

revista
NaDiR

Nº 62

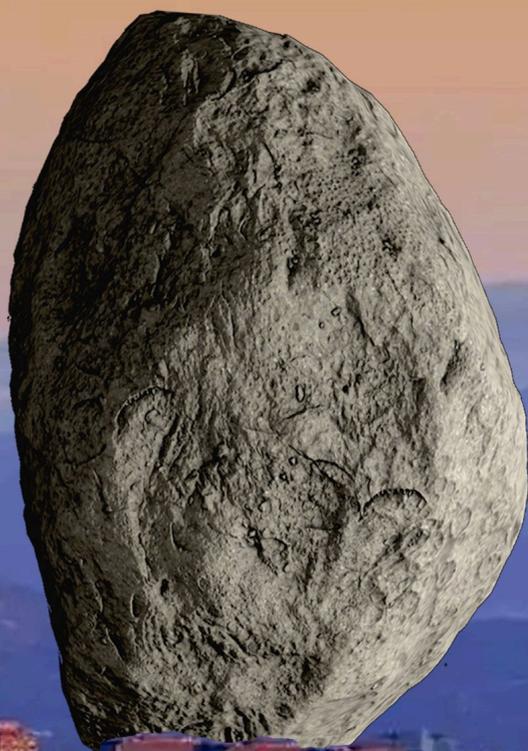
III-2025

**ASTEROIDE APOPHIS, "EL
DESTRUCTOR"**

COLORES DEL CIELO

**ALFONSO X: UN LEGADO
ASTRONÓMICO MUY
SABIO**

**EL ECLIPSE TOTAL DE SOL
EN ESPAÑA
DEL 12-VIII-2026**



**REVISTA DE LA ASOCIACIÓN PARA LA
ENSEÑANZA DE LA ASTRONOMÍA (ApEA)**



**ASOCIACIÓN
PARA LA ENSEÑANZA
DE LA ASTRONOMÍA**

www.apea.es

ApEA

NaDiR es una revista de la Asociación para la Enseñanza de la Astronomía (ApEA) www.apea.es

Presidente:

Carolina Clavijo Aumont

Vicepresidente:

Sebastián Cardenete García

Secretaria:

Azahara López Romero

Tesorera:

Azahara Rojas Roncero

Vocal de Publicaciones:

Ricardo Moreno Luquero

Vocal de la página web:

Eva Dominique Ibarra

Vocal FAAE:

Ángel Gómez Roldán

Vocales de Encuentros:

Antonio González Hernández

Joaquín Álvaro Contreras

Vocales:

Iñaki Ordóñez Etxeberría

Xristo Stoev

Edición de la revista Nadir: Ricardo Moreno Luquero, rmluquero@gmail.com

Comité de Redacción: Joaquín Álvaro, Sebastián Cardenete, Eduardo Zabala.

Depósito Legal: Z-2513-98

ISSN: 1575-7528, Marzo 2025

Foto de portada: Composición del asteroide Apophis en el horizonte de Madrid. © Ricardo Moreno y Las Provincias

SUMARIO

ASTEROIDES

ASTEROIDE APOPHIS, "EL DESTRUCTOR"

Juan Carlos Terradillos

3

DIDÁCTICA

COLORES DEL CIELO

R. Moreno, Rosa M. Ros, Beatriz García 11

HISTORIA

ALFONSO X: UN LEGADO ASTRONÓMICO MUY SABIO

Rafael Bachiller

19

OBSERVACIÓN

EL ECLIPSE TOTAL DE SOL EN ESPAÑA DEL 12-VIII-2026

Joaquín Álvaro

25

NaDiR no se hace responsable de las opiniones expresadas en los artículos. Si no se indica otra cosa, las imágenes son propiedad de los autores de los artículos.

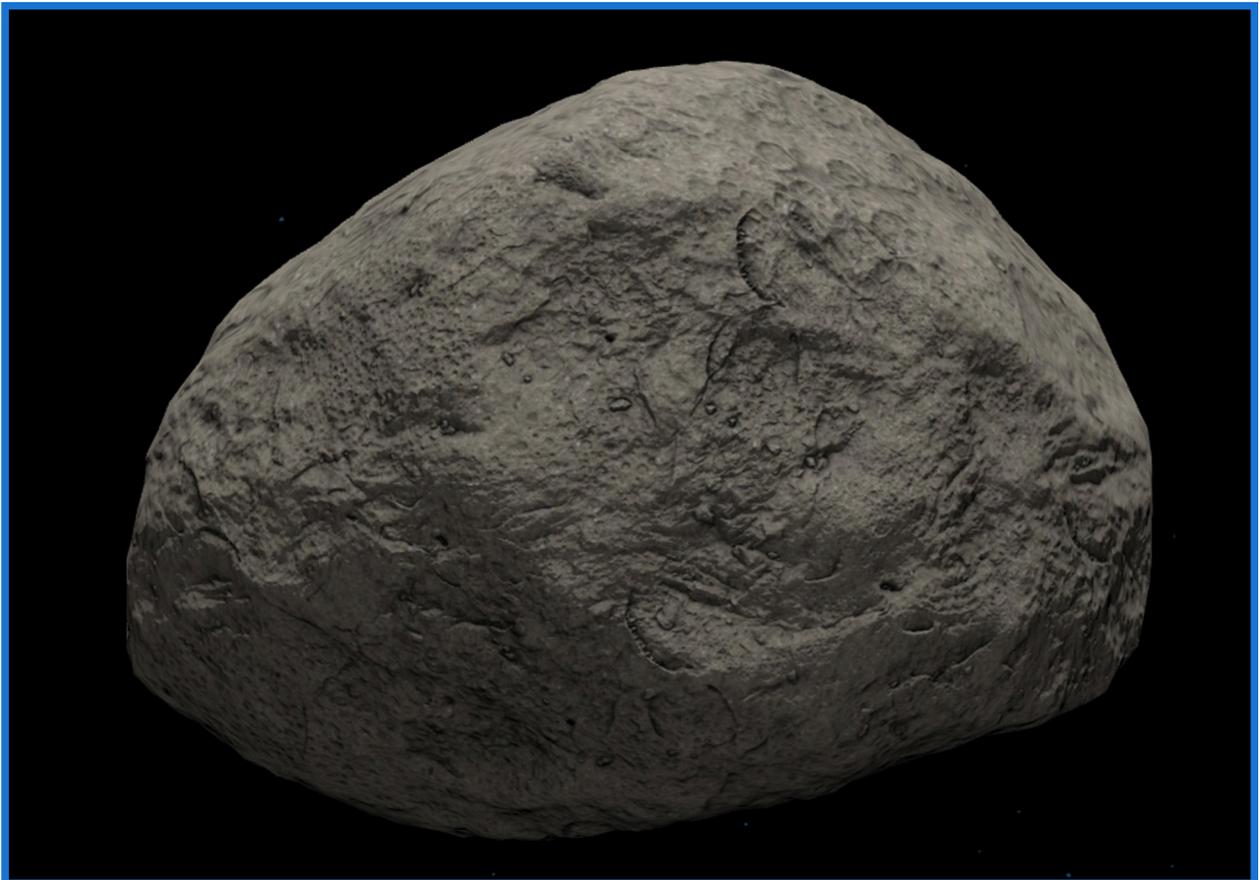
La distribución de NaDiR es gratuita entre los socios de ApEA, y se puede descargar de su web.

Se autoriza la difusión del contenido de la revista, citando la fuente.

ASTEROIDE APOPHIS, "EL DESTRUCTOR"



Juan Carlos Terradillos



Modelo del asteroide Apophis.

Con el descubrimiento en 2004 del asteroide Apophis y de las predicciones funestas que sobre él se hicieron en ese momento, se dio el primer paso para que los astrónomos y científicos reflexionaran sobre la manera de interceptar, hacer variar su órbita o destruir estos NEOs, programando misiones que pudieran cumplir este objetivo. En concreto, ya está en marcha una misión específica para el asteroide Apophis, aprovechando su aproximación a la Tierra a una distancia de unos pocos radios terrestres, que tendrá lugar en la primavera de 2029. En este artículo hablamos de ello. Su interés aumenta con las expectativas creadas sobre el asteroide "2024 YR4".

Con relativa frecuencia uno puede escuchar en los diferentes medios de comunicación noticias, en ocasiones acompañadas por imágenes reales, que nos informan del impacto sobre la Tierra de cuerpos celestes y de las catastróficas consecuencias que pueden tener para nuestro planeta.

Estos sucesos los vemos con resignación pues, aunque se presenten de vez en cuando de manera aleatoria en el tiempo, no los podemos predecir y, mucho menos, combatir sus terribles efectos... por el momento.

Es por esto que, con el objetivo de tomar conciencia sobre estos peligros provenientes del espacio exterior, la Asamblea General de Naciones Unidas, en 2016, declaró el 30 de junio como Día Internacional de los Asteroides, en recuerdo de que fue ese día de 1908 cuando cayó sobre la región rusa de Siberia, el conocido como "Bólide de Tunguska".



Fig. 1. Recreación del Bólide de Tunguska.

Asumido este riesgo real que corre toda la Humanidad, era cuestión de tiempo que las instituciones, los estados y las distintas Agencias Espaciales de los países desarrollados, tomaran la decisión de avanzar en la identificación y el seguimiento de estos peligrosos objetos que se acercan a la Tierra, llamados NEOs, y en idear una serie de métodos que pudieran resolver el problema de un posible impacto, pues va en ello nuestra propia supervivencia e, incluso, de la vida en general como la conocemos ahora.

Con el descubrimiento en 2004 de Apophis y de las predicciones funestas que sobre él se hicieron en ese momento, se dio el primer paso para que los astrónomos y científicos reflexionaran sobre la manera de interceptar, hacer variar su órbita o destruir estos NEOs, programando misiones que pudieran cumplir este objetivo.

En concreto, ya está en marcha una misión específica para nuestro asteroide Apophis, aprovechando su aproximación a la Tierra a una distancia de unos pocos radios terrestres, que tendrá lugar en la primavera de 2029.

Analizando esta inquietante realidad y el riesgo existente que se cierne sobre nosotros, surgen una serie de preguntas:

1ª.- ¿Cómo son las características físicas y dinámicas del asteroide?

2ª.- ¿Cuál es la Mínima Distancia Orbital (MOID) entre las órbitas de la Tierra y de Apophis en el espacio?

3ª.- ¿Cuál será la distancia (en Km.) a la que se hallará Apophis en su momento de acercamiento máximo a la Tierra, en abril del año 2029.

4ª.- ¿Qué Coordenadas Ecuatoriales y Horizontales tendrá en ese momento, para un observador situado en la ciudad de Madrid?

I.-El asteroide 99942 Apophis.



Fig. 2. Tamaño y forma de Apophis.

Apophis es una enorme roca espacial, de unos 325 m. de diámetro, con forma irregular bilobulada, y cierto parecido a un cacahuete, según observaciones de radar realizadas en 2021.

Su masa es aproximadamente unas 61×10^6 Tm, con una densidad media de 3.200 Kg/m^3 .

Su composición material está compuesta principalmente por silicatos de hierro y magnesio, presentes en rocas ultrabásicas de olivino y piroxeno, en distintas proporciones porcentuales, con una génesis ígnea y metamórfica en su formación natural.

En un principio se hallaba formando parte del Cinturón de Asteroides, que se encuentra orbitando alrededor del Sol, entre las órbitas de Marte y Júpiter. Con el transcurso de millones de años, su órbita fue cambiando, afectada por las perturbaciones gravitacionales que actuaban sobre él, procedentes de los grandes planetas, principalmente de Júpiter. Fue de este modo como se convirtió en un NEO (Near Earth Object).

En un principio, cuando se descubrió en el año 2004, se le dio el nombre de 2004 MN₄, para cambiar en el 2005 a su denominación definitiva: asteroide 99942, añadiéndole el sobrenombre de Apophis ese mismo año.

En la mitología egipcia Apophis o Apep era sinónimo de maldad, asociado al Duat, encarnación del inframundo, en donde tenía

lugar el Juicio para la salvación del alma del difunto, en la presencia del dios Osiris. En las pinturas murales de algunas tumbas se puede ver a Apep representado como una enorme y poderosa serpiente.

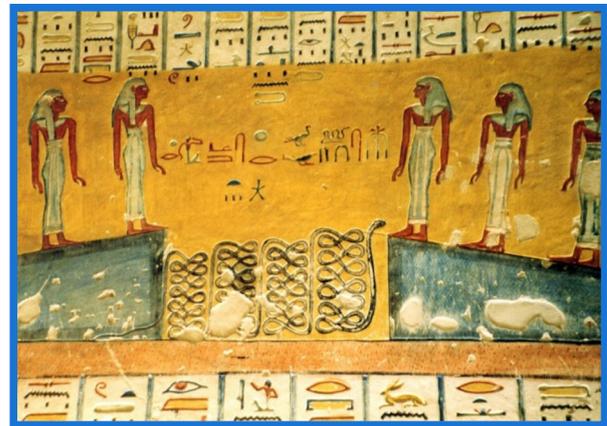


Fig. 3.- Escena de la tumba de Ramsés IV con la serpiente del dios Apep.

En su momento, llegó a figurar en la Escala de Turín con el nivel 1, es decir contemplándose ciertas posibilidades de impacto contra la Tierra.

- La órbita de Apophis.

Sus características orbitales son las correspondientes a un asteroide tipo Atón, asteroides con órbitas cuyo semieje mayor (a) es menor que el de la Tierra ($1 \text{ U.A.} = 149.597.870 \text{ Km.}$).

Tiene poca excentricidad (e), por lo que su órbita no se aleja mucho de una circunferencia. No obstante, cruza dos veces la órbita terrestre durante su trayectoria periódica alrededor del Sol, que dura un poco menos de un año, desplazándose en el espacio en el mismo sentido que lo hace nuestro planeta. El periodo de rotación sobre su eje axial es de 30,56 horas.

