los planetas Venus y Mercurio, y son exteriores los planetas Marte, Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno. Estudiaremos el cálculo de distancias sólo en los planetas visibles a simple vista.

Observando el gráfico las denominaciones que reciben las posiciones planetarias son:

PARA UN PLANETA INTERIOR:

CI = CONJUNCION INFERIOR

CS = CONJUNCION SUPERIOR

EO (EE) = ELONGACION ORIENTAL (ESTE)

EOc (EW) = ELONGACION OCCIDENTAL (OESTE)

PARA UN PLANETA EXTERIOR:

O = OPOSICION

C = CONJUNCION

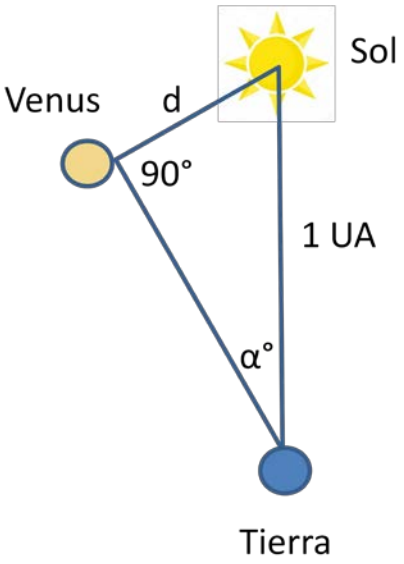
CO = CUADRATURA ORIENTAL

COc = CUADRATURA OCCIDENTAL

A partir del esquema de las configuraciones planetarias y teniendo en cuenta que la distancia de la Tierra al Sol la denominamos 1 Unidad Astronómica (abreviadamente 1 UA), vamos a calcular las distancias relativas entre los planetas Venus y Marte al Sol comparadas con la distancia de la Tierra al Sol en UA. Venus como ejemplo de un planeta interior, (análogamente se procedería para Mercurio) y Marte como ejemplo de un planeta exterior (análogamente se procedería para Júpiter y Saturno).

Distancia de Venus al Sol (en UA)

Hay que esperar al momento en que el planeta Venus está en la máxima elongación, bien este u oeste. En ese momento los rayos solares inciden perpendicularmente a la superficie de Venus observado desde la Tierra, diremos que Venus está en su fase de cuarto creciente (al ser un planeta interior, observamos a Venus con fases como la Luna), por tanto el ángulo formado por el Sol, Venus y la Tierra, SVT, es de 90°.



Llamado d a la distancia de Venus, V, al Sol, S: $d(V,S) = d$; y teniendo en cuenta que hemos considerado que la distancia de la Tierra al Sol es de 1 UA, aplicando la razón trigonométrica del seno del ángulo α, se obtiene que:

