

SI MUOVE

NÚMERO 28 - VERANO 2024-2025





CURSOS EN EL PLANETARIO

Hablemos del universo

Dra. Estefanía Coluccio Leskow

Cursos de astronomía para chicos y chicas de 7 a 11 años

Descubrir, observar y disfrutar el cielo

Diego Luis Hernández

Curso de observación del cielo para mayores de 15 años

Astronomía general

Lic. Mariano Ribas

Curso de introducción y actualización al conocimiento del universo

Astrofísica y exploración espacial

Dra. Estefanía Coluccio Leskow

Curso para chicos y chicas entre 12 y 15 años

SI MUOVE

NÚMERO 28 - VERANO 2024-2025

Revista de divulgación científica del Planetario de la Ciudad de Buenos Aires Galileo Galilei
Av. Sarmiento 2601 - C1425FGA - CABA
Teléfonos: 4772-9265 / 4771-6629

STAFF

EDITORA RESPONSABLE

ESTEFANÍA COLUCCIO LESKOW

DIRECTOR PERIODÍSTICO

DIEGO LUIS HERNÁNDEZ

DISEÑO GRÁFICO

ALFREDO MAESTRONI

SECRETARIO DE REDACCIÓN

MARIANO RIBAS

REDACTARON PARA ESTA EDICIÓN

DIEGO CÓRDOVA

GASTON GIRIBET

CARLOS COLAZO

ALEJANDRO AGOSTINELLI

CAMILA LAMBERT

COLABORACIONES

Karina Herrera, Alberto Russomando, Delfina Rosa, Pablo Laise, Mario Casco, Carlos Di Nallo, Guillermo Abramson, José Chambó, Víctor Bibé, Franco Meconi, Paula Hazembiler, Gerardo Ferrarino, Cyntia Olivera, Ximena Merelle Dherve, Roberto Solans, Alejandra Brusadin, Melisa Quintero.

AGRADECIMIENTOS

NASA, ESA, JAXA, Archivo General de la Nación, Administración de Parques Nacionales.

CORRECCIÓN

Walter Germaná, Natalia Jaoand.

FOTO DE TAPA

Eclipse anular de Sol del 2 de octubre.

Autor: Mariano Ribas (página 15).

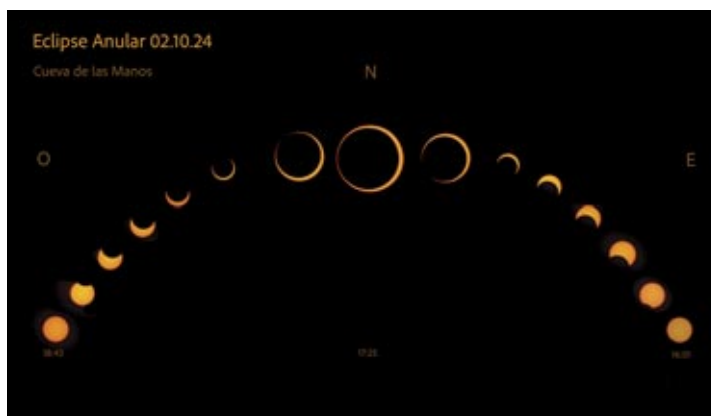
ISSN 2422-8095

Reservados todos los derechos. Está permitida la reproducción, distribución, comunicación pública y utilización, total o parcial, de los contenidos de esta revista, en cualquier forma o modalidad, con la condición de mencionar la fuente. Está prohibida toda reproducción, y/o puesta a disposición como resúmenes, reseñas o revistas de prensa con fines comerciales, directa o indirectamente lucrativos. Registro de la Propiedad Intelectual en trámite.



Ministerio de Cultura

JePe de Gobierno: Jorge Macri.
Ministra de Cultura: Gabriela Ricardes.
Subsecretaría de Gestión Cultural:
Alejandra Gabriela Cuevas.
GO del Planetario: Estefanía Coluccio Leskow.



Alejandra Brusadin

EDITORIAL

Damos por hecho que el Sol saldrá cada mañana y que la Luna siempre estará ahí, a veces más visible, a veces menos. Sabemos que giramos alrededor del astro rey y que nuestro satélite natural orbita la Tierra aproximadamente cada 28 días. Sin embargo, qué extraordinario es cuando la naturaleza nos regala un momento de asombro, una pausa para reflexionar sobre la maravilla de lo que solemos considerar evidente.

El 2 de octubre fuimos testigos de un fenómeno astronómico singular: un eclipse anular de Sol. En la provincia de Santa Cruz, donde la fase anular fue visible, esta experiencia fue un privilegio para los que pudimos viajar, y gracias a una colaboración entre el Planetario, el Ministerio de Cultura de la Ciudad y la Administración de Parques Nacionales, logramos transmitir al mundo un espectáculo único. Mientras tanto, en el Planetario Galileo Galilei, organizamos una verdadera celebración: el público compartió la emoción de ver la Luna desplazarse frente al Sol, mientras la Banda Sinfónica de la Ciudad de Buenos Aires acompañaba el acontecimiento y las imágenes de Santa Cruz se proyectaban en una pantalla gigante. Miles de personas se reunieron para observar el cielo, y juntos vivimos un momento de profunda conexión y fascinación.

Con iniciativas como esta, reafirmamos nuestro compromiso de ser un espacio donde convergen ciencia, tecnología y comunidad, ofreciendo experiencias que no solo inspiran, sino que también educan y celebran nuestro vínculo con el cosmos. Nos llena de entusiasmo cerrar el año con esta edición de Si Muove dedicada a ese día memorable, símbolo de nuestro esfuerzo por acercar las maravillas del universo al corazón de cada visitante. ¡Que la disfruten!

Dra. Estefanía Coluccio Leskow

Gerente Operativa del Planetario de la Ciudad de Buenos Aires Galileo Galilei.



Código QR



Página web / Correo electrónico
www.planetario.gob.ar
planetario@buenosaires.gob.ar

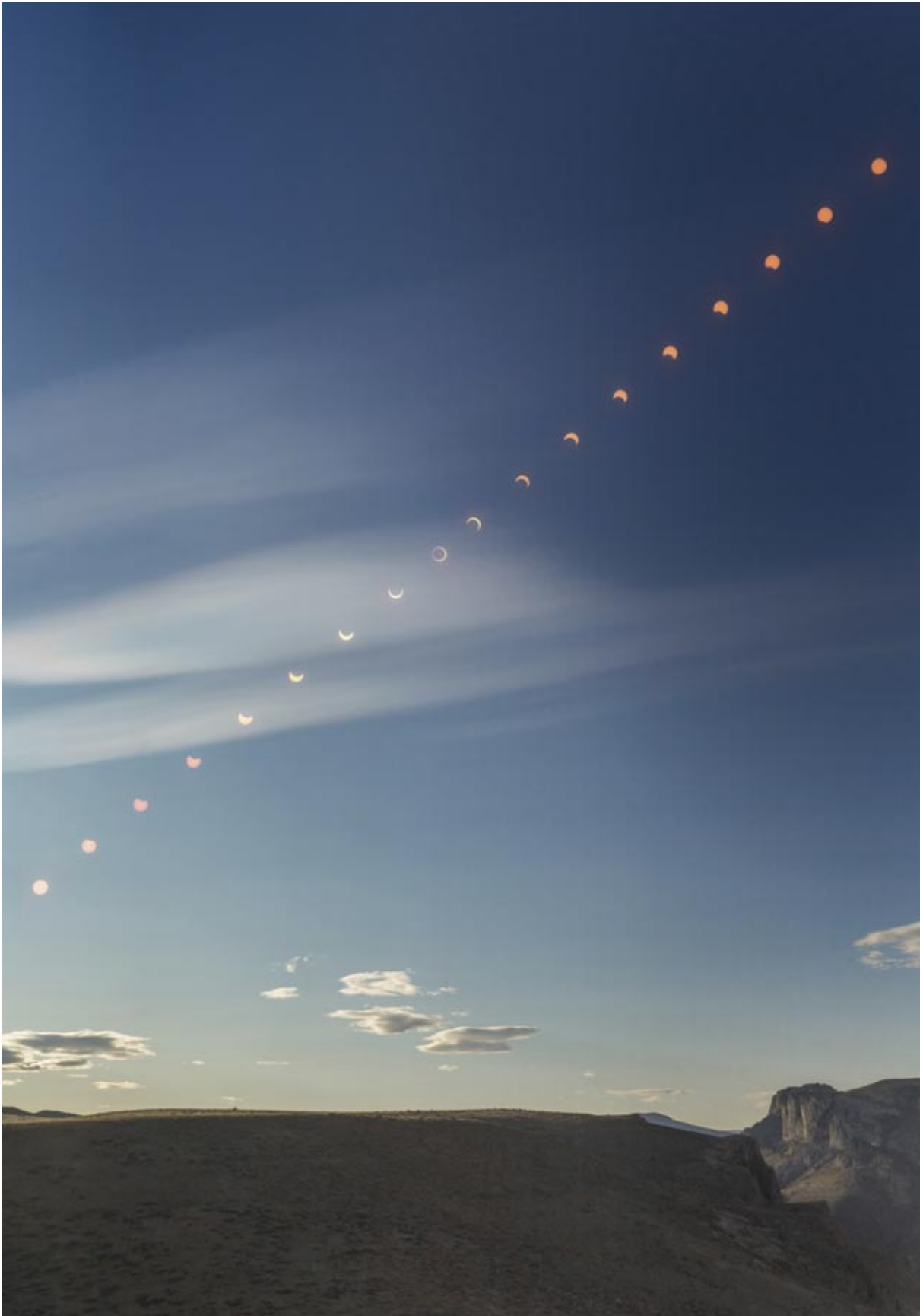


SUMARIO

- 03 Editorial.
- 06 El otro "medallero".
- 07 El cometa del año. C/2023 A3 (Tsuchinshan-ATLAS).
- 09 Eclipse anular de Sol del 2 de octubre de 2024.
- 16 Asteroides. Descubrimos un sistema binario eclipsante sincrónico.
- 20 Asteroides. ¿Destroyer?
- 24 Auroras australes. El resplandor II.
- 31 Eclipsito de Luna del 17-18 de septiembre de 2024.
- 33 Apolo 11. El día que la Luna rodó por Callao.
- 37 Astronáutica. El vuelo espacial tripulado más difícil de la historia.
- 41 Atención, basura espacial.
- 45 Física. Del otro lado del espejo.
- 49 De poeta y de astrónomo.
- 50 Ocultación de Saturno por la Luna.