En la Tabla nº 1 se pueden ver los elementos orbitales que tendrá Apophis el 13 de abril de 2029 a las 21h 46m TD (Tiempo Dinámico) = 21h 44m TU, momento de su máximo acercamiento a la Tierra. Existe una relación entre el TD y el Tiempo Universal

e = excentricidad de la órbita (°)	0,2236577328
Ω = longitud nodo ascendente (°)	203,758810353
n = movimiento medio diario (°)	0,9592261242
a = semieje mayor órbita (U.A.)	1,0182522627
q = distancia de perihelio (U.A.)	0,7905122701
ω = argumento de perihelio (°)	99,2041738541
M = anomalía media (°)	286,637644089
Q = distancia del afelio (U.A.)	1,2459922553
i = inclinación de la órbita (°)	3,6256376945
Tp = tiempo de perihelio (DJ)	2462316,88771
V = anomalía verdadera (°)	260,858910749
P = periodo orbital (días)	375,302539117

Tabla nº 1.- Elementos orbitales de Apophis en el máximo acercamiento a la Tierra en abril de 2029. Fuente: JPL Horizons on-line solar system data and ephemeris.

(T.U.) que corresponde al Tiempo Civil de Greenwich: TU = TD – ΔT (ΔT varía según los años)

II.- Mínima distancia orbital de Apophis (M.O.I.D.).

Se define esta distancia (Minimum Orbit Intersection Distance) como la mínima distancia que hay entre dos puntos en las órbitas de dos cuerpos que comparten un mismo foco, siendo el Sol el foco y Apophis y la Tierra los dos cuerpos con órbitas elípticas en el espacio.

Los pasos a dar para hallar el MOID entre las dos órbitas son los siguientes:

1º. Tomar los elementos orbitales de los dos cuerpos celestes, referidos a la misma época y mismo momento de tiempo.

La fecha elegida es el 13 de septiembre de 2023 a las 0h TDB, correspondiente a las 23h y 57m 44s T.U. del 12 de septiembre de 2023, ya que el ΔT = + 136 s.

La época de referencia es J2000, correspondiente al 1 de enero de 2000, a las 12h.

- Elementos orbitales de Apophis (J2000).

Los elementos orbitales del asteroide ofrecidos a continuación están con referencia al Sol, es decir son heliocéntricas, y respecto al plano de la Eclíptica, que es el formado en el espacio por el Sol y la trayectoria seguida por la Tierra en su movimiento de traslación alrededor suyo. Estrictamente hablando,

Element	Value	Uncertainty (1-sigma)	Units
e	0.1914411460533765	1.7677E-9	
a	0.9227218395034338	1.6226E-9	au
q	0.7460749130604167	2.7915E-9	au
i	3.339296377069885	1.104E-7	deg
node	203.9566720818881	3.7763E-6	deg
peri	126.6039880940337	4.089E-6	deg
M	142.8571421049518	6.8509E-7	deg
tp	2460072.029302035401 2023-May-07.52930204	7.0849E-7	TDB
period	323.7461605754216	8.5397E-7	d
n	0.8863686805624137	2.3380E-9	y
n	1.111982299219059	2.9331E-9	deg/d
Q	1.099368765946451	1.9332E-9	au

Ref: https://ssd.jpl.nasa.gov/tools/sbdb_lookup.html#/?sstr=Apophis&view=OPC

estos elementos orbitales eran los que presentaba Apophis en la fecha dada, el 23 septiembre de 2023 a las 0h. TDB (Osculating Orbital Elements).

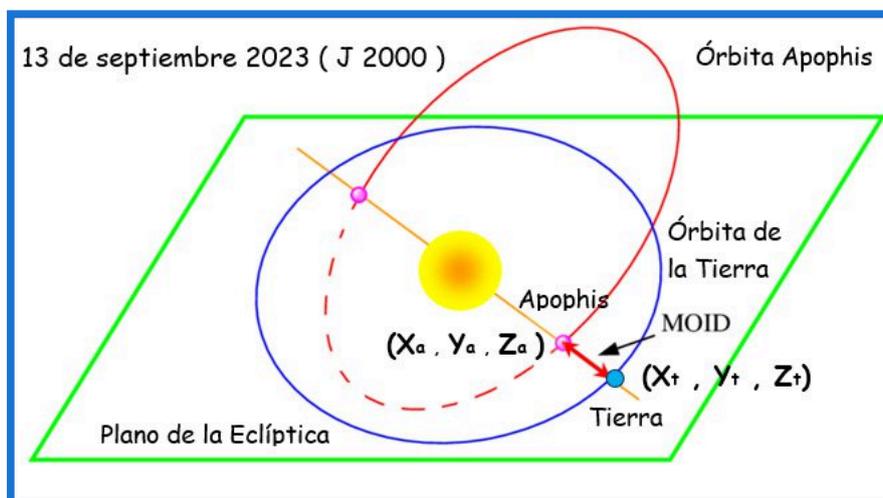


Fig. 4.- Mínima Distancia Orbital Apophis -Tierra.

Elementos orbitales de la Tierra (J2000).

Si los elementos orbitales de Apophis, en esa fecha, han sido tomados del JPL, los de la Tierra tuvieron que ser calculados.

Inclinación sobre la Eclíptica (i_t)	0°,0030931337
Longitud del nodo ascendente (Ω_t)	174°,8160459795
Longitud del perihelio (ϖ_t)	103°,01379661409
Excentricidad (e_t)	0,016698661
Argumento del perihelio (ω_t) = $\varpi_t - \Omega_t$	288°,1977501615

2º.- Conocidos los elementos orbitales tanto del asteroide como de la Tierra, hay que aplicar el Método Simple Geométrico para calcular el MOID Tierra – Apophis. Este método es mucho más sencillo de realizar que los métodos algebraicos que utilizan cálculos numéricos más complicados.

Consiste en hallar mediante iteraciones, aplicadas a las Longitudes Eclípticas Heliocéntricas de la Tierra (λ_t) y de Apophis (λ_a), aquel par (λ_a , λ_t) cuyos puntos en el espacio presenten la menor distancia (Δ) entre ellos, hasta que Δ que tenga una precisión de 10^{-6} UA, es decir (0,000001 U.A. = 149,6 Km), considerado suficiente como margen de error en Δ .

Realizados los cálculos y hallado su MOID, se ve que la órbita del asteroide se aproxima a la de la Tierra en una distancia $\Delta = 0.000136116$ U.A., es decir, a una distancia del centro de nuestro planeta $d = 20.362,6$ Km, correspondiente a unos 3,2 radios ecuatoriales terrestres, por lo que se encontrará a unos 14.000 Km sobre la superficie que pisamos en nuestra vida diaria.

Analizando estos resultados obtenidos en el MOID, vemos que la alarma desatada respecto a la posible colisión de Apophis con la Tierra, tomando como elementos orbitales los que figuraban para el 13 de septiembre de 2023, estaba más que justificada.

III.-Distancia a la Tierra y Coordenadas de Apophis en la fecha de su máximo acercamiento.

1º.- Cálculo de la distancia (d) Tierra – Apophis.

Para hallar esta distancia entre ellos se tienen que dar los siguientes pasos de cálculo:

a.- Hallar las Coordenadas Eclípticas Heliocéntricas de la Tierra, la Longitud (L) y la Latitud (B), sus coordenadas cartesianas, también heliocéntricas (X_t, Y_t, Z_t), junto con el módulo del radio vector Tierra – Sol ($|R_t|$), todo ello para la fecha de máximo acercamiento y para el equinoccio medio de la misma.

b.- Obtener los elementos orbitales de Apophis (J2000), para la fecha de su máxima aproximación (“*osculating elements*”), sacados directamente del banco de datos del JPL (Tabla nº 1).

c.- Calcular las Coordenadas Eclípticas Heliocéntricas de Apophis, Longitud (λ_a) y Latitud (β_a), sus coordenadas cartesianas, también heliocéntricas (X_a, Y_a, Z_a), junto con el módulo del radio vector Apophis – Sol ($|R_a|$), todo en el marco de referencia J2000, y para la fecha de máximo acercamiento y el equinoccio medio de la misma.

d.- Reducir los elementos orbitales del asteroide que varían al pasar desde el marco de referencia J2000 al marco correspondiente a la fecha de estudio. Estos elementos que varían son la inclinación (i_a), la longitud del nodo ascendente (Ω_a) y el argumento del perihelio (ω_a). El semieje mayor (a_a) y la excentricidad (e_a) no se ven afectados, ya que son casi iguales en el año 2000 que en el 2029, pues el tamaño y forma de la órbita no cambia.

e.- Hallar la distancia Apophis – Tierra (Δ) en el momento de máxima proximidad a su superficie.

Realizados todos estos pasos de cálculo, se obtuvo una distancia $d = 0,00023366$ U.A.

Si multiplicamos esta cantidad por el valor de la U.A. (149.597.870 Km/U.A.) nos da que la distancia de Apophis al centro de la Tierra será... $d = 34.955$ Km.



Fig. 5.- Trayectoria de Apophis en el momento de su máximo acercamiento a la Tierra.

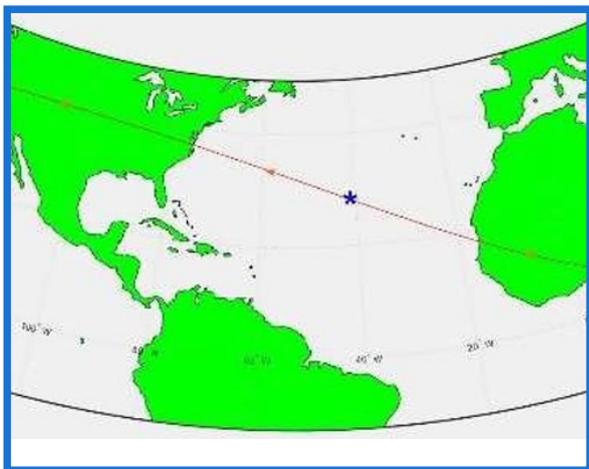


Fig. 6.- Proyección de la trayectoria de Apophis sobre la superficie terrestre en 2029.

Esto significa que cuando cruce, en ese momento, a gran velocidad ($\sim 7\text{Km/s}$) el cielo nocturno y a unos 29.000 Km sobre nuestras cabezas, justo sólo un poco por debajo de las órbitas que mantienen nuestros satélites geoestacionarios, entonces Apophis adquirirá una magnitud de 3,1, siendo visible a simple vista, alcanzando una velocidad angular de unos $42^\circ/\text{h}$; atravesando la

proyección de su trayectoria amplias zonas del Océano Índico, África, Océano Atlántico hasta finalmente alcanzar los Estados Unidos, siendo visible también desde Europa Y Asia.

Para valorar de una forma gráfica esta distancia, hemos de tener en cuenta que Apophis pasará entre la Tierra y la Luna casi a 1/10 de la distancia media entre ambos astros.

2º.- Coordenadas de Apophis

Hasta ahora se ha estudiado el asteroide fundamentalmente en su aspecto dinámico, realizando los cálculos necesarios para saber cuánto y dónde su órbita se acerca a la Tierra, es decir, hallando su MOID. También se ha calculado cuánto de cerca se hallará de nosotros en abril de 2029, pero para un observador instalado en la superficie de la Tierra, por ejemplo en la ciudad de Madrid, surge la pregunta: ¿en qué lugar del cielo nocturno madrileño será visible Apophis cuando se encuentre a su distancia mínima de nosotros esa tarde-noche?

Para saberlo las coordenadas que se van a hallar serán las siguientes:

a.- Coordenadas Eclípticas Geocéntricas (λ_a, β_a).

Teniendo las Coordenadas Heliocéntricas, tanto de Apophis como de la Tierra, para una misma fecha y en el mismo plano de

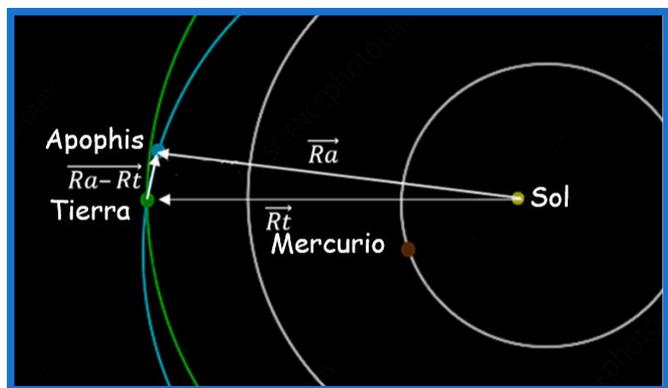


Fig. 7.- Transformación de coordenadas heliocéntricas a geocéntricas (resta de vectores).

referencia (la Eclíptica), además de su radio vector, o distancia al Sol, podemos hacer una transformación de coordenadas desde el punto de vista heliocéntrico al geocéntrico, que es como nosotros lo vemos.

Realizada la resta vectorial se obtienen las siguientes coordenadas:

$$\lambda_a = 121^\circ,2057122 = 8h4m49,37s \text{ (Lat. Eclip.)}$$

$$\beta_a = 9^\circ,134961201 = 9^\circ 8' 5'',86 \text{ (Long. Eclip.)}$$

b.- Coordenadas ecuatoriales (α_a, δ_a).

Conocidas las Coordenadas Eclípticas Heliocéntricas, se pueden calcular sus Coordenadas Ecuatoriales (α_a, δ_a).