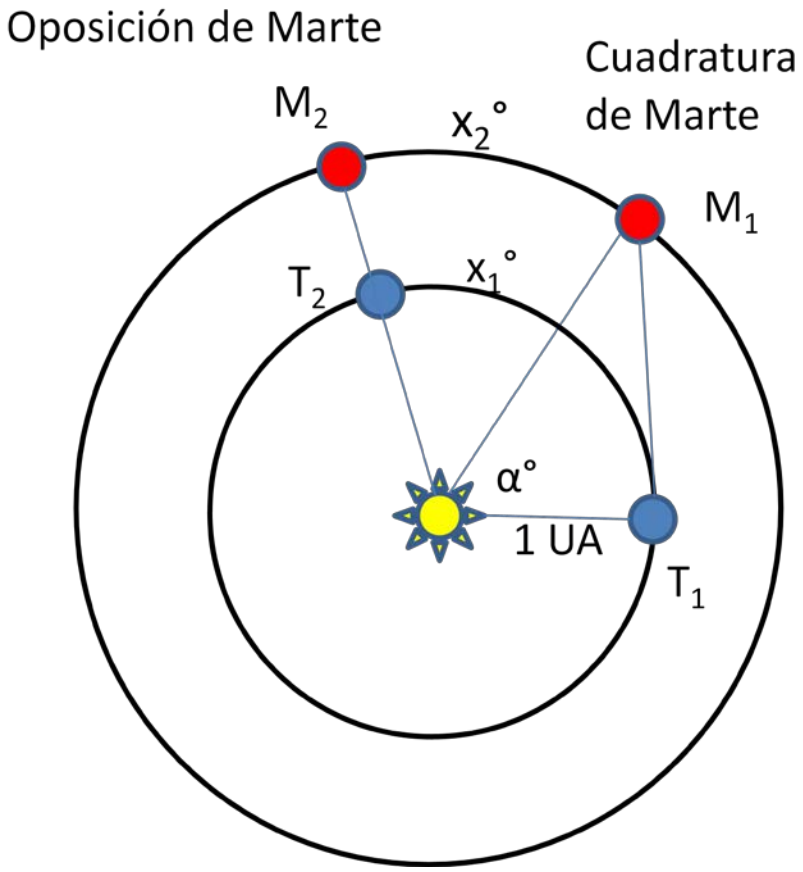
$sen\ \alpha = \frac{d}{1} = d$, medido en UA

Ejercicio 2: Sabiendo que en la máxima elongación oriental el ángulo Venus-Tierra Sol es de 46°, determina la distancia en UA de Venus al Sol. Realiza la representación esquemática correspondiente.

Distancia de Marte al Sol (en UA)

Para calcular la distancia de Marte al Sol en función de la distancia de la Tierra al Sol es necesario esperar a dos momentos especiales: el paso de Marte por la cuadratura y el paso de Marte por la oposición, o viceversa.

Supongamos que ocurre primero la cuadratura y poco después la oposición. Tendremos una situación como muestra el gráfico siguiente:



Supongamos que Marte está en la cuadratura en el tiempo T_1, y que posteriormente se encuentra en la oposición en el tiempo T_2. El tiempo transcurrido entre ambos eventos es $T_2 - T_1$.

Como la Tierra hace una traslación alrededor del Sol en 365 días, entonces con una simple regla de tres tenemos que:

365 días → 360 °

$(T_2 - T_1)$ días → x_1°

De donde, $x_1{}^\circ = \frac{(T_2 - T_1) \cdot 360^\circ}{365}$

Para pasar Marte de la cuadratura, posición en M_1, a la oposición en M_2, evidentemente habrán pasado los mismos días que en la Tierra para pasar de la posición en T_1 a la T_2, es decir, $M_2 - M_1 = T_2 - T_1$. Pero Marte hace una traslación alrededor del Sol en 687 días, por tanto la regla de tres correspondiente ahora es:

687 días → 360 °

$(M_2 - M_1)$ días → x_2°

De donde, $x_2{}^\circ = \frac{(M_2 - M_1) \cdot 360^\circ}{687}$

El triángulo Sol-T_1-M_1 es rectángulo, pues la cuadratura se consigue cuando el ángulo Sol-Tierra-Marte es recto, 90°. En ese triángulo podemos calcular el ángulo α:

$$\alpha = x_2 - x_1$$

Y aplicando la razón trigonométrica del coseno del ángulo α.

$$\cos\alpha = \frac{d(S,T)}{d(S,M)}$$

Siendo $d(S,T)$ la distancia del Sol a la Tierra (1 Unidad Astronómica) y siendo $d(S,M)$ la distancia del Sol a Marte, que es desconocida.

Despejando, tendremos:

$$d(S,M) = \frac{1}{\cos\alpha} \quad \text{en UA}$$

Ejercicio 3:

Si la Tierra está en cuadratura con Marte en un determinado momento y 104 días después la Tierra está en oposición con Marte. Representa la situación en un gráfico y calcula la distancia del Sol a Marte en UA.