33 El día que la Luna rodó por Callao.

09 Eclipse anular de Sol del 2 de octubre.



Franco Meconi

China vs. Estados Unidos

EL OTRO "MEDALLERO"



El medallero final de los Juegos Olímpicos París 2024 mostró en el primer puesto a Estados Unidos, con 40 oros y 126 medallas en total; y a China segundo (no, no fue Francia), con 40 oros también, pero con menos medallas en total: 91. Es solo una muestra subjetiva, porque cada deporte y cada país atraviesan diferentes realidades que no pretendemos analizar acá. Con la excepción de los juegos de Beijing 2008, en las últimas décadas el medallero final siempre fue liderado por EE.UU. Pero la paridad con China se ha ido achicando mucho y la lucha por la supremacía se asemeja a la que antes se daba entre EE.UU. y la Unión Soviética.

Por otro lado, en los últimos 11 años, los únicos alunizajes de naves 100 % exitosas fueron de las agencias de China (4 de 4) e India (1 de 2). Los chinos poseen un programa espacial como una rama de su esfera militar, una estructura vertical que no se discute. Arrastran exitosamente un antecedente de alunizajes automáticos casi sin tropiezos, con vehículos rodados en el polo sur de la Luna y en el lado oculto, y con retorno a la Tierra de muestras de suelo lunar. Además, el programa lunar tripulado chino, previsto para 2030, es mucho más simple que el ambicioso Artemis liderado por la NASA, cuya complejidad hace improbable un alunizaje en el mismo plazo. Por eso, para algunos expertos no hay dudas sobre quién será el próximo país en colocar seres humanos en nuestro satélite. Quizás, la única chance que tenga Estados Unidos de volver a ganar la carrera sea, como en la década del '60, poniendo gran parte de su PBI para llegar antes. Nadie está del todo seguro de que los taikonautas chinos llegarán antes a la Luna, pero la situación actual hace suponer que podría llegar a ser así. ■

1- Chang'e 3: primera misión china en lograr un alunizaje controlado, el 14 de diciembre de 2013, 37 años después de la última misión soviética, el Luna 24. **EXITOSA.**

2- Chang'e 4: segundo módulo lunar y explorador chino, que incorporó un orbitador, un módulo aterrizador robótico y un rover. Alunizó el 3 de enero de 2019. **EXITOSA.**

3- Beresheet: programa israelí. El 11 de abril de 2019, una falla en el módulo de aterrizaje provocó que se estrellara en la superficie lunar. **SE ESTRELLÓ.**

4- CH2 L: Chandrayaan-2, segunda misión de exploración india. Se estrelló cerca del polo sur lunar el 6 de septiembre de 2019. **SE ESTRELLÓ.**

5- Chang'e 5: alunizó el 1° de diciembre de 2020 y fue la

primera misión china que retornó con muestras (2 kilos) de suelo y rocas lunares, dos semanas después. **EXITOSA.**

6- OMOTENASHI: un pequeño módulo japonés de aterrizaje, parte de la misión Artemis 1 (NASA), lanzada en noviembre de 2022. No llegó a destino. **SE PERDIÓ.**

7- Hakuto-R: misión japonesa privada, cuyo objetivo era alunizar en abril de 2023. Se perdió la comunicación con el módulo de aterrizaje durante los últimos segundos de su descenso. **SE PERDIÓ.**

8- CH3 L: Chandrayaan-3. Tercera misión india. Llegó el 23 de agosto de 2023 cerca del polo sur de la Luna, mediante un módulo de alunizaje y un rover. **EXITOSA.**

9- Luna 25: módulo de aterrizaje ruso que falló tras perder comunicación con su nave el 20 de agosto de 2023. **SE ESTRELLÓ.**

10- Peregrine M1: misión de apoyo de Artemis, financiada por la NASA y la empresa privada *Astrobotic*, cuyo objetivo era aportar instrumental en la Luna. Se quemó en la atmósfera terrestre. **FALLÓ.**

11- SLIM: primera misión a la superficie lunar de la agencia japonesa JAXA. Aterrizó suavemente en enero de 2024, pero la sonda quedó invertida, los paneles solares no recibieron luz y, debido a eso, funcionó hasta abril y se perdió el contacto. **EXITOSA A MEDIAS.**

12- IM 1: programa estadounidense que llegó a la Luna, en febrero de 2024, después de medio siglo, tras el Apolo 17. Pero al aterrizar algo falló, la nave quedó tumbada y, tras seis días, no volvió a dar señales. **EXITOSA A MEDIAS.**

13- Chang'e 6: nave china que alunizó en la cara oculta el 25 de junio de 2024, recogió muestras del suelo lunar y las trajo a la Tierra. **EXITOSA.**

01 - 2013		Chang'e 3	
02 - 2019		Chang'e 4	
03 - 2019		Beresheet	
04 - 2019		CH2 L	
05 - 2020		Chang'e 5	
06 - 2022		Omotenashi	
07 - 2023		Hakuto-R	
08 - 2023		CH3 L	
09 - 2023		Luna 25	
10 - 2024		Peregrine M1	
11 - 2024		SLIM	
12 - 2024		IM 1	
13 - 2024		Chang'e 6	

C/2023 A3 (Tsuchinshan-ATLAS)

EL COMETA DEL AÑO

01

Mariano Ribas



Cada año pueden aparecer en el cielo varios cometas, provenientes de los confines del sistema solar. Pero salvo en rarísimas excepciones, la mayoría no logra verse a simple vista. En este caso, el C/2023 A3 (Tsuchinshan-ATLAS) resultó ser una sorpresa a medias. Fue muy promocionado por los medios y las redes como “el cometa del siglo”, pero apenas logró ser observado a simple vista; y con binoculares se vio fácilmente, lo que ya es mucho por tratarse de cometas.

02

Alejandra Brusadin

Todos los años aparece “el cometa del siglo”. Promocionado por los medios y las redes sociales, cualquier cometita puede resultar llamativo y generar un interés desmedido. No es que un cometa que se acerque lo suficientemente a la Tierra no sea un objeto y un fenómeno extraordinario, sino que mencionado así genera una expectativa exagerada que después los hechos no llegan a conformar.

De todas maneras, el C/2023 A3 (Tsuchinshan-ATLAS) era un cometa al que había que prestarle atención. Procede de la nube de Oort, fue descubierto independientemente desde el Observatorio Tsuchinshan, China, el 9 de enero de 2023, y por el programa de vigilancia ATLAS

01 *El cometa Tsuchinshan-ATLAS en el cielo de Buenos Aires, a las 5:40 del 28 de septiembre, con 5 segundos de exposición. Se llegaba a ver débilmente a simple vista, incluso algo de la cola, pero con binoculares era realmente impactante.*

02 *Imagen del cometa Tsuchinshan-ATLAS sobre la costanera de Buenos Aires, hacia el este, en el amanecer del 27 de septiembre.*





desde Sutherland, Sudáfrica, el 22 de febrero, cuando se encontraba a más de mil millones de km del Sol. Alcanzó su perihelio el 27 de septiembre de 2024, a 58,6 millones de km del Sol, y una máxima aproximación a la Tierra el 12 de octubre, a 70,7 millones de km.

Se estima que el núcleo del cometa tendría un tamaño aproximado de entre 2 y 5 km de diámetro, por lo que parecía poco probable que se fuera a desintegrar durante su aproximación al Sol. Otra curiosidad es que no se trata de un cometa periódico, ya que su órbita es parabólica, es decir, “abierta”, y no retornará nunca más a las cercanías del Sol. El núcleo, conformado por hielo, polvo y rocas, se calentó intensamente al acercarse al Sol, y eso generó una gran sublimación: gases y partículas incrementaron la coma (la “cabeza” que envuelve el núcleo) del cometa y desarrollaron una espectacular cola de plasma y polvo.

A fines de septiembre lo observamos al amanecer, incluso, en los cielos de las grandes ciudades como Buenos Aires, hacia el este y con cierta dificultad para detectarlo a simple vista. Con binoculares aparecía fácilmente, chiquito, pero con una larga y característica cola apuntando, como siempre, en dirección opuesta al Sol. Por supuesto, las fotografías constituyen una herramienta fascinante para detectar detalles sorprendentes, aunque no representan bien lo que se observa a simple vista.

Allí estuvo el cometa hasta principios de octubre, cuando la cercanía con el Sol impidió su observación durante unos días. Para no perderle pisada, recurrimos a las imágenes del satélite SOHO (*Solar and Heliospheric Observatory*), un proyecto de cooperación internacional entre la ESA y la NASA, que lo mostraban espectacular (imagen 04). No solo sobrevivía a su cercanía máxima con el Sol, sino que el tamaño y el brillo de su cabellera hizo generar

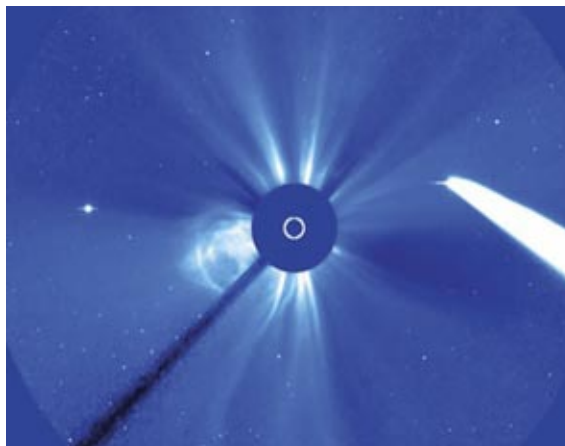
una expectativa aún mayor para, unos días después, cerca del 12 de octubre, comenzar a buscarlo al anochecer, hacia el oeste, tras la puesta del Sol.