Realizada la transformación se tiene:

Ascensión Recta (α_a)

$$\alpha_a = 125^\circ,708666396 = 8h 22m 50,08s$$

Declinación (δ_a)

$$\delta_a = 28^\circ,7852375201 = 28^\circ 47' 6,86''$$

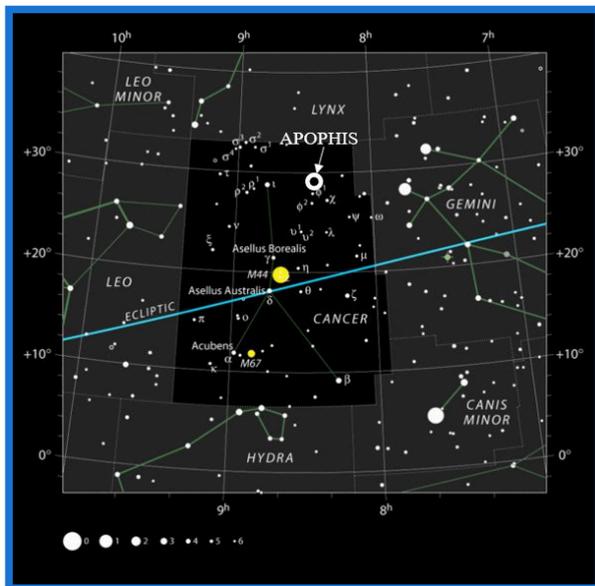


Fig.8. - Localización de Apophis el 13 abril de 2029, a las 21h 44m 13s. T.U.

Estas Coordenadas Ecuatoriales nos sitúan a Apophis el 13 de abril, cuando su máximo acercamiento a la Tierra, localizado entre la estrella ϕ_1 de la constelación de Cáncer y Polux, la estrella β de la constelación de Géminis.

c.- Coordenadas horizontales (A,h) de Apophis para la latitud de Madrid.



Fig.9.- Edificio Villanueva en el Real Observatorio Astronómico de Madrid.

Se ha elegido como lugar de observación el Real Observatorio Astronómico de Madrid, conocido como el Edificio Villanueva, cuyas coordenadas geográficas son ;

$$\text{Latitud } (\varphi) = 40^\circ,40840278 \text{ N} =$$

$$40^\circ 24' 30'',25 \text{ Norte.}$$

$$\text{Longitud } (\lambda) = 3^\circ,68763611 \text{ O} =$$

$$3^\circ 41' 15'',49 \text{ Oeste.}$$

Para hallar las Coordenadas Horizontales hay que conocer el Tiempo Sidéreo local (θ_1), correspondiente al momento de observación y el Ángulo Horario de Apophis (H_a).

$$\theta_1 = H_a + \alpha_a = 10h 58m 55,13s =$$

$$164^\circ,72970830, \text{ entonces}$$

$$H_a = \theta_1 - \alpha_a = 39^\circ,0210419036$$

Hallado el Ángulo Horario de Apophis en el momento de observación se pueden calcular las Coordenadas Horizontales.

Acimut $A=82^\circ,28720797$ (medido desde el Sur) y $A=262^\circ,287208$ (si medimos el Acimut desde el Norte).

$$\text{Altura } h=56^\circ,16221684=56^\circ 9' 43'',98$$

Concluimos, por tanto, que Apophis se podrá ver esa tarde-noche mirando hacia el punto cardinal Oeste, ocupando un punto en el cielo a media altura sobre el horizonte madrileño.

IV.- Misiones espaciales para Defensa Planetaria.

En esta apartado se van a recoger algunas de las más importantes misiones de Defensa Planetaria, llevadas a cabo en los últimos años por NASA, ESA y la Agencia Espacial japonesa, y las que están programadas en un futuro inmediato. Estas misiones expuestas en orden cronológico son:

Deep Impact (2005)

Esta misión fue lanzada por NASA el 12 de enero de 2005, con el objetivo de enviar una sonda, "El impactador", de 327 Kg de peso, portando un núcleo de cobre, de 100 Kg, viajando a gran velocidad (10,2 Km/s), hasta contactar con el cometa Temple 1, un cometa con unas dimensiones de 8x4 Km.

La misión llegó a su destino el 3 de julio de ese mismo año y el impacto sobre el asteroide ocurrió al día siguiente, 4 de julio, originando un cráter de unos 100 m. de diámetro. El cráter fue fotografiado en el año 2011 por la nave espacial Stardust,

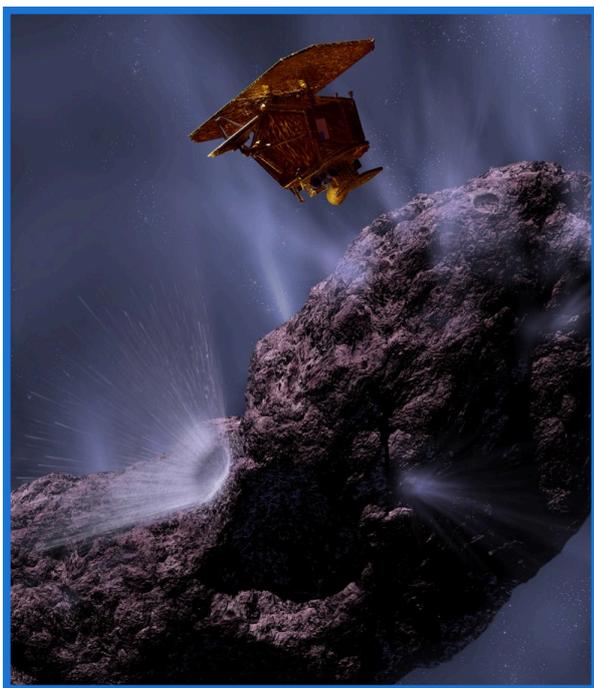


Fig. 10. - Recreación de la Deep Impact al cometa Temple 1.

Osiris – Rex (2016) – Apex (2022)

La misión Osiris Rex fue lanzada por la NASA en 2016 con el objetivo de recoger una muestra de la superficie del asteroide Bennu, mediante un brazo robótico.



Fig. 11.- Osiris – Rex recogiendo una muestra de materia del asteroide Bennu.

Fue la primera misión de NASA que devolvió muestras extraídas de un asteroide. Una nave similar a Stardust fue la encargada de traer a la Tierra la muestra recogida.



Fig. 12.- El 24 de septiembre de 2023 llegaron a la Tierra las muestras recogidas por Osiris Rex.

En el año 2022, se decidió ampliar la misión dirigiéndola hacia Apophis, rebautizándola como **Osiris Apex** (Apophis Explorer).

Llegará al asteroide a finales de abril de 2029 y permanecerá dieciocho meses cerca de él, de una manera similar a lo hecho en Benu, para tomar imágenes de todas sus caras, medir su rotación y, finalmente, haciendo uso de sus propulsores llegará a situarse a cinco metros de su superficie, la cual removerá y analizará espectralmente el material del suelo y del subsuelo de Apophis. También estudiará cómo cambió su superficie después de su interacción con el fuerte campo gravitatorio de la Tierra, ya que se espera que ocurran pequeños terremotos y deslizamientos de tierra en su superficie.

DART (2021)

Estas siglas significan *"Demonstration for Autonomous Rendezvous Technology"*, y era la primera prueba encaminada a lograr un cambio en la órbita de un asteroide, mediante el impacto de una nave espacial.

La nave fue lanzada en noviembre de 2021 por la NASA, con el objetivo de alcanzar al sistema binario de asteroides "Didymos", de 780 m de diámetro, y su luna "Dimorphos" de 160 m de diámetro.

La misión consta de dos ingenios espaciales: la nave principal, que era el cuerpo impactador, y la nave secundaria, llamada LICIACube, que se separó quince días antes del impacto, tomó imágenes del suceso y de la posterior eyección de materia al espacio. La colisión se produjo el 26 de septiembre de 2022, e hizo variar el periodo de traslación de Dimorphos alrededor de Didymos en 32 minutos. DART supuso un hito importante en el programa de Seguridad Planetaria pues se cambió por primera vez y de forma deliberada, la trayectoria de un objeto celeste.

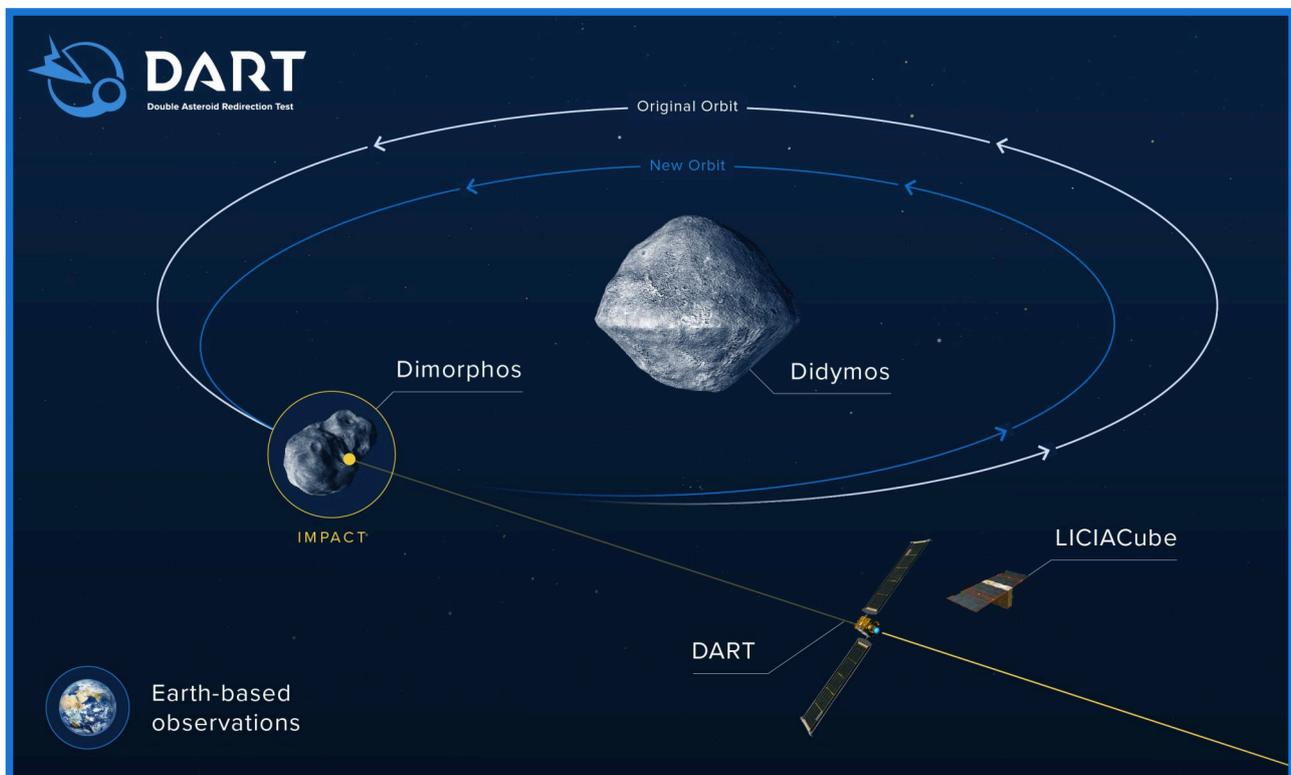


Fig. 13.- Misión DART de la NASA hacia el sistema binario de asteroides Didymos – Dimorphos.

HERA (2024)

HERA es una misión de la Agencia Espacial Europea. Será la encargada de hacer un seguimiento de los resultados obtenidos con DART. También llevará dos nanosatélites CubeSats, llamados "Milani" y "Juventas", que serán liberados por HERA antes de llegar al sistema.

HERA abordará algunos retos científicos distintos a las anteriores misiones. Será la primera vez que se estudie la estructura y materia de un sistema binario de asteroides (Didymo–Dimorphos) además de su comportamiento dinámico mutuo.

Se investigará la geofísica de la superficie de dos objetos que tienen diferente tamaño y gravedad, pero que se han formado en el mismo cuerpo original primario.

HERA fue lanzada en octubre de 2024 y llegará al asteroide binario Didymos-Dimorphos el 28 de diciembre de 2026, cuatro años después de DART, para dar comienzo entonces a seis meses de investigación.

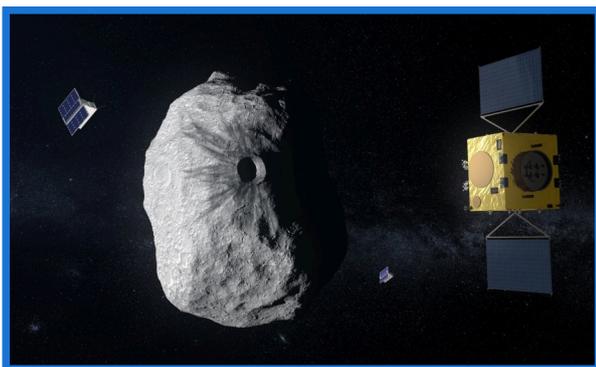


Fig. 14.- HERA con los asteroides Didymo – Dimorphos.

RAMSES (2028)

RAMSES (Rapid Apophis Mission for Security and Safety) es una misión espacial de ESA que tiene como objetivo estudiar el asteroide Apophis, antes y durante su acercamiento a la Tierra, en 2029, acompañándole en su viaje para ver cómo se deforma y cambia su superficie debido a la fuerza de gravedad ejercida por nuestro planeta.

La nave debería ser lanzada en los primeros meses de 2028, para poder llegar a Apophis en febrero de 2029. De esta manera, cuando Apophis esté volando sobre nuestras cabezas, en abril de 2029, habrá dos misiones espaciales acompañándolo y estudiándolo, RAMSES y la Osiris Apex.