Distancia de Júpiter y Saturno al Sol (en UA)

Para calcular la distancia de Júpiter al Sol se hace un procedimiento análogo al desarrollado con Marte, pues se tratan de planetas exteriores. Los momentos claves para calcular la distancia están en la cuadratura de Júpiter y en la oposición, o viceversa. Mientras más alejado esté un planeta mejor hay que calcular estos momentos críticos, pequeños fallos provocan cambios bruscos en los resultados.

Ejercicio 4:

Determinar la distancia de Júpiter al Sol, sabiendo que el 8 de marzo de 2016 estaba en la oposición y que el 4 de junio de 2016 se encontraba en cuadratura oriental. Realiza la representación esquemática correspondiente.

Ejercicio 5:

Determina la distancia de Saturno al Sol, sabiendo que el 18 de marzo de 2017 estaba en cuadratura occidental y el 15 de junio de 2017 estaba en oposición. Realiza la representación esquemática correspondiente.

Investiga

Entre Marte y Júpiter se encuentra el cinturón de asteroides, un disco circunestelar del sistema solar que alberga multitud de objetos denominados asteroides y al planeta enano Ceres. Uno de los asteroides recibe el nombre de Lucretia. Investiga en honor de quién se le dio ese nombre y las aportaciones que hizo a la astronomía.

Busca información sobre las efemérides de los planetas (configuraciones planetarias) en la página web del Servicio de efemérides del Observatorio Nacional (https://www.oan.es/servidorEfem/index.php) para realizar cálculos de distancias planetarias siguiendo los pasos indicados y con la ayuda de los ejercicios propuestos.