La vuelta al Sol

Las nubes volvieron a jugarnos en contra, y desde el hemisferio norte llegaban fotos espectaculares. Una vez más, hay que recordar que lo que aparece en fotos, difícilmente sea la realidad a simple vista. De cualquier manera, no llegó a superar lo que se observaba antes de su perihelio, a fines de septiembre. Había que buscarlo, ahora, al anochecer y hacia el oeste, un poco corrido hacia el norte, bastante bajo sobre el horizonte. A medida que pasaban los días, aumentaba su altura sobre el horizonte y su separación con respecto al Sol. Su brillo iba disminuyendo paulatinamente y solo pudimos detectarlo utilizando binoculares.

Por ahora, a excepción del histórico McNaught de 2007, ninguno pasó de ser “el cometa del año”, como mucho. De todas maneras, estos objetos provenientes de los confines del sistema solar, que viajan hacia el interior durante cientos de miles de años para, luego de un paso cercano con el Sol, no regresar nunca más, nos siguen resultando fascinantes y nos proporcionan siempre datos para intentar completar la información acerca del origen y el funcionamiento de toda esta estructura en la que vivimos, llamada sistema solar. ■

04



03 Una imagen con mayor detalle y aumento en la que se aprecia la brillante cabeza del cometa, del 27 de septiembre, día del perihelio, a las 05:40.

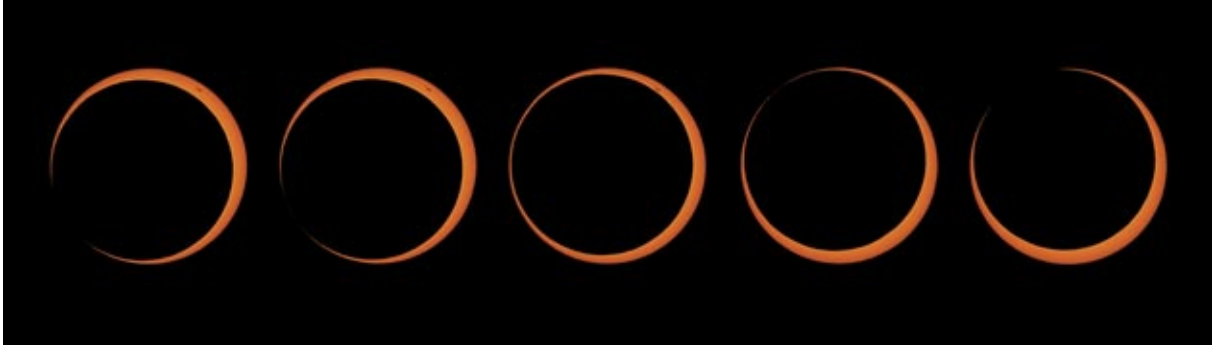
04 Imagen tomada el 8 de octubre de la página web del satélite SOHO, de la NASA y la ESA, en la que cada día se pueden ver fotos del Sol en diferentes longitudes de onda. A través de uno de sus variados instrumentos, LASCO investiga la física de la atmósfera solar desde hace casi 30 años. De manera secundaria, es de mucha utilidad para los aficionados para detectar cometas en las cercanías del Sol, algo que sería imposible de cualquier otra forma. El Sol está detrás de una máscara utilizada para que la radiación no incida sobre los instrumentos, y su posición real y su tamaño están representados por el círculo central blanco. El cometa es esa mancha estirada a la derecha. A la izquierda, lo más brillante es Mercurio.

Eclipse anular de Sol del 2 de octubre

GIRA MÁGICA Y MISTERIOSA

Evento declarado de interés por la Honorable Cámara de Diputados de la Nación.

01



Guillermo Abramson

Con motivo del eclipse anular de Sol del pasado 2 de octubre, se realizó un evento múltiple entre nuestro Planetario, la Administración de Parques Nacionales (APN), la Fundación Rewilding Argentina y la provincia de Santa Cruz, con el apoyo de la Secretaría de Turismo, Ambiente y Deportes de la Nación, y la participación de los municipios de Perito Moreno, Los Antiguos y la estancia La Ascensión (APN).

Viajar por nuestro país es una de las experiencias más enriquecedoras de las que podemos enorgullecernos como argentinos. La diversidad de paisajes, ambientes, culturas, flora, fauna, historia, prehistoria... Conocerlos y valorarlos es, además, fundamental para querer preservarlos.

Por otra parte, un eclipse es uno de los eventos más espectaculares de la naturaleza. Y cada vez que se acerca uno se nos presenta una excelente oportunidad para desarrollar nuestra principal actividad, la divulgación astronómica. A diferencia de los eclipses de Luna, que

pueden observarse en la mitad del mundo en la que es de noche, la mayoría de las veces hace falta viajar para "atrapar" la totalidad o la anularidad de un eclipse de Sol como este.

Las áreas protegidas de la región noroeste de la provincia de Santa Cruz fueron unos de los escenarios adonde llegar para encontrar la anularidad. Hacia el noroeste de Santa Cruz, el Parque Nacional Patagonia conserva, junto al Parque Provincial Cueva de las Manos y el Portal Cañadón del río Pinturas, un ambiente singular de la estepa patagónica caracterizado por altas mesetas basálticas, lagunas, humedales y profundos cañadones.

En este marco imponente, dos sitios se ofrecieron como puntos principales para la observación del eclipse: el sector La Ascensión, perteneciente al Parque Nacional Patagonia (APN), ubicado al pie de la meseta del lago Buenos Aires, y diversos espacios dentro del sector Cañadón del río Pinturas, que contiene uno de los accesos

02

Walter Germaná

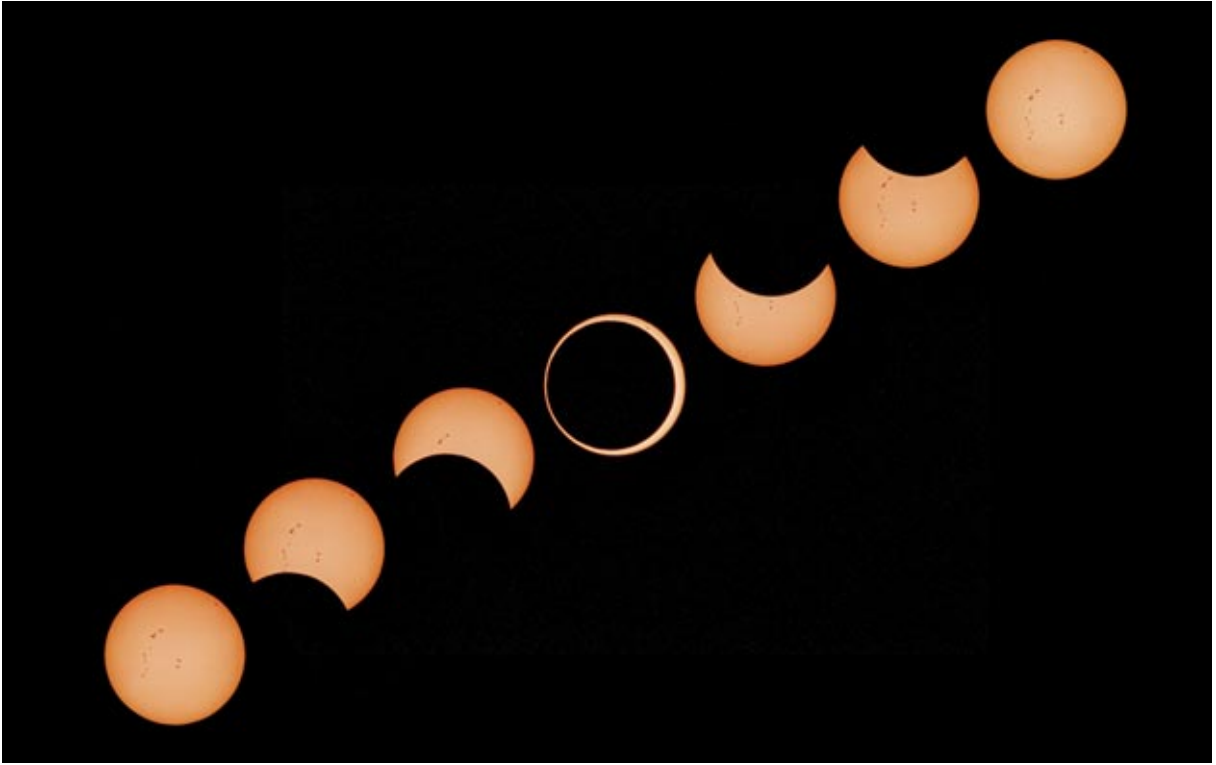


01 *Instante previo, inicio, centralidad, fin e instante posterior de la anularidad, captados entre las 17:24 y las 17:28 desde el camping cercano al Centro de Interpretación y Planetario Elsa Rosenvasser Feher, en el Parque Patagonia Argentina, muy cerca de la Cueva de las Manos. Allí, la fase de anularidad duró 4 minutos y medio.*

02 *Todo listo, apuntando al Sol y al Cañadón del río Pinturas, uno de los lugares centrales de la anularidad, visto desde la zona de la Cueva de las Manos.*

03

Franco Meconi



03 *Secuencia del eclipse, entre las 16:00 y las 18:20, con la centralidad a las 17:25, desde la zona de la Cueva de las Manos.*