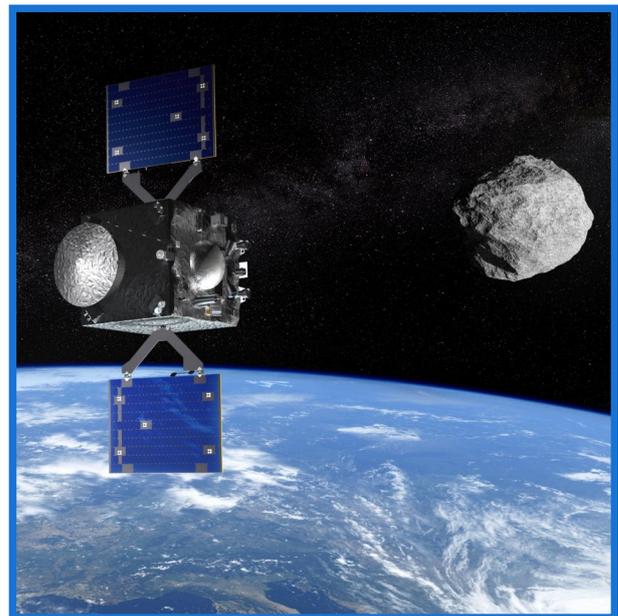
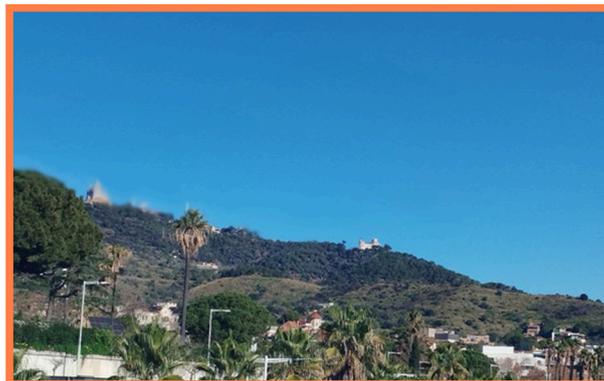
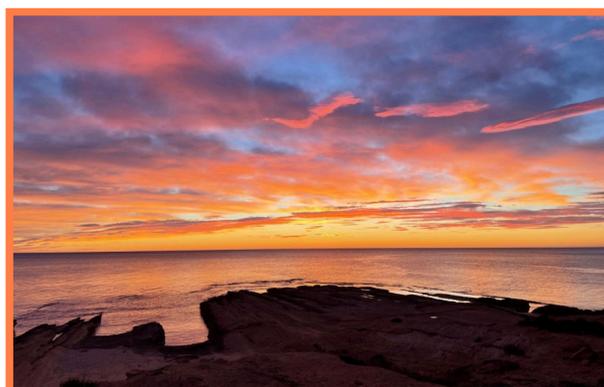


Fig. 15.- Encuentro de RAMSES con el asteroide Apophis.

COLORES DEL CIELO



Ricardo Moreno, Rosa M. Ros, y Beatriz García



Créditos: Miguel Ángel de Andrés y Rosa M. Ros

En este artículo se presenta la propuesta de NASE para la celebración del Día Internacional de la Luz (DIL) en 2025. Consiste en observar los colores del cielo que se producen debido a la dispersión de Rayleigh, y realizar algunos experimentos relacionados con el tema. Este proyecto figura en la [web del DIL](#) de la UNESCO entre los eventos propuestos para todo el mundo (worldwide).

La participación en el proyecto se hace descargando de la página [web de NASE](#) un modelo de informe, rellenando en él la tabla con los datos, e incluyendo 2 ó 3 fotografías de los alumnos realizando las observaciones y las actividades. También se pueden incluir refranes o costumbres locales que tengan que ver con el color del cielo. Los grupos de

alumnos deben tener 3 alumnos como máximo. Los informes se envían entre el 20 de marzo y el 22 de septiembre de 2025 a newsletter.nase@gmail.com. Todos los participantes recibirán un diploma de NASE. En la web también hay un documento de información para el profesor, con los conceptos relacionados y los experimentos propuestos.

El azul del cielo

En la Luna, el cielo se ve siempre negro, también cuando es de día. En la Tierra es diferente porque hay atmósfera. Al pasar los rayos del Sol a través de esos gases, fundamentalmente nitrógeno y oxígeno, las moléculas pueden desviar la trayectoria de los fotones en lo que se llama dispersión de Rayleigh. Esa dispersión depende mucho de la longitud de onda.

La luz que nos llega del Sol contiene fotones de todos los colores del arco iris (Fig.1): rojos, naranjas, amarillos, verdes y azules, que juntos se ven como luz blanca.

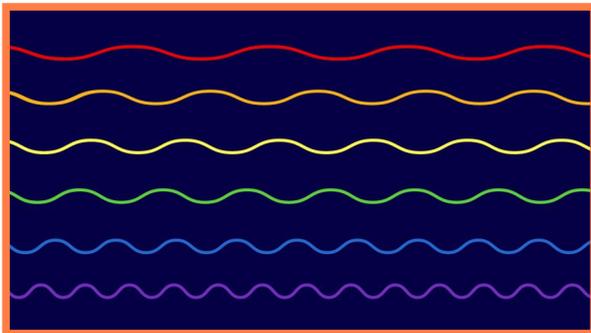


Fig. 1. Los fotones de luz roja tienen una longitud de onda más larga que los fotones azules.

Al llegar a la atmósfera terrestre, los fotones pueden dispersarse al chocar con las moléculas y las partículas del aire. La luz azul se dispersa más fácilmente que otros colores porque su longitud de onda es más corta (Fig. 2). Esos fotones azules interactúan una y

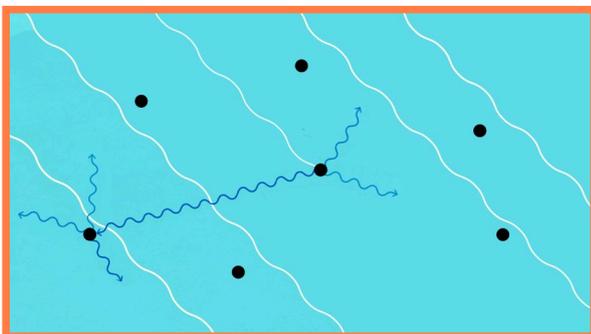


Fig. 2. Los fotones azules se dispersan al chocar con las moléculas del aire, y cambian su dirección.

otra vez hasta llegar a nuestros ojos, y nos parece que vienen desde todas las direcciones. Por eso vemos el cielo azul

durante el día, en todas las direcciones hacia las que miremos [1].

Colores al atardecer y al amanecer.

A medida que el Sol va bajando en el cielo, su luz pasa por más capas de la atmósfera. Casi todos los fotones azules se dispersan, y la luz que nos llega contiene solo fotones de luz roja, amarilla, naranja y verde (Fig. 3). Como se puede comprobar en

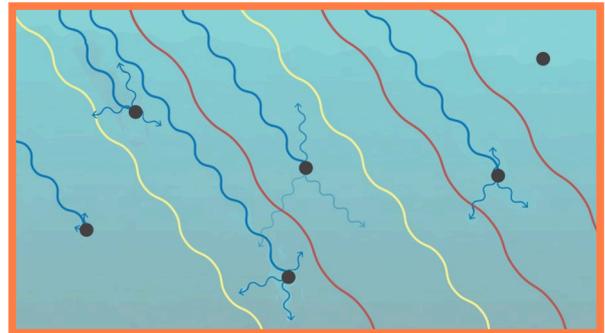


Fig. 3 En el atardecer y en el amanecer, todos los fotones azules se dispersan y quedan los demás, que dan un color amarillento.

la Actividad 3, al mezclar luz verde con luz roja, la vemos amarilla. Eso hace que al atardecer y al amanecer, el Sol se vea amarillo (Fig. 4) [2].



Fig. 4. El color amarillento del cielo en los atardeceres y amaneceres se produce al dispersarse los fotones azules.

A veces los atardeceres se ven muy rojos (Fig.5). Eso ocurre cuando hay en la atmósfera aerosoles (polvo, ceniza, contaminación,



Fig. 5. Atardecer muy rojo, por los aerosoles en la atmósfera

etc.), que dispersan también los fotones verdes e incluso los naranjas, y quedan solo los rojos.

Cinturón de Venus

En el horizonte opuesto a la zona donde se ha puesto el Sol, se observan colores peculiares en el cielo, el fenómeno se llama el cinturón de Venus o arco anti-crepuscular: la parte oscura inferior es la sombra de la Tierra, que solo aparece si se ha puesto el Sol, y que va creciendo poco a poco, y una zona rosada encima, producida por la dispersión de los fotones azules del Sol al atravesar la atmósfera [1].



Fig. 6. Sobre el horizonte de la zona contraria a la puesta del Sol, aparece una zona oscura (sombra de la Tierra) y sobre ella otra rosada (Cinturón de Venus o arco anti-crepuscular).

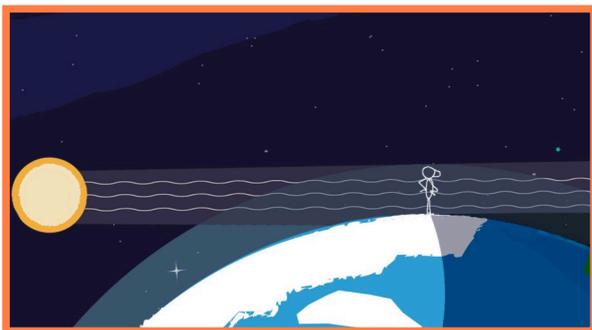


Fig. 7. Si miramos a la zona contraria a la puesta de Sol, vemos sobre el horizonte una zona oscura (sombra de la Tierra) y otra sin apenas fotones azules, de color rosa (Cinturón de Venus).

Hora dorada

Los fotógrafos llaman “hora dorada” al tiempo anterior a la puesta de Sol, en la que la luz es amarillenta.



Fig. 8. Poco antes de la puesta del Sol (foto de la abajo) la luz es más amarillenta que en el resto del día. Los fotógrafos la llaman “la hora dorada” o “la hora mágica”.

Algunos directores de cine, como Terrence Malick (*La delgada línea roja*, *El árbol de la vida*) o Chloé Zhao (*Nomadland*) aprovechan esas horas para filmar sus películas [3].



Fig. 9. Fotograma de “*El árbol de la vida*”, de Terrence Malick, iluminado con la luz al atardecer.



Fig. 10. Fotograma de otra película “*Nomadland*”, de Chloé Zhao, aprovechando la luz de la hora dorada.

Los colores del cielo en la cultura

El azul celeste de la bandera de Kazajistán (Fig. 11) simboliza el cielo despejado que se divide en el país asociado con la libertad de su pueblo.



Fig. 11. Bandera de Kazajistán. El azul celeste simboliza el cielo del país y la libertad de su pueblo

La wiphala (Fig. 12) es una bandera cuadrangular de siete colores, inicialmente empleada por los pueblos andinos y posteriormente adoptada por otros pueblos indígenas. Su presencia se extiende por Bolivia, Perú, Colombia, Argentina, Chile, Ecuador y Paraguay. Una crónica de 1612 la relaciona con el cruce de dos arcoíris. El color azul representa el espacio, la energía cósmica, el infinito y el espíritu que anima todo.

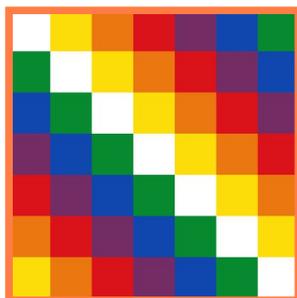


Fig. 12. Bandera wiphala, empleada por diversos pueblos indígenas en Sudamérica

Hay refranes y dichos populares que hacen referencia a los colores del cielo. En general asocian atardeceres rojos con buen tiempo, y amaneceres rojos con mal tiempo. Por ejemplo

- *“Sol poniente el cielo grana, buen tiempo para mañana”; “Cielo rojo al amanecer, es que ha de llover”;*

- *“Red sky at night, delight; red sky in the morning, take warning”;*

- *“朝霞不出门，晚霞行千里”*
 - *“Rouge couchant, demain beau temps”.*
“Temps rouge au matin, met la pluie en chemin”

- *“Sol vermelho no poente, esta noite boa e a manhã excelente”.* *“Manhã ruiva, ou vento ou chuva”.*

- *“Al atardecer decís que va a hacer buen tiempo porque está el cielo arrebolado; y por la mañana, que hoy habrá tormenta porque el cielo está rojizo y sombrío”* (Mt, 26, 2-3).

Los egipcios veían a los babuinos situarse frente al sol naciente para entrar en calor por la mañana e interpretaron su comportamiento como una bienvenida al sol. Los gritos y aullidos de los babuinos se interpretaban como una señal religiosa, un saludo al dios Ra (Fig. 13 y 14)[4]. El color

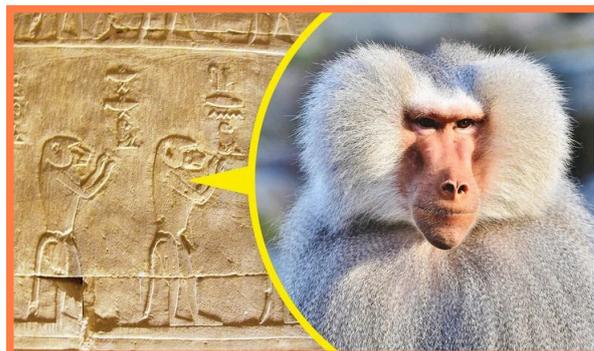


Fig. 13: El babuino hamadryas tenía el rostro de color rosado como el Sol naciente.

rosado de la faz, nalgas y manos de estos primates se correspondía también con el colorido del sol naciente. Para conseguir los babuinos, los egipcios tenían que recorrer más de mil kilómetros llegando a lo que hoy es Etiopía y Somalia.



Fig. 14 Los babuinos saludaban al sol de la mañana ladrando. En relieves del antiguo Egipto se los representa levantando sus manos hacia el Sol.

DIA INTERNACIONAL DE LA LUZ 2025: LA PROPUESTA DE NASE

La participación en el proyecto consiste en hacer al menos dos de las actividades propuestas en este texto [2], y aportar 2 ó 3 fotos, alguna de ellas con los participantes. Además, se pueden añadir otras actividades e incorporar refranes o costumbres populares relacionadas con los colores del cielo.