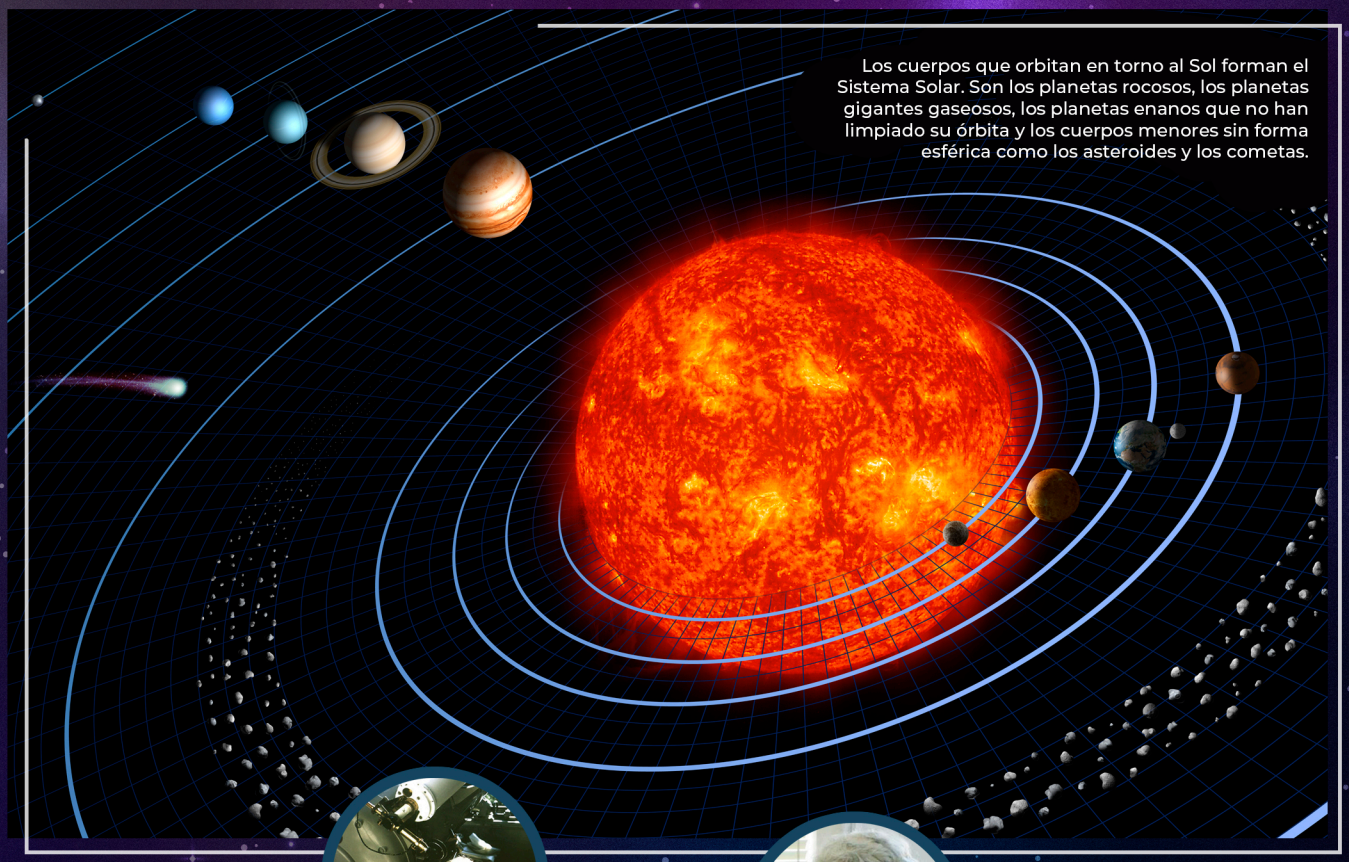
Material adicional

-Solucionario de ejercicios de distancias y tamaños en el Sistema Solar. Blanca Troughton.

-Servicio de efemérides del Observatorio Nacional:
https://www.oan.es/servidorEfem/index.php

-Exposición AstrónomAs: https://astronomas.org

BIEN ACOMPASADOS



Los cuerpos que orbitan en torno al Sol forman el Sistema Solar. Son los planetas rocosos, los planetas gigantes gaseosos, los planetas enanos que no han limpiado su órbita y los cuerpos menores sin forma esférica como los asteroides y los cometas.

CAROLYN JEAN SPELLMANN SHOEMAKER

CAZADORA DE COMETAS

Desde el Observatorio de Monte Palomar codescubrió en 1993 el cometa Shoemaker-Levy, primer cometa observado que giraba en torno a Júpiter y no al Sol. Ostentó el récord de cometas descubiertos en solitario o junto a otras personas, con 32 cometas y más de 800 asteroides.

IMKE DE PATER

OBSERVA A LOS GIGANTES EN INFRARROJO

Catedrática de Astronomía de la Universidad de California en Berkeley. Realiza observaciones de planetas gigantes en infrarrojo utilizando óptica adaptativa en los telescopios Keck, Gemini y VLT y en longitudes de onda de radio, usando los complejos de radiotelescopios VLA, ALMA y LOFAR.

ANGIOLETTA CORADINI

EXPERTA MUNDIAL EN CIENCIAS PLANETARIAS

Durante los años setenta del siglo XX trabajó con muestras lunares de las misiones Apolo en el Instituto del Consejo Nacional de Investigación de Italia. Lideró el equipo italiano para el canal visual del espectrómetro Cassini VIMS.

OLGA MUÑOZ

DESVELANDO EL POLVO CÓSMICO

Investigadora del Instituto de Astrofísica de Andalucía-CSIC, lidera el Laboratorio de polvo cósmico para caracterizar las partículas que provienen del espacio y participa en las misiones *Rosetta* y *Comet Interceptor* de la Agencia Espacial Europea. Estudia las etapas iniciales de formación de materia protoplanetaria en microgravedad en el proyecto ICAPS.

ASTRÓNOMAS

PATROCINADORES

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN | FECYT INNOVACIÓN | USC UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA | SEA

IAA INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE ANDALUCÍA CSIC | IFS CSIC | CEFCA | Federación de Asociaciones Astronómicas de España | ICCUB | UNED | Universidad de Alcalá | Universidad Complutense Madrid | Vniversitat de València