04 *El máximo del eclipse desde la estancia La Ascensión, apenas por fuera del borde externo al norte de la franja de anularidad.*

05 *El Sol y sus manchas, antes del eclipse, y en la anularidad.*

06 *Un guanaco, típico habitante de la estepa patagónica.*

07 *El espectacular cielo nocturno desde la estancia La Ascensión (APN), sobre el lago Buenos Aires, Santa Cruz.*

08 *La Cueva de las Manos conserva arte rupestre de, al menos, 9000 años de antigüedad.*

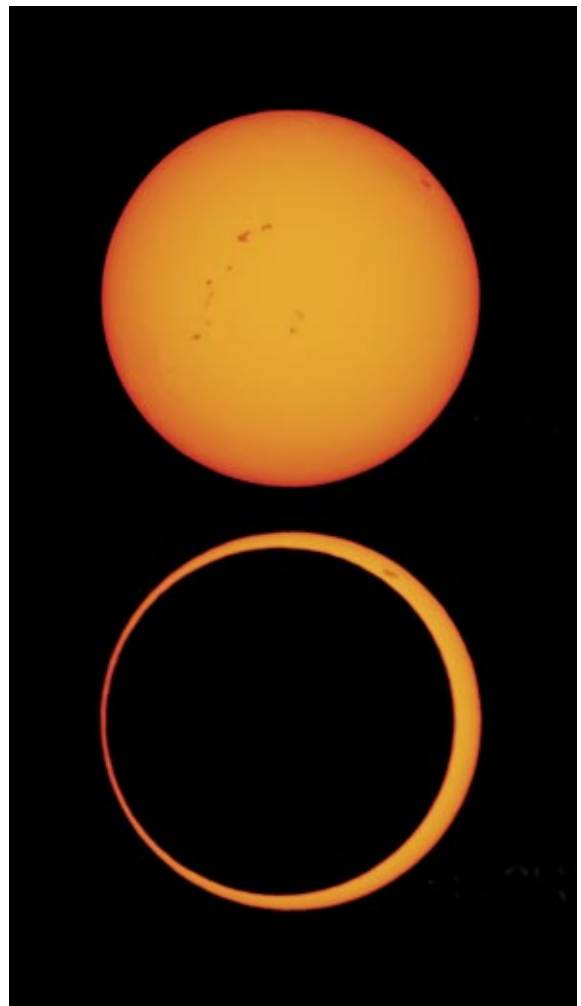
04

Natalia Jacoand



05

Alejandra Brusadin





Estefanía Coluccio Leskow

al Parque Provincial Cueva de las Manos. La Ascensión, ubicada en la ruta provincial 43, a unos 40 km al oeste de la localidad de Perito Moreno, es un área de la Administración de Parques Nacionales emplazada en un tradicional casco ganadero reconvertido al turismo de naturaleza. Por poco, quedó por fuera de la franja de la anularidad.

El Portal Cañadón Pinturas del Parque Patagonia (Rewilding) es un área de acceso público ubicada sobre la ruta nacional 40, 56 km al sur de la localidad de Perito Moreno, que cuenta con un Planetario y un Centro de Interpretación, y ofrece acceso a la mítica Cueva de las Manos, donde apreciamos arte rupestre de más de 9000 años de antigüedad, declarada Sitio de



Alejandra Brusadin



Estefanía Coluccio Leskow



Patrimonio Mundial por la UNESCO. Allí, la anularidad duró unos 4 minutos y medio.

Las localidades vecinas de Perito Moreno, Los Antiguos y Lago Posadas contaron con una gran oferta de encuentros, charlas, observaciones y servicios de turismo de naturaleza ofrecidos por emprendedores locales. Allí, además, los integrantes del Planetario Galileo Galilei ofrecimos diferentes actividades presenciales y virtuales en las que explicamos los detalles del eclipse y por qué este era un eclipse anular y no total, y realizamos observaciones nocturnas aprovechando la generosidad del cielo patagónico, oscuro como pocas veces habíamos visto.

También estuvieron presentes y participaron del eclipse el Grupo Astronómico OSIRIS, de El Bolsón y Bariloche, El Complejo Astronómico El Leoncito (CASLEO), de San Juan, y la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de la Universidad de La Plata. Sobre la costa patagónica de la provincia, las ciudades de Puerto San Julián y Puerto Deseado fueron otros centros de la anularidad del eclipse y lugares de encuentros de muchos

grupos de aficionados del país.

En los meses previos, el Planetario de la Ciudad de Buenos Aires fue el centro de la agenda a través de charlas, cursos, conferencias, espectáculos en el domo y observaciones del cielo. Unos días antes del gran evento, varios integrantes del Planetario viajamos hasta la localidad de Perito Moreno, mientras que otro nutrido grupo se quedó en nuestra sede, en la que también se preparaba una tarde llena de actividades para el 2 de octubre: observaciones públicas y gratuitas, entrega de anteojos especiales a la gente para la observación segura del eclipse, charlas explicativas a cargo de especialistas, presentaciones dentro del domo y hasta la Banda Sinfónica de la Ciudad de Buenos Aires.

Lo principal, el eclipse

El eclipse fue impecable, de punta a punta. El tiempo acompañó, luego de un inicio de semana amenazante de tormenta en la zona de Perito Moreno, donde nos alojamos en el Hotel Municipal, gracias a la invitación de la





Administración de Parques Nacionales y del Municipio. A las 16:00 dio comienzo la etapa parcial. Muy cerca de la anularidad, hacia las 17:25, la luminosidad ya se había atenuado lo suficiente como para percibir en todo el entorno una rara sensación de semioscuridad; incluso, la temperatura bajó intensamente. En los epígrafes que acompañan estas imágenes contamos más detalles del eclipse.

En Buenos Aires, fue parcial, con un 53 % del diámetro solar cubierto por la Luna. De todas formas, fue la gran excusa que reunió a varios miles de personas en el parque que rodea el Planetario, como ocurre cada vez que el cielo nos convoca. ■

09 Entre muchos otros atractivos, este eclipse se caracterizó por las numerosas manchas solares que salpicaban la fotosfera. Estas fotos fueron tomadas a las 17:25, en el momento de la anularidad, 18:02 y 18:14, durante el tramo final del eclipse, desde la zona de la Cueva de las Manos.

12



10 El equipo del Planetario chequeando el instrumental para el eclipse, un día antes, en la estancia La Ascensión.

11 Durante varias noches pudimos disfrutar de un cielo oscuro como pocas veces vimos.

12 Antes y después del eclipse, el Planetario ofreció charlas instructivas en escuelas, centros culturales, en la estancia La Ascensión, en Perito Moreno y en Los Antiguos en forma presencial, y virtualmente en la localidad de Lago Posadas

13 Observando el eclipse anular, con anteojos especiales y telescopios, en la estancia La Ascensión.

13



14

Alfredo Maestroni



15



14 Vista aérea del Planetario Galileo Galilei durante el eclipse. En Buenos Aires, fue parcial, pero hubo de todo: transmisión en vivo, observaciones, entrega de anteojos especiales en forma gratuita, charlas explicativas, funciones y hasta la Banda Sinfónica de la Ciudad de Buenos Aires.

15 Flyer promocional del evento, declarado de interés por la Honorable Cámara de Diputados de la Nación.

Notas

- 1** Las fotografías en las que el Sol aparece anaranjado se realizaron con telescopios H-Alpha, que le dan ese color característico pero irreal, debido a la radiación específica que deja pasar exclusivamente este tipo de instrumentos.
- 2** Se puede revivir la transmisión del eclipse en: <https://www.youtube.com/watch?v=MZEb8RXrXP4>, y la crónica previa en: <https://www.argentina.gob.ar/eclipse-patagonia>.