Actividad 1: Dispersión en agua

Necesitamos la linterna de un teléfono celular, que da una luz blanca similar a la del Sol, un vaso alto transparente, agua y un poco de leche. Echamos algunas gotas en el vaso lleno de agua (aproximadamente 1 gota de leche por cada 50 ml de agua).

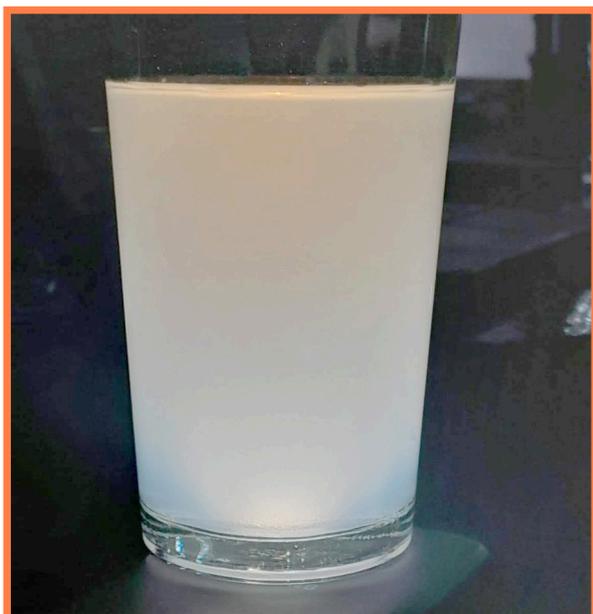


Fig. 15: La luz de la linterna que sale por el lado del vaso se ve azulada.



Fig. 16: La luz de la linterna que atraviesa el vaso se ve amarillenta.

Se pone el vaso sobre la linterna. Al mirar por los lados del vaso se ve una luz blanco-azulada (Fig. 15). Al mirar desde arriba, la luz se ve amarillenta (Fig. 16). Si se vacía el vaso poco a poco, el color de la luz irá cambiando. ¿Puedes explicar por qué?

Actividad 2: Dispersión en silicona

Necesitamos la linterna del móvil y una barrita de silicona de una “pistola de termofusión”, que se usa como pegamento en bricolaje. Las barritas deben ser casi transparentes y de unos 10 cm de longitud (Fig. 17). Colocamos la barrita sobre la



Fig. 17: Necesitamos una barrita de silicona de pegamento de termofusión.

linterna del móvil, y vemos cómo se dispersan enseguida los fotones azules, y la luz que queda es amarilla y más adelante solo roja (Fig. 18) [4].



Fig. 18: La luz blanca de la linterna se dispersa al pasar por la barra, como la luz del Sol en la atmósfera.

Actividad 3: Suma de colores

Hacemos tres tubos de cartulina negra, de unos 3 cm de diámetro y 5 cm de largo. Ponemos en el extremo de uno de los tubos un papel transparente rojo, en otro tubo papel transparente verde y en el tercero papel transparente azul (Fig. 19). A través de



Fig. 19: Necesitamos tres tubos con papel de celofán rojo, verde y azul, y la linterna de tres celulares.

ellos hacemos pasar la luz blanca de la linterna de tres teléfonos móviles, y proyectamos los tres colores en una pared blanca (o en el techo de la habitación) (Fig. 20) [5].

Si juntamos los 3 colores, vemos la luz blanca, propia del Sol (Fig. 20). Si quitamos la luz azul, la mezcla de luz verde y luz roja se ve amarilla, que es lo que ocurre en los atardeceres. Si el verde disminuye (por la presencia de aerosoles en la atmósfera), se ve naranja o incluso rojo.



Fig. 20: Al juntar los tres colores da el color blanco. Si queda solo el rojo y el verde, se ve luz amarilla.

Se podría fabricar un cuarto tubo con celofán amarillo, pero nos daría más luz amarilla, y por tanto no hace falta.

Referencias:

- [1] Space Place. NASA ciencia (2022). ¿Por qué el cielo es azul?
<https://spaceplace.nasa.gov/blue-sky/sp/>
- [2] Ros, R.M. (2017) 14 Pasos hacia el Universo.
<https://zenodo.org/record/8106460>
- [3] Gilderdale. M. (2016) No One Lights A Scene Like Mother Nature. <https://www.tiff.net/the-review/no-one-lights-a-scene-like-mother-nature/>
- [4] Dominy, N.J., Ikram, S., Moritz, G.L., Wheatley, P.V., Christensen, J.N., Chipman, J.W., Koch, P.L. (2020) Mummified baboons reveal the far reach of early Egyptian mariners. <https://doi.org/10.7554/eLife.60860>
- [5] Moreno, R. (2020) Actividades con la linterna del móvil, Nadir nº 37.
<https://apea.es/wp-content/uploads/Colores-de-las-estrellas.pdf>

ALFONSO X: UN LEGADO ASTRONÓMICO MUY SABIO



Rafael Bachiller

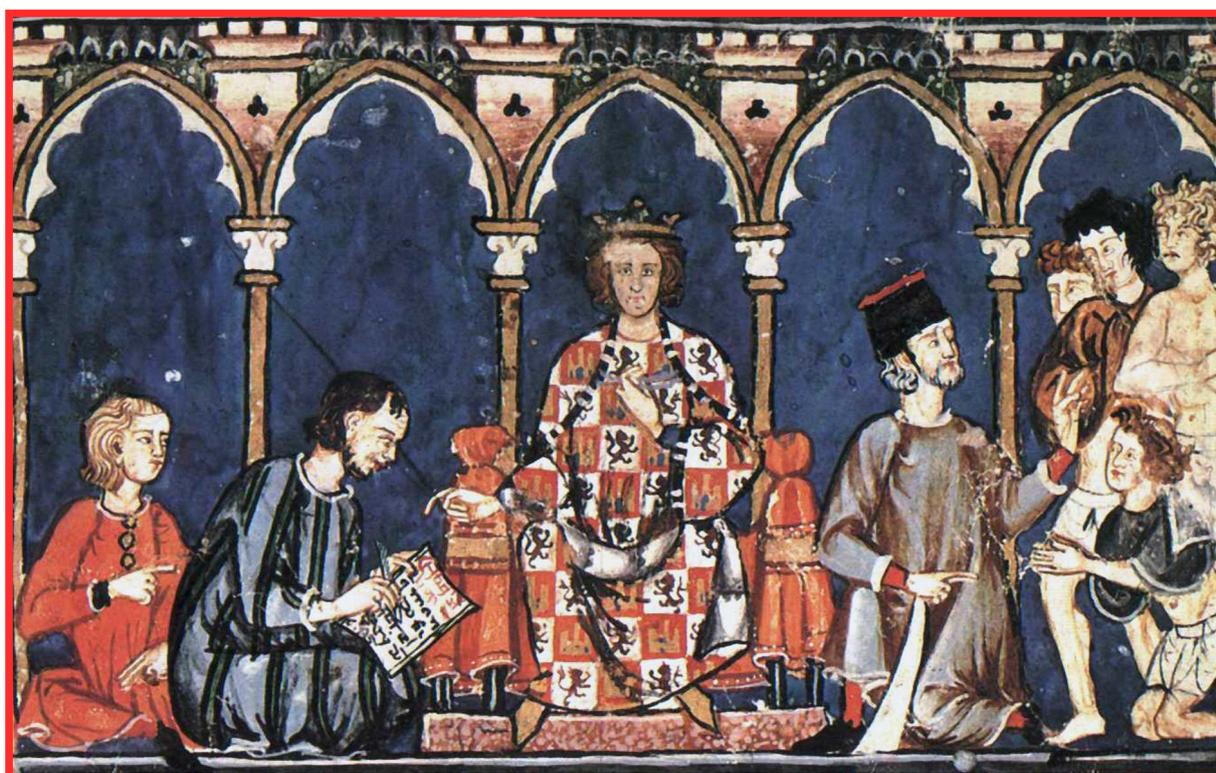


Fig. 1. Alfonso X el Sabio en *El libro de los juegos* (Wikipedia).

En 2021 se celebró el VIII centenario del nacimiento de Alfonso X el sabio. Con ese motivo, salió publicado el sábado 20 de noviembre de 2021 en el periódico *El Mundo* este artículo de Rafael Bachiller. Por su interés, lo reproducimos en Nadir, con permiso del autor.

Rafael Bachiller es astrónomo, académico de la Real Academia de Doctores de España, Director del Observatorio Astronómico Nacional y del Real Observatorio de Madrid (IGN).

¿A qué se debe que Alfonso X sea nuestro rey medieval más popular? Evidentemente no es debido a sus intensas campañas militares, ni a las agitaciones continuas a las que tuvo que hacer frente durante su reinado. Es la dimensión humanista de su figura, su amplio interés por las artes y las ciencias, lo que hace de Alfonso un personaje único en los oscuros tiempos medievales.

Resulta pues interesante preguntarse de dónde le vino a Alfonso este interés por la cultura y la ciencia. Y ello nos remite inmediatamente a su madre, Beatriz de Suabia, una mujer excepcional. La hija de Felipe de Suabia, emperador de Alemania, y nieta de Federico I Barbarroja, fue a su vez educada por su primo Federico II Hohenstaufen, emperador del Sacro Imperio Romano Germánico y una de las figuras más sorprendentes de la historia universal. Conocido como *stupor mundi* (asombro del mundo), este emperador heterodoxo fue también el creador y uno de los escritores más representativos de la escuela poética siciliana, autor de libros de temática muy variada y fundador de la Universidad de Nápoles en 1224.

Fue Federico II quien autorizó la boda de Beatriz con Fernando III el Santo en Burgos en 1219. Y fue la amplísima cultura de Federico II la que, a través de Beatriz, sería transmitida al príncipe Alfonso quien, mucho antes de ser coronado rey, ya componía cantigas e himnos y realizaba traducciones al romance. Así pues, cuando pensamos en la obra de Alfonso X, Beatriz de Suabia merece recuerdo y reconocimiento como artífice de la educación de nuestro gran monarca.

Es natural que Alfonso se interesase por la astronomía, una ciencia de gran tradición en el Toledo de la época gracias a la labor

previa de los sabios andalusíes que, según las creencias de aquellos tiempos, podía servir para predecir el futuro. En Toledo, Gerardo de Cremona tradujo al latín la *Sintaxis* de Ptolomeo, a partir de un texto árabe que vino a buscar desde Italia. Esta obra capital de Ptolomeo, que pasó a la posteridad con el título que le dieron los musulmanes, *Almagesto* (La más grande), contenía la descripción de las constelaciones clásicas, instrucciones para el manejo del astrolabio y, sobre todo, la concepción cosmogónica que imperaría durante 15 siglos y que situaba a la Tierra en el centro del universo.

Alfonso X reunió en Toledo a un grupo variopinto de sabios compuesto por cinco judíos, un musulmán converso al cristianismo, cuatro cristianos españoles y

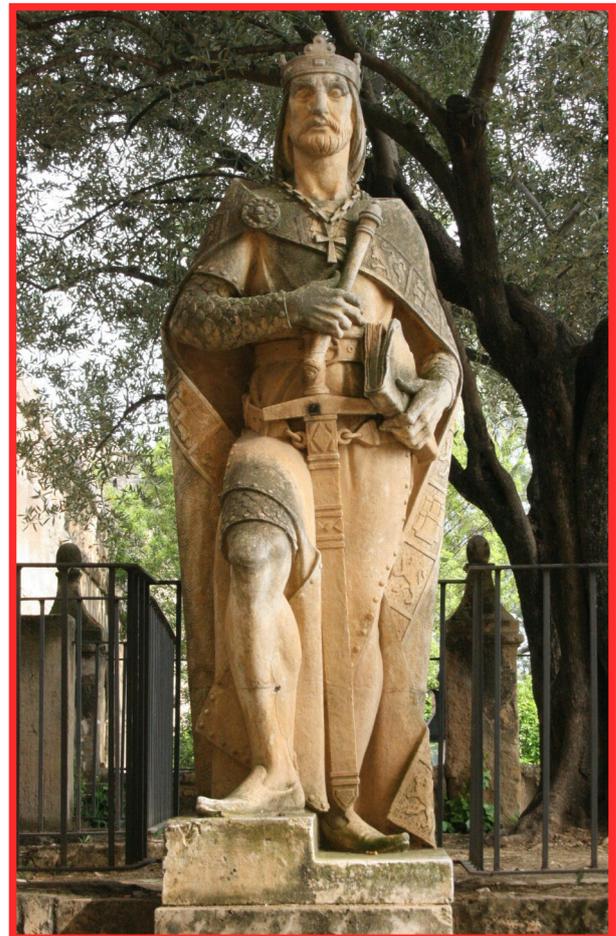


Fig. 2. Estatua de Alfonso X en el Alcázar de Córdoba (Wikipedia).