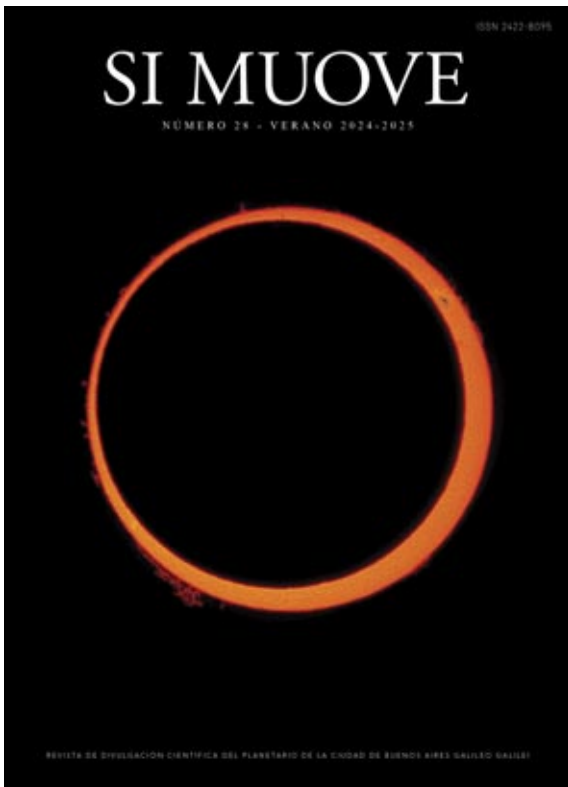


Foto de tapa

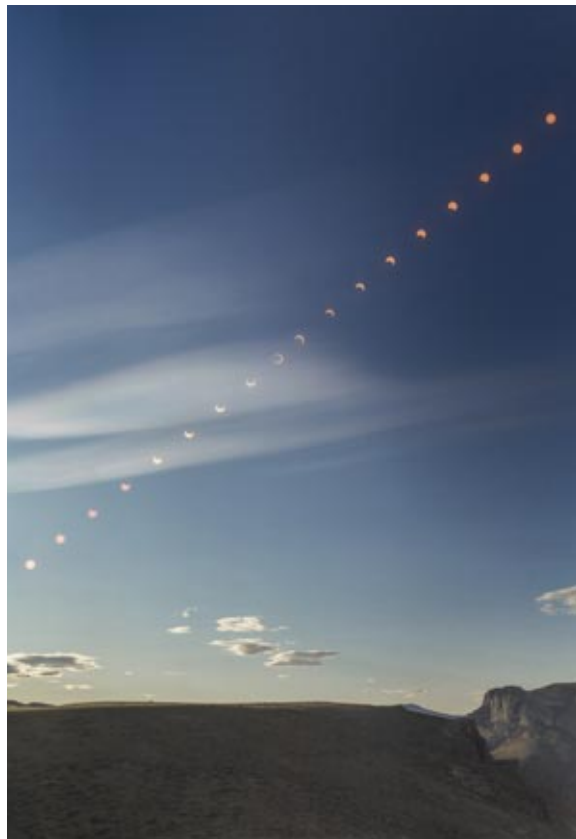
Imagen tomada desde la zona de la Cueva de las Manos, durante los instantes centrales del eclipse. Una postal del espectacular fenómeno que tuvo como epicentro la provincia de Santa Cruz. Se observa una gran mancha solar arriba a la derecha y varias protuberancias en los bordes del Sol; las más grandes, abajo a la izquierda, de unos 200.000 km de largo. También se aprecia claramente el menor tamaño angular de la Luna (29 minutos de arco, casi medio grado) en relación al Sol (32 minutos de arco, poquito más de medio grado), dado que nuestro satélite se encontraba cerca de su apogeo, el punto de máxima distancia a la Tierra. Con muy leves diferencias ya que los números no son exactos, la Luna y el Sol parecen medir lo mismo en nuestro cielo: la Luna es 400 veces más chica, pero está 400 veces más cerca que el Sol. Esa diferencia es imperceptible a simple vista, y solo se puede notar en este tipo de eclipses.

Crédito: Mariano Ribas

Foto de la página 5

Secuencia entera del eclipse anular con su paisaje de fondo, desde la zona de la Cueva de las Manos, al noroeste de Santa Cruz. Estas imágenes transmiten cómo cada eclipse es algo único que se experimenta en un momento y en un lugar determinados. En este caso, el autor de esta increíble postal manejó casi 5000 km (de ida y vuelta) para registrarla. *“Son imágenes que requieren mucha planificación y toma de decisiones -asegura Franco-, desde imaginar la foto hasta encontrar el punto de observación adecuado, definir el encuadre, la distancia focal y, finalmente, asegurarse de poder captar la secuencia completa. Comparto mi alegría por haber podido registrar este increíble eclipse en un entorno tan espectacular como la Patagonia Argentina”*.

Crédito: Franco Meconi



(761) *Brendelia*

DESCUBRIMOS UN SISTEMA BINARIO ECLIPSANTE SINCRÓNICO

Autor: Carlos A. Colazo, Observatorio Astronómico El Gato Gris (Tanti, Córdoba), Grupo de Observadores de Rotaciones de Asteroides (GORA).

01



NASA y JAXA

La Central Bureau for Astronomical Telegrams de la Unión Astronómica Internacional (IAU), comunicó y otorgó crédito a un descubrimiento del Grupo de Observadores de Rotaciones de Asteroides (GORA), e informó que (761) Brendelia es un sistema de dos asteroides, próximos entre sí, que orbitan alrededor de un centro de masas común. El descubrimiento se produjo durante las observaciones fotométricas habituales que se realizan desde Argentina, España e Italia. La producción de GORA se publica trimestralmente en la revista científica arbitrada Minor Planet Bulletin (MPB), y es una muestra más de cómo trabajan en conjunto astrónomos profesionales y aficionados.

Hasta hace poco, se creía que (761) Brendelia, descubierto en 1913, era un asteroide único. Pero ahora tenemos evidencias de que, en realidad, se trata de un sistema de dos asteroides, próximos entre sí, que orbitan alrededor de un centro de masas común.

Brendelia pertenece a la “Familia de Coronis”, un centenar de asteroides que, los científicos creen, se trata de fragmentos de una colisión entre objetos más grandes, ocurrida en el cinturón principal, hace algo menos de 1000 millones de años. A esta misma familia pertenece también el asteroide (243) Ida, visitado por la sonda Galileo, de la NASA, en 1993, cuyos resultados apor-

01 *Imagen recreada del aspecto que podría tener el sistema binario descubierto en el asteroide Brendelia. Los asteroides son, en realidad, (101.955) Bennu y (162.173) Ryugu, que no están próximos entre sí.*

02 *El asteroide Ida y su lunoides Dáctilo, fotografiados por la sonda Galileo en 1993.*

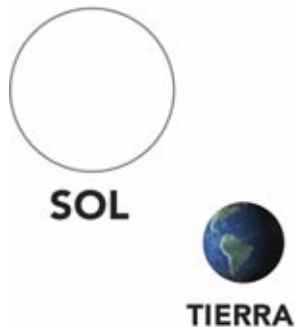
03 *Alineación del Sol con el sistema binario, en el que se marca el centro de masas en común.*



taron el descubrimiento de Dáctilo, un lunoide que gira a su alrededor (imagen 02).

¿Qué observamos?

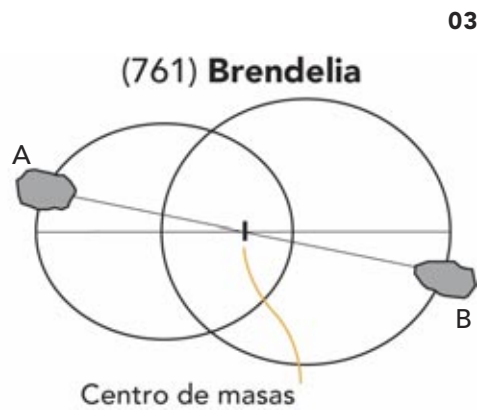
En el Grupo de Observadores de Rotaciones de Asteroides, astrónomos aficionados y profesionales de Argentina, España, Italia y Polonia hacemos observaciones fotométricas, las analizamos y las publicamos en la revista científica arbitrada *Minor Planet Bulletin* (MPB). Entre el 25 de julio y el 20 de octubre de 2024, observamos diez fuertes disminuciones del brillo de Brendelia, que no se podían explicar con la simple rotación del asteroide. Los dos primeros eventos fueron detectados por casualidad. En la segunda caída de brillo, pensamos que se trataba de eclipses provocados por la alineación de dos asteroides con el Sol, y todo indicaba que no habían sido detectados con anterioridad. Calculamos el tiempo transcurrido entre los dos supuestos eclipses, estimamos posibles periodos orbitales y obtuvimos efemérides para futuros eventos. Los eclipses posteriores ocurrieron y fueron observados en las fechas y horas



de las predicciones calculadas.

¿Un sistema binario?

De nuestras observaciones se deduce que se trataría de un sistema binario, que emplea unas 58 horas para girar en torno a su centro de masas, lo que provoca eclipses cada 29 horas (imagen 03). El Sol, en los días del descubrimiento, estaba en el mismo plano en el que orbitan ambos asteroides, y eso provocó estos fenómenos astronómicos que nos sorprendieron cuando solo pretendíamos medir el periodo de rotación del asteroide y obtener su curva de luz. Al darse las condiciones para descubrir la naturaleza binaria del sistema, justo GORA lo estaba observando.



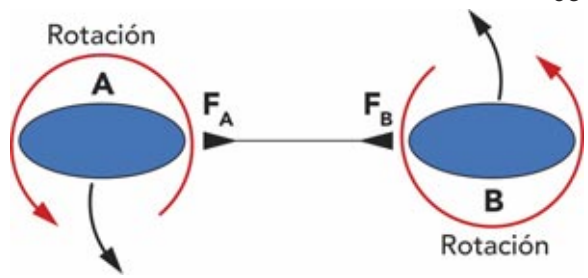
04



Algunas hipótesis que podrían explicar el sistema binario (761) Brenделя:

a) Sobre las dimensiones de los componentes. Por la profundidad de la caída de brillo de los dos fenómenos