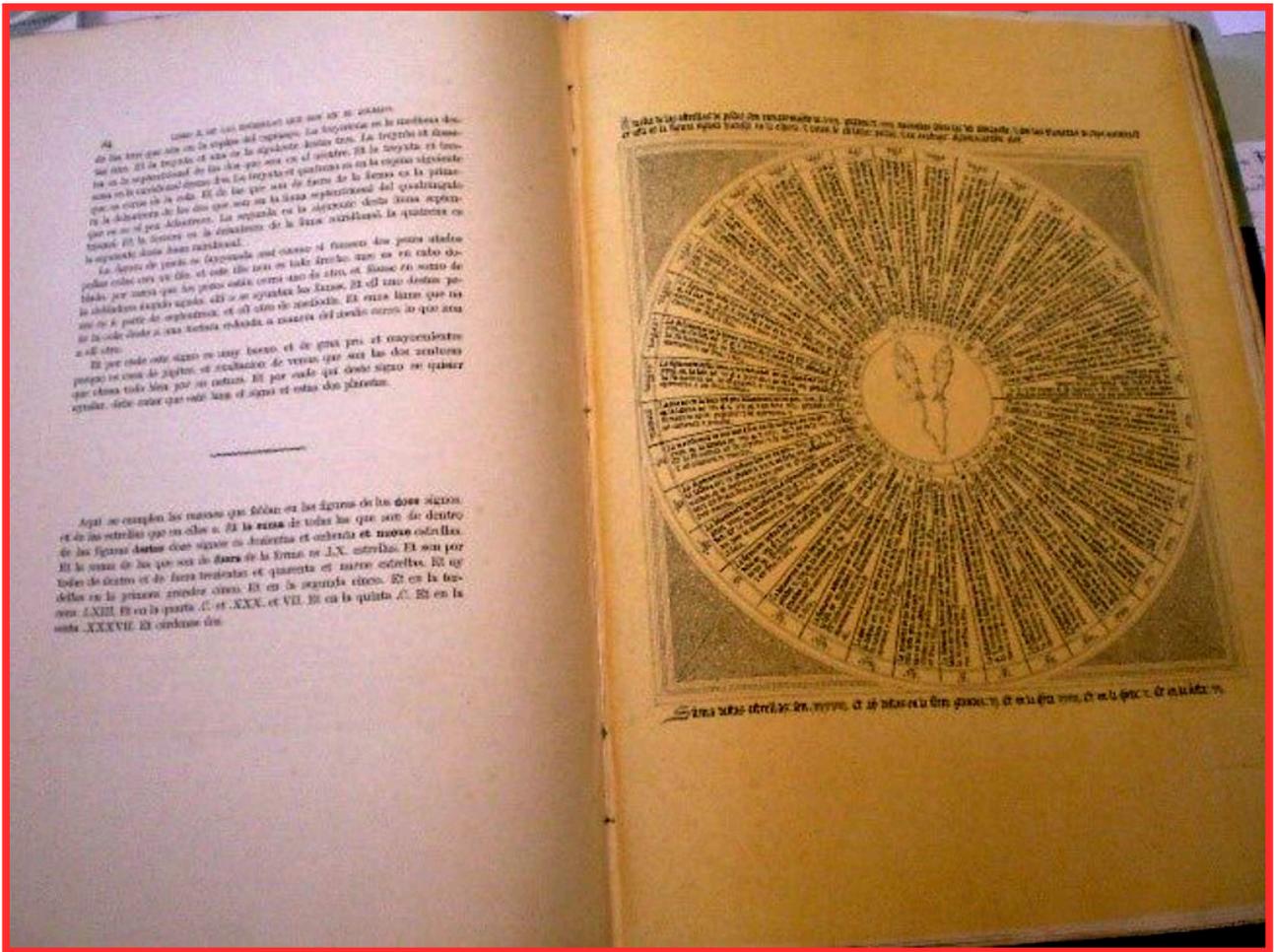


Fig. 3. Libros del saber de astronomía del Rey D. Alfonso X de Castilla, compilados, anotados y comentados por Miguel Rico y Sinobas, tipografía de Eusebio Aguado, Madrid, 1867, Biblioteca del Museo Naval de Madrid.

cuatro italianos. Estos 14 sabios, entre los que destacaron los judíos *Yehudá b. Moshé* e *Issac b. Sid* (o *Rabiçag*) emprendieron la colosal labor de traducir y estructurar todo el legado astronómico clásico que había sido conservado y ampliado por los musulmanes desde siglos atrás.

Así se compusieron los fascinantes Libros del Saber en astrología, un compendio de 16 obras que puede considerarse como una auténtica enciclopedia ilustrada de la astronomía de la época. Como gran novedad, los libros fueron escritos en romance castellano, una lengua que no tenía la versatilidad del latín o del árabe y que quizás limitó la difusión de esta magna obra por toda Europa. Pero, como contrapartida, la

utilización del castellano en las obras de Alfonso X contribuiría, de manera decisiva, a incrementar la influencia de esta lengua y a su confirmación a nivel nacional.

Se conservan 16 manuscritos de los Libros del Saber. A partir de ellos, Manuel Rico y Sinobas, en 1867, realizó el alarde de reconstruir la totalidad de la obra en una monumental edición en cinco volúmenes que comprende 1.659 páginas. Quizá para acentuar su carácter científico, Rico y Sinobas modificó el título de los libros sustituyendo el término astrología por astronomía.

El primero de los Libros del Saber, conocido como La Octava Esfera, contiene una descripción pormenorizada, estrella por estrella, de las constelaciones de Ptolomeo.

El texto se apoya en unas ilustraciones muy llamativas, en forma de ruedas, en las que las figuras de las constelaciones aparecen rodeadas por comentarios sobre cada una de las estrellas.

Los otros 15 libros pueden ser divididos en dos grupos. Un grupo de cinco libros se refiere a la medida del tiempo, ahí se incluyen instrucciones para construir y manejar diferentes tipos de relojes: de sol, de agua (clepsidras alfonsíes), de mercurio y de velas. También hay una descripción de un curioso edificio denominado Palacio de las Horas concebido como auténtico reloj de sol mediante unas aperturas en el techo y las paredes.

El otro grupo de 10 libros se refiere a la descripción de instrumentos de observación astronómica. Entre ellos destacan los dedicados a diferentes tipos de astrolabios (esféricos, llanos

y universales) y, de estos, sobresalen los dos libros dedicados a la lámina universal y a la azafea. La azafea fue un innovador tipo de astrolabio universal (servía para todas las latitudes) que fue inventado por Azarquiel en el S. XI en Toledo. Este astrónomo andalusí, posiblemente el más ilustre de los astrónomos de la historia de España, también elaboró unas tablas astronómicas que fueron utilizadas durante siglos en toda Europa.

Los astrolabios son muy versátiles para señalar las posiciones de las estrellas, pero no son instrumentos útiles para predecir las posiciones de los planetas, algo que era fundamental para las aplicaciones astrológicas que Alfonso X deseaba dar a las observaciones del cielo. En el complejo



Fig. 4. Tabulae astronomice divi Alfonsi regis Romanorum et Castellae. Venetijs Petri Liechtenstein, 1518. Biblioteca del Museo Naval de Madrid.

estudiante polaco, llamado Nicolás Copérnico, las conociese mientras estudiaba en Cracovia. Copérnico utilizaría los datos alfonsíes (también los de Azarquiel) para llegar a formular la teoría heliocéntrica que, al desplazar a la Tierra del centro del universo, supondría una conmoción tanto en la historia de la astronomía como en la de las ideas en general.

La nueva concepción del hombre y el mundo que produjo el Renacimiento fue solamente posible gracias a la herencia de la cultura y de la ciencia clásicas transmitida por la paciente labor de conservación y traducción llevada a cabo por sabios musulmanes y por cristianos que trabajaron durante largos y oscuros años en los monasterios. En esta labor, el scriptorium de Alfonso X en Toledo jugó un papel fundamental. Alfonso X fue pues un monarca

que anticipó el Renacimiento, una figura ilustrada en toda la amplitud del término.

Son muy oportunas las celebraciones de este octavo centenario; ello contribuye a no olvidar a nuestros grandes personajes, ni los capítulos más importantes de nuestra historia. Como bien decía Julián Marías: «Es muy grave el olvido de la historia, o su deformación, porque la realidad siempre se venga del que no cuenta con ella». En el Capitolio, en Washington, un bajorrelieve en mármol de Alfonso X lo sitúa entre los 23 mayores legisladores del mundo (por las Siete Partidas). Los astrónomos lo hemos premiado de la mejor manera que sabemos: nombrando a un asteroide (el Alfonsina) y a un gran cráter en la Luna (Alphonsus). Y allí, entre los cráteres dedicados a Ptolomeo y a Azarquiel, pretendemos que permanezca para siempre la memoria de uno de los mayores personajes de nuestra historia.

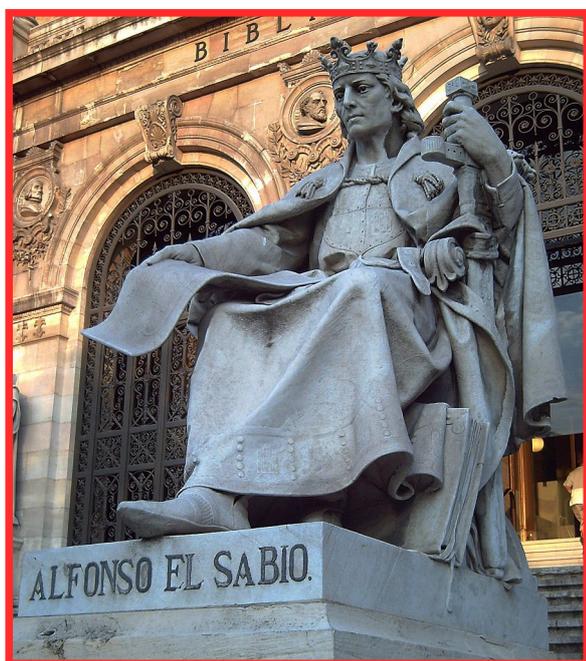


Fig. 6: Alfonso X en el Museo del Prado
(Foto: José Alcoverro).

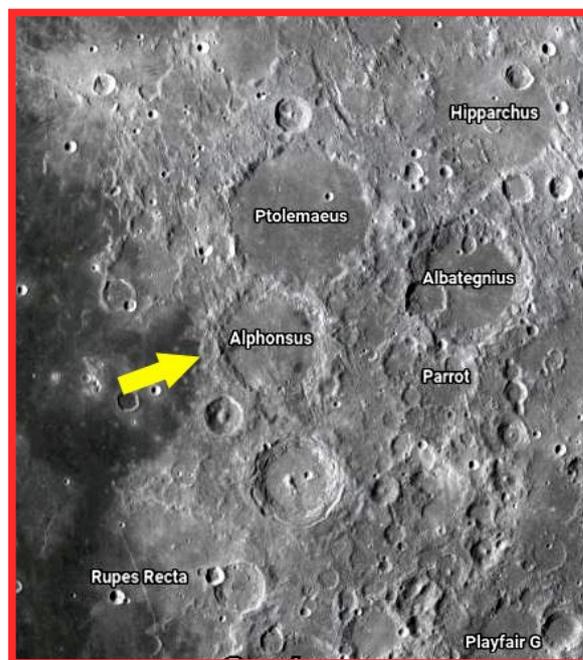


Fig. 7. Cráter Alphonsus en la Luna (Google Maps).

EL ECLIPSE TOTAL DE SOL EN ESPAÑA DEL 12 DE AGOSTO DE 2026



Joaquín Álvaro

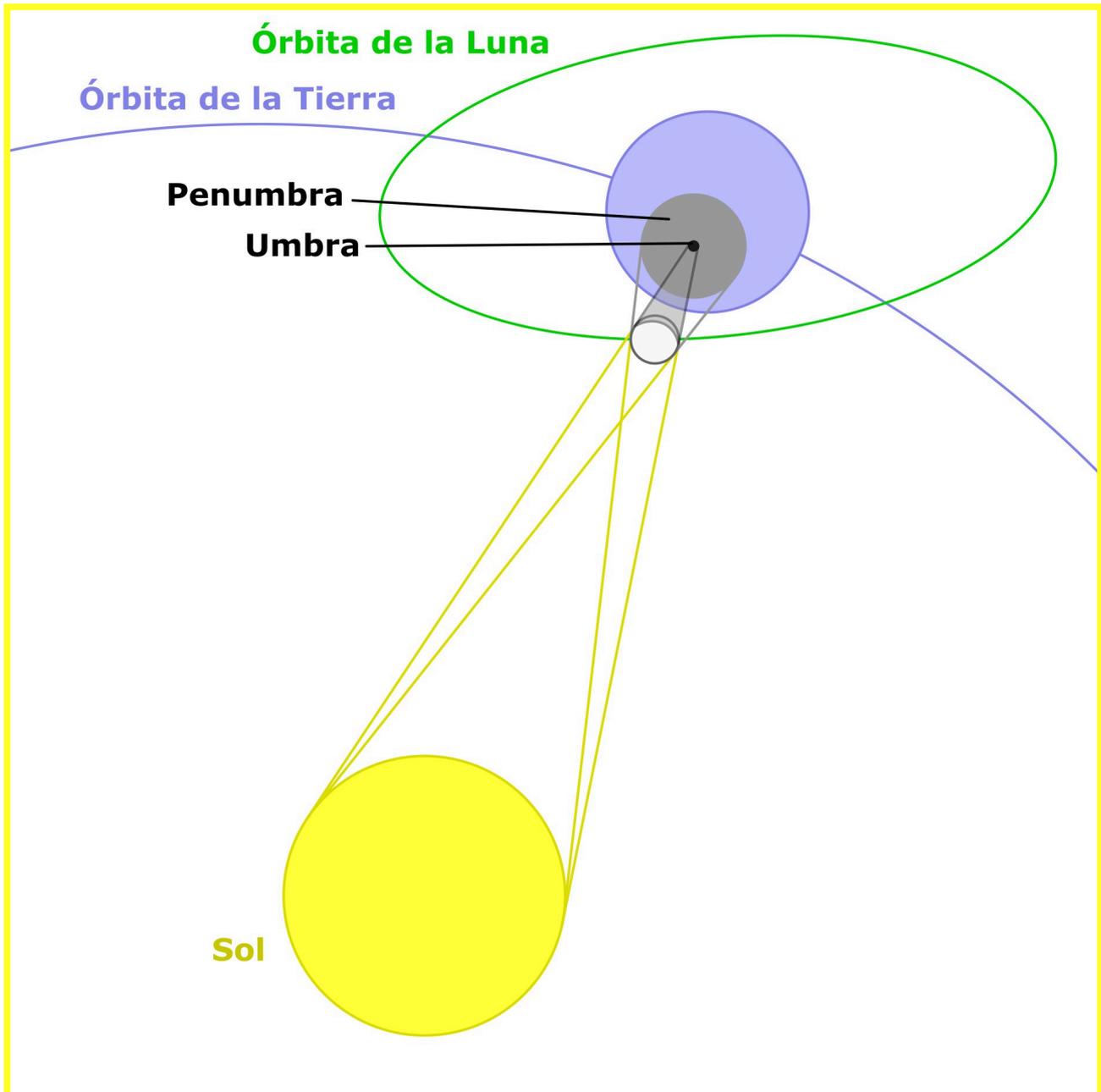


Foto: Cortesía de NASA/Gopalswamy. Imagen de la corona solar durante un eclipse total de Sol.