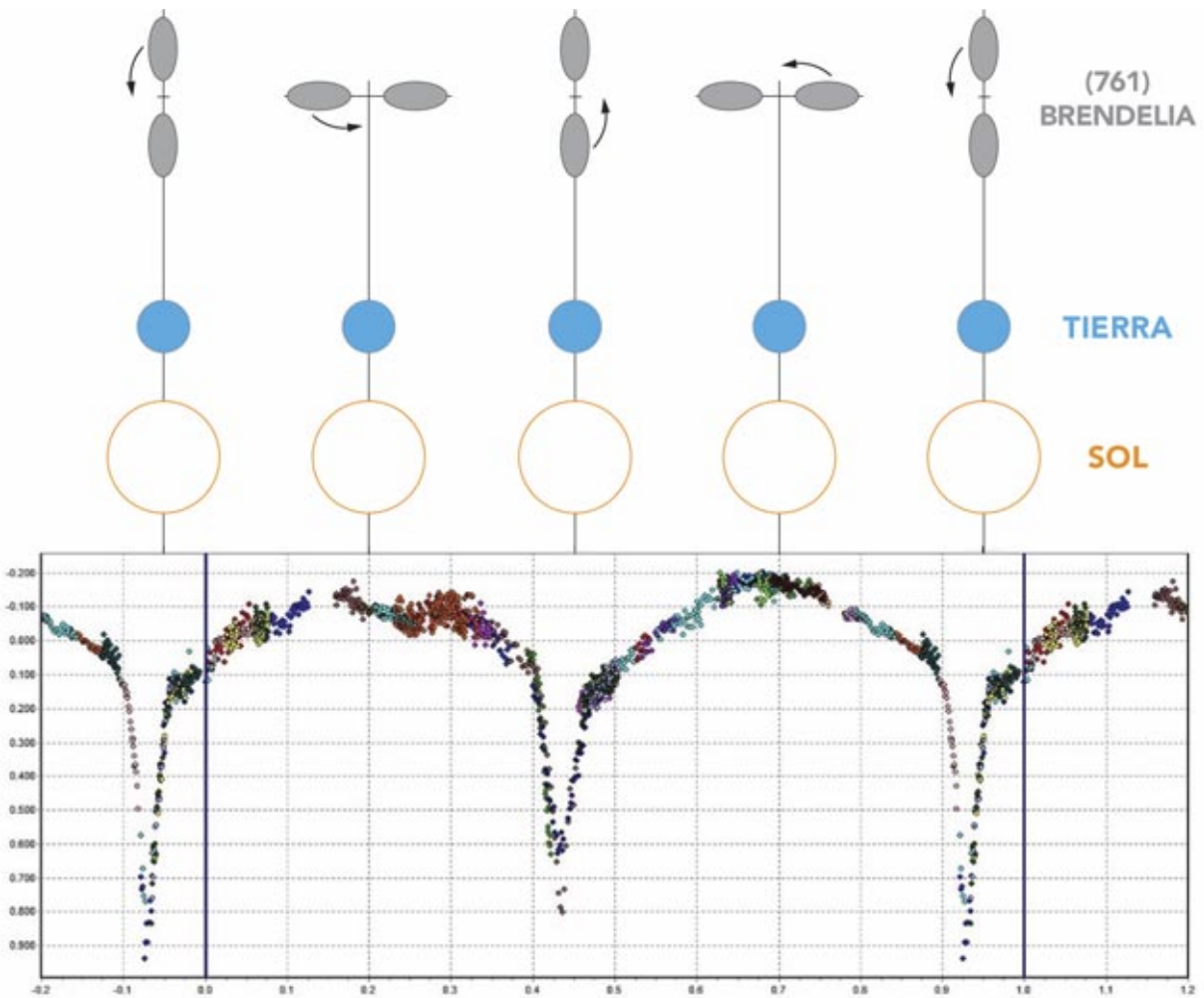
05



consecutivos (eclipse y ocultación) que observamos, suponemos que los componentes tienen dimensiones similares. Es por ello que hablamos de un “sistema binario” y no de un “asteroide con satélite”.

b) Sobre la sincronización de las rotaciones y las revoluciones. Proponemos nuestro modelo de sistema binario formado por dos elipsoides (como dos pelotas de rugby), coorbitantes sincrónicas, es decir: ambos objetos alcanzaron un acoplamiento de marea, por lo que tienen el mismo periodo de rotación, que es igual al periodo orbital: 58 horas. Si esto ocurre, se explicaría la existencia de dos valles y dos crestas en las curvas de luz publicadas, en armonía con el modelo de curva bimo-

06



dal de forma clásica de un cuerpo elipsoidal único (imágenes 05 y 06).

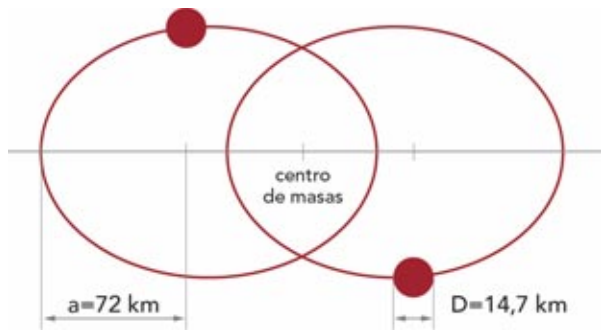
c) Sobre el diagrama de fases. Si ambos componentes tienen la forma elipsoidal, entonces es posible que la alineación de los componentes con la Tierra esté ocurriendo cuando los ejes principales de ambos “balones” apunten hacia nuestro planeta, justo cuando se producen los mínimos del diagrama de fases (imagen 06).

d) Sobre el tamaño de las órbitas y la resolución del par. Hemos estimado la duración de cada eclipse en 3 horas, aproximadamente. Si las dimensiones de los componentes son similares (D), sus órbitas también lo serían, y tendrían un periodo orbital de 58 horas. En el tiempo en el que se produce un eclipse (3 horas), cada asteroide recorrería un arco igual a la dimensión D .

El físico Robert Johnston estima que el diámetro equivalente de cada asteroide es $D = 14,7$ km (imagen 07), y en base a los datos reportados por GORA, estima que cada órbita tiene un semieje mayor $a = 72$ km. La máxima separación entre los componentes del sistema binario apenas superaría los 200 km. Estimamos el ángulo de máxima separación entre los componentes del sistema binario en 0,14 segundos de arco. Debido a ese ángulo tan pequeño que ambos asteroides forman vistos desde la Tierra, no pueden ser vistos por separado con telescopios comunes (imagen 08).

Tareas futuras

Actualmente, estamos completando el diagrama de fases para medir el periodo de rotación y la amplitud del cambio de brillo de los componentes. Cuando tengamos cubiertas el 100 % de las fases, podremos hacer un diagrama único que incluya rotación y eclipses. Ya hicimos los trámites para informar a la IAU sobre el descubrimiento, a fin de hacer reservas para el crédito del hallazgo. Cuando contemos con toda la información necesaria, redactaremos un paper para presentarlo ante la revista especializada *Minor Planet Bulletin*. También intentaremos observar ocultaciones asteroidales para encontrar otras evidencias independientes que confirmen la existencia del sistema binario. ■



04 (761) Brendelia en oposición, cuando queda del otro lado del Sol con respecto a la Tierra.

05 Sincronización de las rotaciones con sus revoluciones.

06 Sincronía entre mínimos del diagrama de fases con los eclipses y la curva de luz provocada.

07 El físico Robert Johnston estimó que el diámetro equivalente de cada asteroide es $D = 14,7$ km. Si las dimensiones de ambos asteroides son similares, sus órbitas también lo serían, y tendrían un periodo de 58 horas. En 3 horas, cada asteroide recorrería un arco igual a la dimensión D .

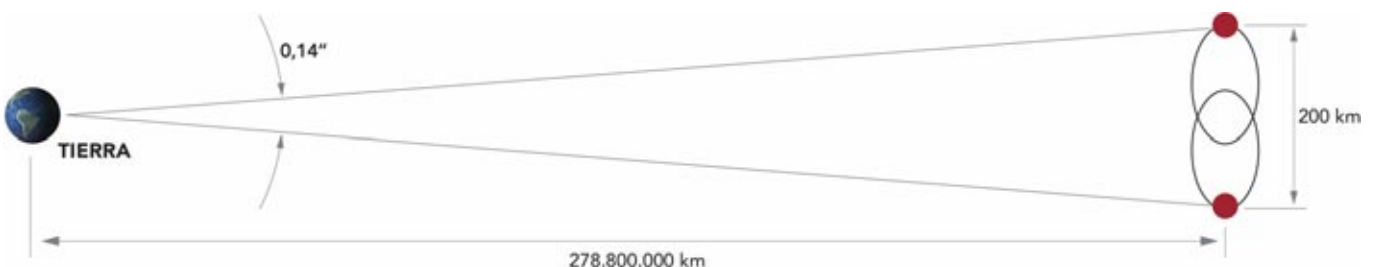
08 La máxima separación entre los dos asteroides apenas superaría los 200 km, y el ángulo visto desde la Tierra sería de 0,14 segundos de arco (un ángulo de 1° contiene 60 minutos de arco; y un minuto de arco contiene 60 segundos de arco). Por eso, el par no se puede ver separado con telescopios comunes.

Notas

Análisis de datos: Milagros Colazo (Poznań, Polonia) y Carlos Colazo (Córdoba, Argentina).

Observación fotométrica: Víctor Amelotti (Alta Gracia, Arg.), Raúl Melia (Villa Carlos Paz, Arg.), Néstor Suárez (Pilar, Buenos Aires, Arg.), Francisco Santos (Piconillo, España), Bruno Monteleone y Giuseppe Ciancia (Reggio Calabria, Italia), Aldo Willberger (Santa Rosa, La Pampa, Arg.), Mario Morales (Mallorca, Islas Baleares, España), Marcos Anzola (Córdoba, Arg.), Ariel Stechina (Reconquista, Arg.), Damián Scotta (San Carlos Centro, Santa Fe, Arg.), Alberto García (R. de Chavela, España) y Emilio Primucci (Pilar, Bs. As., Arg.).

Enlace a las observaciones de eclipses en Brendelia: <http://aoacm.com.ar/gora/viewtopic.php?t=950>.



Apofis y sus acercamientos a la Tierra en 2029 y 2036

¿DESTROYER?

Autor: Lic. Mariano Ribas, Planetario de la Ciudad de Buenos Aires Galileo Galilei.

01

ESA



En menos de 5 años, el viernes 13 de abril de 2029, una roca espacial de 340 metros de diámetro pasará a 32 mil kilómetros de la Tierra, menos del 10 % de la distancia que nos separa de la Luna. La mole de 50 millones de toneladas se nos cruzará a 45.000 km/h. Hoy sabemos que el encuentro cercano con el asteroide 2004 MN4 no reviste peligro real. Sin embargo, existe una pequeña probabilidad de que las cosas se compliquen para su siguiente visita, en 2036. Lejos de todo catastrofismo banal e irresponsable, vamos a repasar la historia, vaivenes y futuro de este asteroide que lleva un nombre muy significativo: Apofis, “el destructor”, aquel que representa, mejor que ningún otro conocido, una amenaza latente para la humanidad.