El autor de este artículo es Presidente de la Federación de Asociaciones Astronómicas de España (FAAE), y Miembro de la Comisión Nacional del Eclipse (CNE). En este artículo plantea los retos y las oportunidades que supondrá el próximo eclipse, que llevan implícitas importantes implicaciones y problemas que habrá que prever y afrontar para acoger a toda la gente que va a venir.

Por una de esas circunstancias que la mecánica celeste depara con el rigor de sus leyes, pero que además resulta realmente excepcional en este caso, durante tres años seguidos tendremos en España dos eclipses totales de sol y uno anular.

Un eclipse total de sol está considerado como el número 1 en el ranking de los espectáculos de naturaleza astronómica que se pueden contemplar. Realmente es algo más que un espectáculo, es una auténtica experiencia personal que impacta directamente en el acervo de nuestras vivencias.



De Sagredo - Trabajo propio, Dominio público, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3653837>

Durante el tiempo, (escaso, apenas unos pocos minutos), que la Luna nos oculta completamente el Sol, se tiene la oportunidad de contemplar la corona solar: capa más externa del Sol, compuesta de plasma y que se extiende más de un millón de kilómetros desde la cromosfera; con una densidad mil millones de veces inferior a la de la atmósfera terrestre a nivel del mar y una temperatura de un millón de grados. En los momentos inicial y final de la fase de totalidad, también se observan las llamadas 'perlas de Baily', cadena de puntos brillantes causados por la luz solar que brilla a través de las montañas lunares.

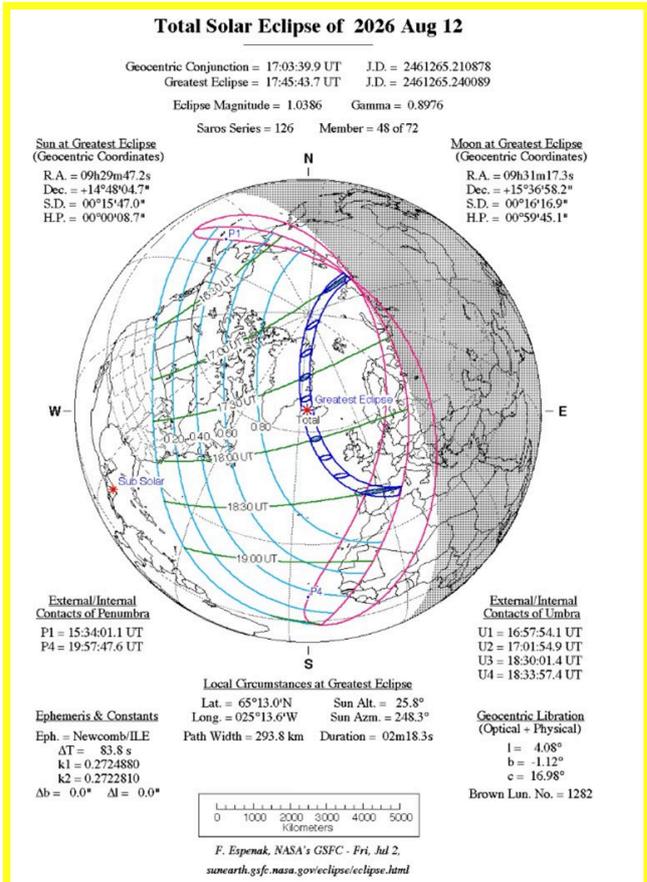
El primero de estos tres eclipses tendrá lugar el 12 de agosto de 2026. Le seguirá un nuevo eclipse total el 2 de agosto de 2027 y, finalmente, habrá un tercer eclipse el 26 de enero de 2028, aunque éste último será sólo un eclipse anular.

Es un hecho bastante insólito esto de encadenar tres eclipses de esta naturaleza en años consecutivos. El último eclipse total de Sol en España tuvo lugar hace más de un siglo.

Los movimientos relativos del sistema Sol-Tierra-Luna aunque a grandes rasgos resultan simples, si se entra en el detalle fino son bastante más complejos, y esto supone que los eclipses se distribuyan de una forma aparentemente aleatoria sobre la superficie de la Tierra.

Cada año hay un mínimo de dos eclipses de Sol, pero no siempre son totales y desde luego no suceden normalmente sobre un mismo territorio. Los cálculos para determinar con precisión el momento y trayectoria en que se producen son complejos.

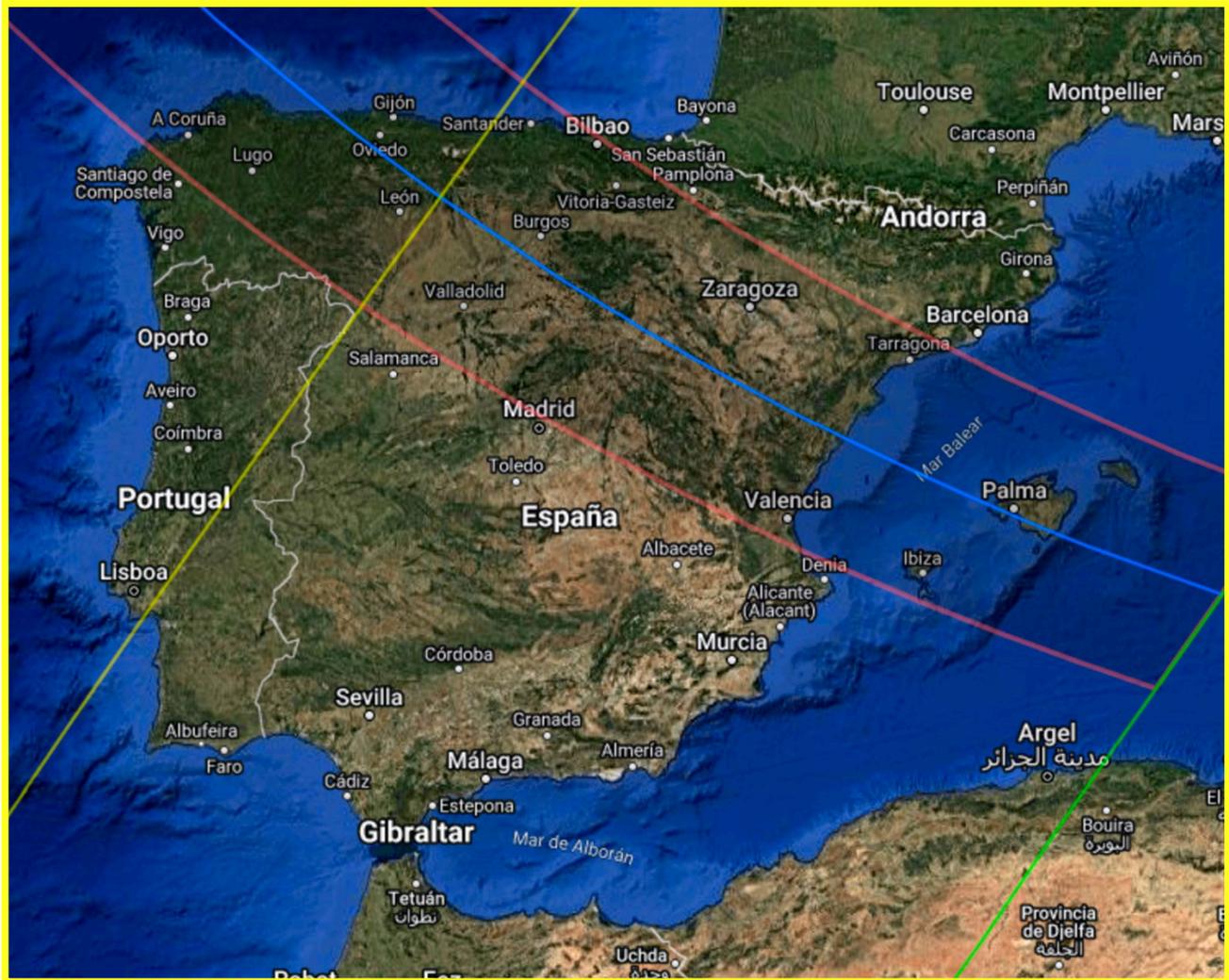
Solar Eclipses: 2021 - 2030						
Calendar Date <small>(Link to Global Map)</small>	TD of Greatest Eclipse <small>(Link to Animation)</small>	Eclipse Type <small>(Link to Google Map)</small>	Saros Series <small>(Link to Saros)</small>	Eclipse Magnitude	Central Duration <small>(Link to Path Table)</small>	Geographic Region of Eclipse Visibility
2021 Jun 10	10:43:06	Annular	147	0.943	03m51s	n N. America, Europe, Asia [Annular: n Canada, Greenland, Russia]
2021 Dec 04	07:34:38	Total	152	1.037	01m54s	Antarctica, S. Africa, s Atlantic [Total: Antarctica]
2022 Apr 30	20:42:36	Partial	119	0.640	-	se Pacific, s S. America
2022 Oct 25	11:01:19	Partial	124	0.862	-	Europe, ne Africa, Mid East, w Asia
2023 Apr 20	04:17:55	Hybrid	129	1.013	01m16s	se Asia, E. Indies, Australia, Philippines, N.Z. [Hybrid: Indonesia, Australia, Papua New Guinea]
2023 Oct 14	18:00:40	Annular	134	0.952	05m17s	N. America, C. America, S. America [Annular: w US, C. America, Colombia, Brazil]
2024 Apr 08	18:18:29	Total	139	1.057	04m28s	N. America, C. America [Total: Mexico, c US, e Canada]
2024 Oct 02	18:46:13	Annular	144	0.933	07m25s	Pacific, s S. America [Annular: s Chile, s Argentina]
2025 Mar 29	10:48:36	Partial	149	0.938	-	nw Africa, Europe, n Russia
2025 Sep 21	19:43:04	Partial	154	0.855	-	s Pacific, N.Z., Antarctica
2026 Feb 17	12:13:05	Annular	121	0.963	02m20s	s Argentina & Chile, s Africa, Antarctica [Annular: Antarctica]
2026 Aug 12	17:47:05	Total	126	1.039	02m18s	n N. America, w Africa, Europe [Total: Arctic, Greenland, Iceland, Spain]
2027 Feb 06	16:00:47	Annular	131	0.928	07m51s	S. America, Antarctica, w & s Africa [Annular: Chile, Argentina, Atlantic]
2027 Aug 02	10:07:49	Total	136	1.079	06m23s	Africa, Europe, Mid East, w & s Asia [Total: Morocco, Spain, Algeria, Libya, Egypt, Saudi Arabia, Yemen, Somalia]
2028 Jan 26	15:08:58	Annular	141	0.921	10m27s	n N. America, C. & S. America, w Europe, nw Africa [Annular: Ecuador, Peru, Brazil, Suriname, Spain, Portugal]
2028 Jul 22	02:56:39	Total	146	1.056	05m10s	SE Asia, E. Indies, Australia, N.Z. [Total: Australia, N. Z.]
2029 Jan 14	17:13:47	Partial	151	0.871	-	N. America, C. America
2029 Jun 12	04:06:13	Partial	118	0.458	-	Arctic, Scandinavia, Alaska, n Asia, n Canada
2029 Jul 11	15:37:18	Partial	156	0.230	-	s Chile, s Argentina
2029 Dec 05	15:03:57	Partial	123	0.891	-	s Argentina, s Chile, Antarctica
2030 Jun 01	06:29:13	Annular	128	0.944	05m21s	Europe, n Africa, Mid East, Asia, Arctic, Alaska [Annular: Algeria, Tunisia, Greece, Turkey, Russia, n. China, Japan]
2030 Nov 25	06:51:37	Total	133	1.047	03m44s	s Africa, s Indian Oc., E. Indies, Australia, Antarctica [Total: Botswana, S. Africa, Australia]



Hay una regularidad con un periodo de 18 años, 11 días y 8 horas que definen lo que se llama un 'ciclo saros' y con esta periodicidad se repetiría un eclipse similar a otro de la misma serie. Pero esas 8 horas de exceso sobre el día completo provocan que la Tierra haya rotado unos 120° más respecto al eclipse anterior de la misma serie, por lo que la localización del mismo sobre la superficie terrestre difiere de uno a otro. Cada ciclo Saros presenta un promedio de 42 eclipses de Sol, (14 parciales y 28 centrales -anulares o totales-) y 42 eclipses de Luna (14 penumbrales, 14 parciales y 14 totales). Los ciclos Saros evolucionan: nacen y mueren, pero el número de 'nacimientos' y 'muertes' no se compensa. La riqueza del Saros evoluciona con un periodo de 590 años. La duración de un Saros es de unos 1.200 años.

El Eclipse de 2026 – Visible desde Cuenca^[1] en su fase de totalidad

El 12 de agosto de 2026 tendremos la oportunidad de asistir desde buena parte de la provincia de Cuenca, (capital incluida), a la contemplación de un eclipse total de Sol. El eclipse será total entre las 20:32:00 y las 20:32:54 h (hora local) en Cuenca capital. Tendrá por tanto una duración de 54 segundos. La fase de eclipse parcial comenzará a las 19:37:18 h y terminará a las 21:24:11 h, aunque el Sol se habrá puesto por el horizonte a las 21:10 h, lo que significa que no veremos el final de la fase parcial.



Eclipse total de Sol – 12.08.2026 – Fase de totalidad recorriendo la mitad norte de España, remarcada entre las dos líneas rojas. En la zona central de esta banda, (línea azul), la duración de la fase de totalidad es máxima. Mapa interactivo con detalles para cada punto: http://xjubier.free.fr/en/site_pages/solar_eclipses/TSE_2026_GoogleMapFull.html

Si nos movemos desde Cuenca capital hacia el norte, la duración de la fase de totalidad será mayor. Por ejemplo en Beteta: 1 min y 30 seg, en Molina de Aragón: 1 min y 39 seg, en Almazán (Soria) ya en la línea de máxima duración: 1 min y 43 seg.

[1] Se incluye aquí la referencia a Cuenca por ser la sede de los Encuentros ApEA 2026 en fechas previas a este eclipse, pero en el mapa interactivo de la figura en esta misma página se puede seleccionar cualquier otra ubicación.

40° 04' 43.70" N <-> 40.07881°	0m 54.8s (total solar eclipse)	Help					
2° 08' 15.67" W <-> -2.13769°	0m 54.4s (lunar limb corrected)						
942.0m (3091ft)		Magnitude at maximum : 1.00254 Moon/Sun size ratio : 1.03238					
Umbral depth : 15.66% (21.7km) 116.8km (72.6mi)							
Path width : 276.9km (172.1mi)							
Obscuration : 100.00%							
Event ($\Delta T=75.4s$; alt.=942m)	Date	Time (UT)	Alt	Azi	P	V	LC
Start of partial eclipse (C1)	2026/08/12	17:37:18.5	+16.3°	275.8°	300°	03.6	
Start of total eclipse (C2)	2026/08/12	18:32:00.1	+06.0°	284.3°	175°	07.8	+0.1s
Maximum eclipse (MAX)	2026/08/12	18:32:27.6	+05.9°	284.4°	028°	12.7	
End of total eclipse (C3)	2026/08/12	18:32:54.9	+05.9°	284.4°	240°	05.6	-0.3s
Sunset (SET)	2026/08/12	19:10	-00.8°	290.2°		19.00%	
End of partial eclipse (C4)	2026/08/12	19:24:11.4*	-03.5°	292.6°	116°	09.7	

Detalle – datos del eclipse para Cuenca capital.

- Retos y oportunidades

Un evento como éste supone también todo un reto logístico para el país en el que se produce. La globalización y las facilidades para moverse por este mundo en el que vivimos, nada comparables a las de hace un siglo -fecha poco más o menos del último eclipse total de sol en España- supondrá además que el turismo asociado a los 'cazadores de eclipses' presente a su vez problemas de logística a resolver en múltiples frentes. Contemplar con la suficiente antelación los diferentes entornos de impacto es algo necesario y, dadas las fechas, algo que ya debe ocupar a diferentes instituciones y colectivos con objeto de evitar un caos inevitable de otra forma.

En la actualidad los desplazamientos masivos, (hablamos de millones de personas), para contemplar los eclipses totales de Sol son habituales.

ECLIPSE TOTAL DE SOL 30 AGOSTO 1905

SIGÜENZA. — Vista de la población durante la totalidad del eclipse

ENTRE los puntos de España de la zona de totalidad del reciente eclipse, uno de los más concurridos por los forasteros fué sin duda alguna Sigüenza, debido á su proximidad á Madrid y á la facilidad de comunicaciones.

Entre los que allí fueron á presenciar el fenómeno figuran los ministros de Estado y Guerra, y el de Agricultura que los esperaba en Sigüenza con el alcalde y el gobernador de la provincia de Guadalajara, y los invitó á almorzar en su posesión de la Huerta del Obispo.

La gente se repartió por los accidentados alrededores de la población.

A la una y diez desapareció la esfera luminosa del sol, quedando en torno de la luna una aureola radiada. El paisaje quedó envuelto en una luz escasa que recordaba la del alba. La temperatura descendió notablemente. Los pájaros y aves de corral buscaban sitio donde guarecerse, creyendo que había llegado la hora del descenso.

La gente regresó á Madrid en cinco trenes, desde las 7 y 45 hasta las 12 y media de la noche.



Adeanos observando el eclipse en una de las calles de Sigüenza

FOTO: JIMENO MUÑOZ, FOLIO ALONSO

Ya en el eclipse de 1905, fueron poblaciones relativamente cercanas a las grandes ciudades, las que concentraron una mayor afluencia de 'forasteros'. Es el caso de Sigüenza, en la foto, 'debido a su proximidad a Madrid y a la facilidad de comunicaciones'

TRÍO DE ECLIPSES 26-27-28

Comisión Nacional del Eclipse

Un grupo de trabajo de la Comisión Nacional de Astronomía



Con este horizonte, en el verano de 2023 la Comisión Nacional de Astronomía activó un grupo de trabajo denominado Comisión Nacional del Eclipse (CNE), cuyos objetivos son básicamente fomentar y coordinar las actividades relacionadas con los eclipses 26-27-28, así como desarrollar equipos de trabajo temáticos que atenderán cuatro áreas o aspectos fundamentales:

- Divulgación científica
- Educación.
- Turismo científico.
- Representación y coordinación con los Entes Estatales que deban ocuparse de la logística propia de los eventos de masas.

ECLIPSE TOTAL DE SOL EN EUROPA 11 AGOSTO 1999



El último eclipse total de Sol que tuvo lugar en la Europa continental fue el 11 de agosto de 1999; concentró millones de personas a lo largo de una franja que recorrió prácticamente toda Europa Central. Un eclipse de fácil observación por encontrarse el Sol alto en el cielo, por lo que básicamente fue observable desde cualquier punto situado en la zona de totalidad.

La CNE está compuesta por las personas que representan en este momento a Entidades significativas en el ámbito de la astronomía profesional y amateur, pero va integrando en sus diferentes grupos temáticos de trabajo a un mayor número de colaboradores procedentes de todas las instancias relevantes de la sociedad que puedan estar implicados directamente en las tareas y desarrollos necesarios para dar respuesta a los retos planteados.

UN DESAFÍO LOGÍSTICO



ESPACIOS DE OBSERVACIÓN



SUMINISTRO DE SERVICIOS BÁSICOS



PROTECCIÓN CIVIL / SERVICIOS DE EMERGENCIAS



RIESGO DE INCENDIOS



DAÑOS AL MEDIO AMBIENTE



Estos retos afectan directamente al movimiento de masas, (DGT, Protección Civil), servicios básicos y sanitarios, administraciones locales y medio ambiente, etc.,

Algo que debe preocupar especialmente es la seguridad de la población a nivel de la propia contemplación del eclipse. Mirar directamente al Sol sólo puede hacerse durante la fase de totalidad. Hacerlo antes o después, durante la fase de eclipse parcial, aunque sea mínima la superficie solar iluminada, producirá ineludiblemente daños irreparables en la retina de las personas que no estén protegidas con las gafas adecuadas.

- Se esperan millones de desplazamientos en las horas y días previos al acontecimiento. Lo peor puede ser la vuelta, hasta 15 horas de atasco en algunos eclipses recientes – problema de seguridad nacional involucrados Dirección General de Tráfico – Subdelegaciones del Gobierno de cada territorio afectado tienen que coordinar esta ‘Emergencia Nacional’.
- Buena parte del territorio por el que discurre la totalidad es la España despoblada – se carecen de infraestructuras hoteleras, de servicios de restauración, zonas de aparcamiento masivas, carreteras estrechas, zonas de protección medioambiental especial (Natura 2000, parques naturales o nacionales, etc.)
- La situación es comparable a tener que organizar una etapa del Tour de Francia que discurre prácticamente en el mismo día por todas las carreteras del territorio de la totalidad. En estas circunstancias habrá miles de visitantes que llegarán en caravanas a los que hay que dirigir a algún lugar de aparcamiento de una forma ordenada, conociendo aforos permitidos, y quizá, como se hace en el Tour de Francia, organizando a nivel de ayuntamientos, desplazamientos tipo lanzaderas en autobuses que transporten solo gente (y no vehículos) a lugares predeterminados de observación adecuados, para devolverlos luego al lugar de origen ordenadamente y no colapsar carreteras.
- Estos lugares deben tener garantizado el suministro de servicios básicos: agua (estamos en agosto!!), alimentos, WC, depósito de residuos para poder ser gestionados adecuadamente después del evento, etc..
- También planes de emergencia que involucren a agentes forestales, bomberos, ambulancias, protección civil, para poder garantizar la seguridad de millones de personas.
- No se puede olvidar el riesgo de incendios asociado a la concentración de personas en un entorno no urbano en muchos casos (con especial atención a lugares que requieren especial protección medio ambiental!) – se puede plantear limitar o incluso prohibir el acceso a determinadas zonas potencialmente muy peligrosas (nuevamente tener en cuenta que estamos en agosto, con posible riesgo de incendio extremo!)
- Necesitamos garantizar vías de evacuación rápidas (también para el acceso de vehículos de emergencia si fuera necesario)
- la última imagen (daños al medio ambiente) lo dice todo; sensibilización de la población a lo que se debe / no se debe hacer durante el evento será necesaria.

Concienciar a la población y proveer con antelación a millones de personas de gafas homologadas a tal fin es una tarea que debe ocupar tanto a las administraciones de todo tipo como a otras instituciones, asociaciones, colectivos y particulares.

La sociedad necesita ser informada de las medidas de seguridad necesarias para observar el Sol con la protección adecuada. No valen unas gafas de Sol, no valen radiografías o material no

**DISFRUTEN SIEMPRE CON
SEGURIDAD...**

validado adecuadamente. Importante el acopio y distribución de gafas de sol homologadas si no queremos tener importantes problemas de salud como consecuencia de la observación del sol. Estamos hablando de decenas de millones de gafas de sol probablemente, a distribuir previamente a la población. El Ministerio de Sanidad y las Consejerías de Sanidad deben también involucrarse. Los daños en la visión pueden ser irreversibles!

Un enorme desafío pero también una gran oportunidad. El eclipse de 2026 puede constituir un antes y un después en la promoción del turismo científico en nuestro país (un turismo en principio de calidad, con alto nivel de sensibilización medio ambiental). Por unos días estaremos en el foco mundial de la observación astronómica. Una oportunidad única para el desarrollo del astroturismo en la España despoblada.

También a nivel de divulgación, formación y educación. La Comisión Nacional del Eclipse está trabajando en diferentes programas educativos y formativos que, aprovechando estos eventos, acerquen la astronomía a colectivos diversos. Estos programas se deben concretar en acciones a llevar a cabo durante los meses previos a los eclipses.

No nos podemos olvidar de las posibilidades también de utilizar el eclipse como una oportunidad de promover la educación y la divulgación científica. Necesitamos promover cursos de formación del profesorado en el curso 2024-25, muy importante también para informar sobre los riesgos que tiene la observación del Sol, y las precauciones que hay que tomar, para evitar

**TAMBIÉN UNA GRAN
OPORTUNIDAD**

TRÍO DE ECLIPSES 26-27-28
Comisión Nacional del Eclipse

Un reto para el país y la colaboración de la comunidad astronómica

Eclipse total de Sol:

Retos y oportunidades:

- divulgación científica / educación
- turismo astronómico
- problemas logísticos

Comisión Nacional de Astronomía

TRÍO IBERICO DE ECLIPSES
2025 - 2027 - 2028

CNA

divulgación / formación

Intenso programa de acciones en los meses previos al eclipse

Recursos didácticos generados por:

- ESAC / IAU
- Red de Planetarios
- FAAE

Especial atención a los centros educativos

- CRFP

Cobertura en vivo de los eclipses

- ESA

daños irreversibles a la vista. Esta información los profesores la trasladarían a los alumnos durante el curso 2025-26, e indirectamente, los alumnos a sus familias empapando a toda la sociedad. Muy importante aprovechar la oportunidad para formar a la sociedad (nada mejor que un eclipse para desmontar las pseudociencias, incluyendo las teorías terraplanistas), y para despertar vocaciones STEM en la población infantil y juvenil, y especialmente en la población femenina. Esta formación debe ser inclusiva en todos los aspectos y se deberían hacer esfuerzos en esa dirección.

Ejemplo de uno de los proyectos en marcha, (junto a otros muchos de Ciencia Ciudadana que se llevarán a cabo). En éste se pretende lanzar una serie de sondas hasta una altura estimada de 30 Km con objeto de recoger y registrar datos atmosféricos, obtener imágenes de la evolución de la sombra en la fase de totalidad y algunos otros experimentos científicos durante el eclipse.

TRÍO DE ECLIPSES 26-27-28
Comisión Nacional del Eclipse

Un reto para el país y la colaboración de la comunidad astronómica

Eclipse total de Sol:

- evento de importancia científica
- auténtica experiencia personal
- "cazadores de eclipses"

Vistas únicas del Eclipse 2026

El eclipse desde un globo

aam
AGREGACIÓN ASTRONÓMICA DE MADRID

Federación de Asociaciones Astronómicas de España

asociación
ciencia
hespérides

asociación
ciencia
hespérides

GMA

Para saber más:

<https://eclipse-spain.es>

Agradecimientos:

Algunos de los contenidos presentados en esta publicación han sido elaborados por Pedro García Lario (Agencia Espacial Europea - ESA/ESAC)



ApEA, la Asociación para la Enseñanza de la Astronomía, nació en 1995 para acoger a todas las personas que se dedican a la enseñanza de la Astronomía en centros educativos, planetarios, museos de la ciencia, agrupaciones de aficionados y clubes de estudiantes.

ApEA engloba a todos los interesados en la enseñanza de todos los niveles educativos reglados -desde la enseñanza primaria hasta la universitaria- así como los no reglados.

También organiza reuniones de formación para sus socios y publica materiales de interés didáctico, como la presente revista.

Más información en www.apea.es