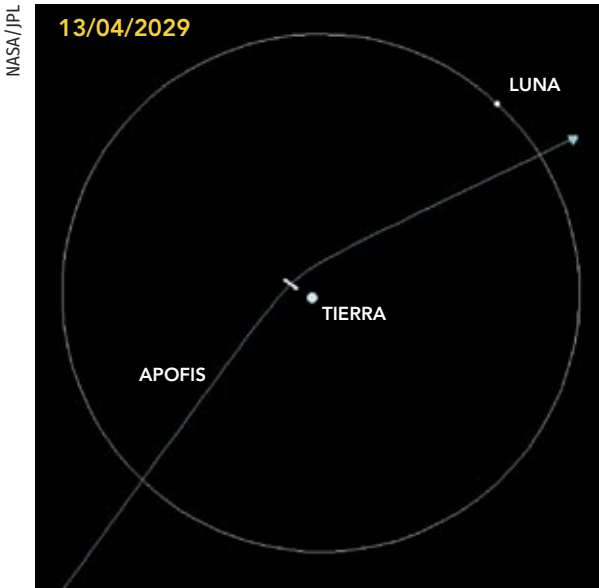
Los asteroides son objetos de tercera o cuarta línea en el sistema solar. En su inmensa mayoría, son pequeños cuerpos de roca y metal que vagan entre las órbitas de Marte y Júpiter y forman, de a millones, el famoso cinturón de asteroides. Sin embargo, también existen varios miles que se pasean por otras zonas de nuestro barrio planetario y que, incluso, se acercan y hasta cruzan la órbita terrestre. Los astrónomos los conocen como “asteroides potencialmente peligrosos”, o PHAs, por su sigla en inglés: *Potentially*

01 Imagen artística del acercamiento de Apofis a la Tierra en 2029.

02 Trayectoria del asteroide Apofis en su acercamiento a la Tierra el 13 de abril de 2029, con el notable cambio de trayectoria provocado por la gravedad terrestre.

03 Imágenes de radar de Apofis obtenidas durante un acercamiento a la Tierra en marzo de 2021.

02



Hazardous Asteroids. Esta categoría agrupa las rocas espaciales de más de 140 metros de diámetro, cuyas órbitas en torno al Sol pueden acercarlos a menos de 0,05 unidades astronómicas (7,5 millones de km) de la Tierra. Al día de hoy, conocemos casi 2500, pero casi ninguno de ellos tiene la más mínima chance de estrellarse contra nuestro planeta en las próximas décadas. Salvo, uno...

Descubrimiento y primer alerta

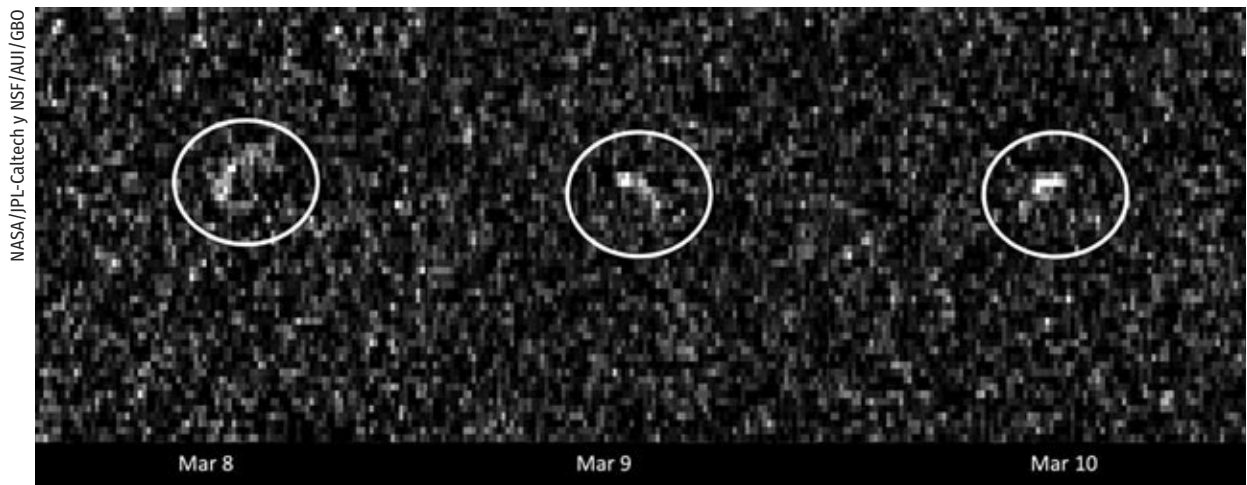
En junio de 2004, un grupo de astrónomos del Observatorio de Kilt Peak, en Arizona, EE.UU., descubrió un PHA que daría que hablar. Al principio, fue secamente denominado asteroide 99942, y también 2004 MN4, siguiendo los habituales códigos que designan asteroides y cometas según el momento de su detección. Observaciones posteriores delinearon su perfil: 340 metros de diámetro y una órbita alrededor del Sol de 323 días, que intersecta la nuestra en dos puntos. Un detalle nada menor, por cierto.

Meses más tarde, hacia fines de 2004, astrónomos de todas partes del mundo recibieron un inquietante e-mail: por primera vez, los dos principales centros mundiales dedicados a la predicción de posibles impactos de asteroides contra la Tierra (el *Jet Propulsion Laboratory* de la NASA, y la Universidad de Pisa, en Italia) anunciaban que, para su visita del 13 de abril de 2029, 2004 MN4 alcanzaba el nivel 2 en la Escala de Turín. Esa escala, presentada durante una conferencia internacional de astronomía celebrada en 1999 en Turín, Italia, clasifica de 0 a 10 el riesgo y las consecuencias de un eventual impacto para cada PHA identificado. Como es de esperar, el 0 se asigna a los que no tienen chance alguna de chocar contra la Tierra, y el 10 se reserva para los eventuales casos de “colisión segura” de un asteroide grande (5 a 15 km de diámetro), cuya consecuencia sería “una catástrofe global y una amenaza para la civilización”. Ese nivel 2 implicaba una probabilidad de choque remota, pero no despreciable. Y dado su considerable tamaño, su impacto ocasionaría lo que técnicamente se define como “daño regional”: un eufemismo que esconde, por ejemplo, la destrucción completa de una gran ciudad.

Afinando números

En aquellos últimos días de diciembre de 2004, las estimaciones científicas fueron y vinieron a la luz de nuevas observaciones y cálculos. El momento más dramático llegó el día 27, cuando se habló de “1 chance de impacto en 37”, para el no tan distante 13 de abril de 2029. Por eso, momentáneamente, el asteroide ascendió al nivel 4 de la Escala de Turín. Ante semejante panorama, 2004 MN4 se ganó un nombre propio: los astrónomos lo bautizaron Apofis, el nombre griego del dios egipcio Apep, “el destructor”; aquel que vivía en la oscuridad eterna del mundo subterráneo, y quería destruir el mismísimo Sol. Al poquísimo tiempo, todo cambió: a comienzos de 2005, nuevas observaciones y cálculos descartaban todo escenario de impacto para 2029. Y eso no ha cambiado hasta hoy.

03



¿Qué pasaría si...?

La pregunta sale sola. ¿Qué pasaría si el Destructor -o un objeto similar- se nos viniera encima? Algunos cálculos moderados nos dan una idea: el impacto de un asteroide de 300 a 400 metros de diámetro, a una velocidad de 50 mil km/hora, equivaldría a una explosión de 880 megatonnes de TNT, como unas 70 mil bombas atómicas de Hiroshima. Por otra parte, la colisión abriría un cráter de 3 a 5 km de diámetro y 500 metros de profundidad, y arrasaría con todo en un radio de 100 km.

A simple vista en el cielo boreal

Faltando menos de 5 años, todas las estimaciones científicas se mantienen en esa tranquilizadora línea. Así que, a no desesperar ni dejarse llevar por disparatados anuncios en medios y redes sociales.

Del mismo modo, también sabemos, con altísima fiabilidad y precisión, que ese día Apofis pasará a solo 32 mil kilómetros de la superficie terrestre, una distancia

incluso menor a la que orbitan los satélites geoestacionarios (36 mil km). O lo que es lo mismo, apenas el 8 % de la brecha espacial que nos separa de la Luna. Poquísimo, en términos astronómicos.

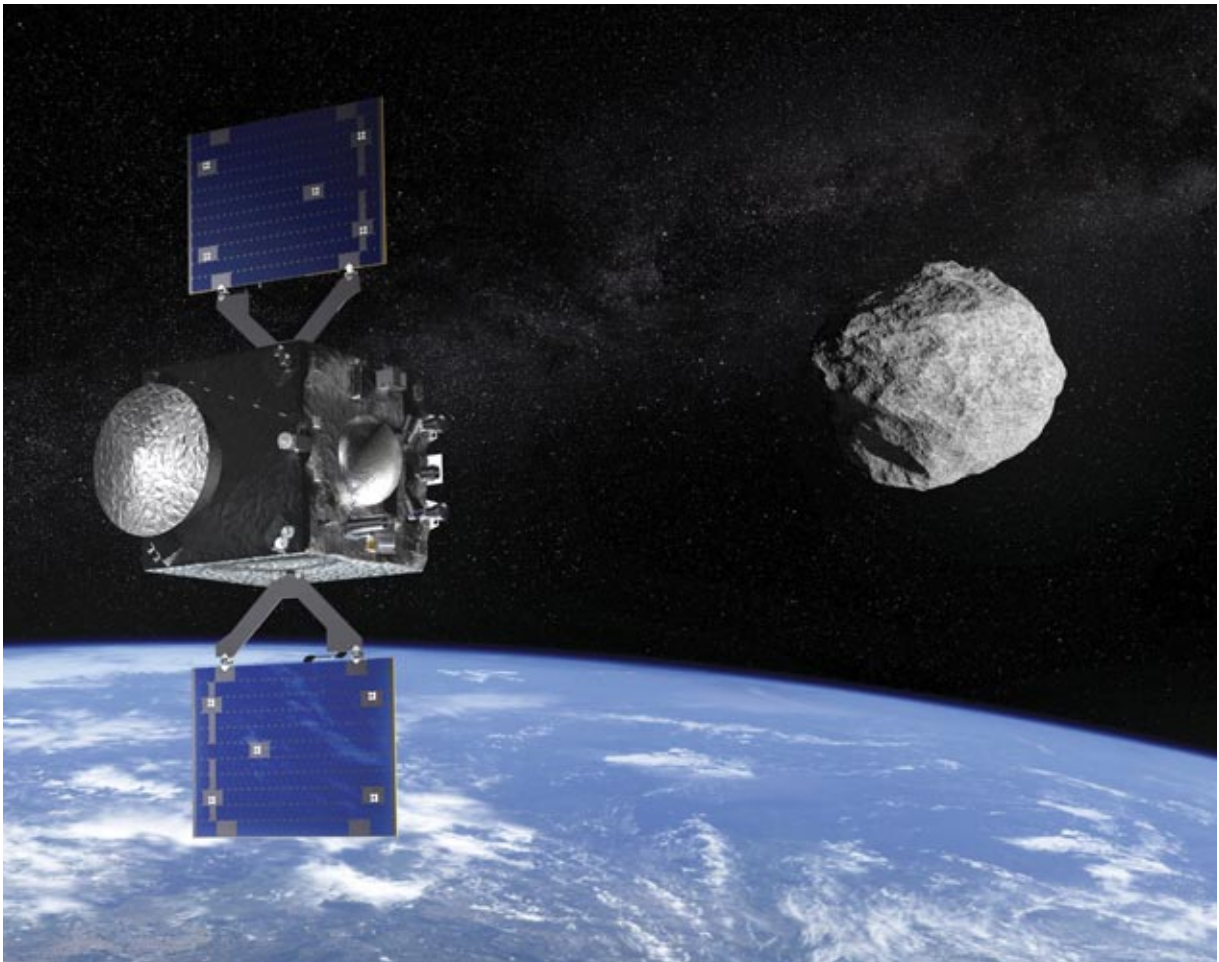
Durante su máximo acercamiento a la Tierra, el Destructor alcanzará una magnitud visual de 3. Por lo tanto, podrá observarse fácilmente a simple vista. Pero no desde Argentina ya que, por su trayectoria orbital, solo será visible en el hemisferio norte. De hecho, las mejores butacas para verlo a ojo desnudo estarán en Europa y el norte de África. En la noche del sábado 13 de abril de 2029, cientos de millones de personas serán testigos del lento desfile de un punto de luz en el cielo, a razón de medio grado (el tamaño aparente de la Luna) por minuto. Un desfile que será mucho más evidente con la ayuda de binoculares. Pero esta historia no termina aquí...

El ojo de la cerradura

El encuentro extremadamente cercano entre Apofis y la Tierra tendrá lógicas consecuencias físicas: la gravedad terrestre "torcerá" dramáticamente la ruta del asteroide, exactamente, 28°. En consecuencia, su órbita alrededor del Sol se agrandará un poco: llevará a Apofis a dar una vuelta a nuestra estrella cada 426 días, pasando la mayor

04

ESA



parte de ese tiempo por afuera de la órbita terrestre, aunque sin perder los dos puntos de cruce.

¿Fin de la historia? No. Ambos astros volverán a encontrarse en 2036, y los detalles finos de lo que ocurra en ese siguiente encuentro dependerán, justamente, del evento de 2029. Veamos: si el 13 de abril de 2029 el Destructor pasa por una improbable “ventanita” espacial de apenas 610 metros, que los astrónomos llaman “ojo de cerradura”, el juego gravitatorio lo traería nuevamente a esa zona del sistema solar exactamente 7 años después. El problema es que en ese momento la Tierra también estará en ese mismo lugar. De todos modos -y vale la pena insistir en esto-, la chance de que el asteroide pase por ese “ojo de cerradura” es bajísima: apenas 1 en 3000.

Osiris y Ramsés visitan el Destructor

Un encuentro tan cercano con un asteroide de este porte es algo que, en promedio, puede ocurrir solo una vez por milenio. Por lo tanto, además de todo lo dicho, la visita del Destructor también es una oportunidad preciosa para estudiar estas rocas espaciales potencialmente peligrosas. No es raro que, faltando menos de un lustro para el suceso, la NASA haya reconfigurado su reciente, exitosa y aún operativa misión Osiris-Rex (que en los últimos años estudió el asteroide Bennu e, incluso, tomó muestras de su superficie y las envió en una cápsula a la Tierra), para que, llegado el momento, se acerque a Apofis, tome datos e imágenes y mida los efectos de la intensa gravedad terrestre en su trayectoria y velocidad. Es más: la NASA promete que la nave (ahora rebautizada Osiris-APEX) nos enviará, en vivo y en directo, imágenes de Apofis con nuestro planeta de fondo. Algo absolutamente inédito en la Era Espacial.

Ni lenta ni perezosa, la Agencia Espacial Europea (ESA) ya está considerando su propia misión de acercamiento, estudio y monitoreo del Destructor: el proyecto RAMSES, una sonda espacial que visitará el asteroide antes, durante y después del histórico 13 de abril de 2029. La misión fue propuesta este año por el Programa de Se-

guridad Espacial de la ESA y, entre otras cosas, contempla el despliegue de varios microsátélites CubeSat. La nave europea podría lanzarse al espacio en abril de 2027.

Sin caer en ridículos catastrofismos y vergonzosas falsedades, el caso de Apofis es un llamado de atención claro, concreto y cercano. La amenaza de los asteroides no es un delirio trasnochado, ni una rimbombante fantasía hollywoodense. Por el contrario, es una absoluta realidad natural de la que la humanidad debe hacerse cargo, a corto y mediano plazo. Como tantas otras veces, mirar el cielo es la mejor manera de tener los pies sobre la Tierra. ■

05



04 Ilustración de la sonda espacial RAMSES (Rapid Apophis Mission for Space Safety), de la Agencia Espacial Europea, que estudiará Apofis.

05 Destroyer (Destructor), un álbum esencial de la discografía de KISS, bien podría haberse llamado Apofis.

NASA

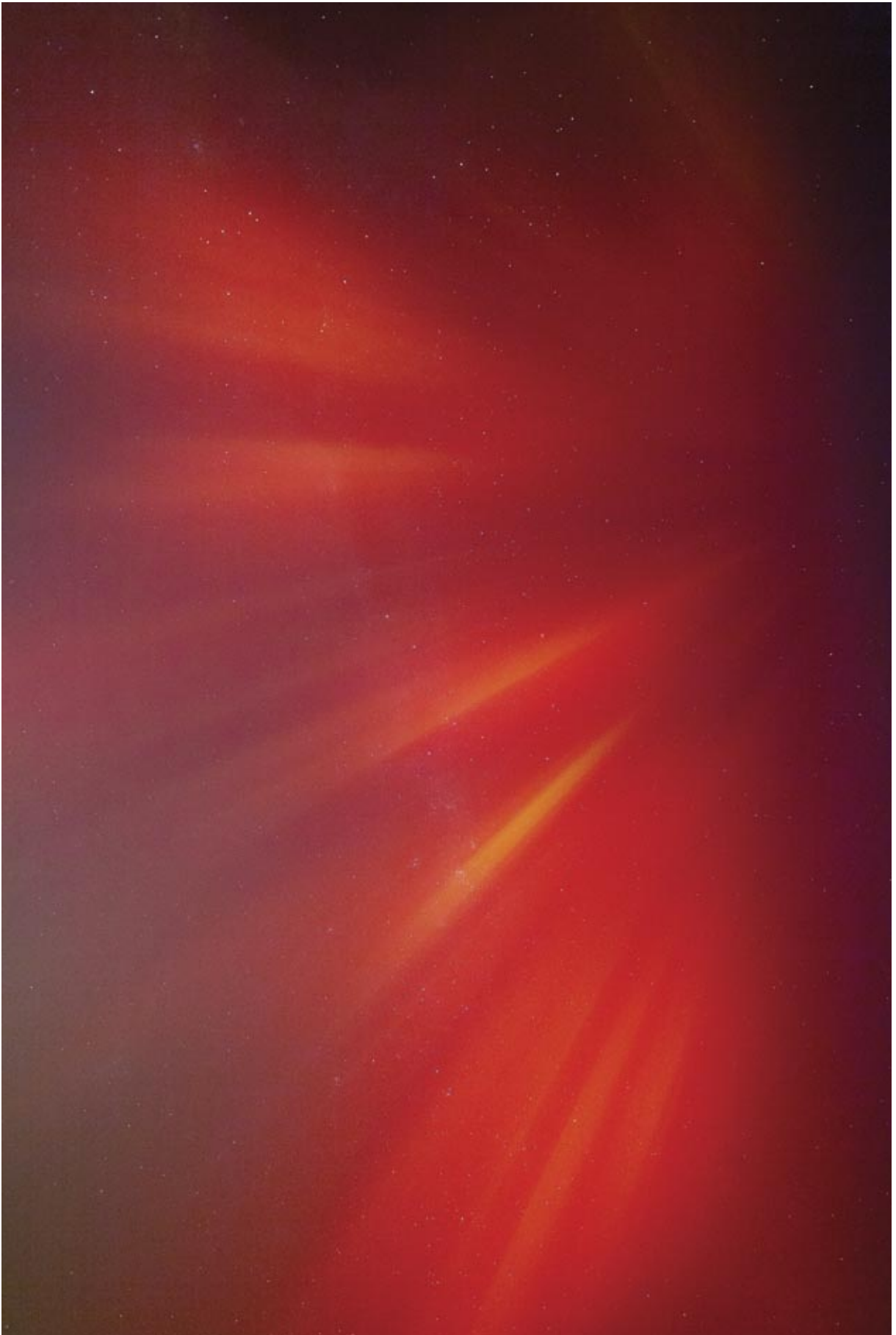


Logo de la misión y modelo de la nave Osiris-APEX.



01

Victor Bibé



En Argentina

EL RESPLANDOR II

02

Paula Hazembiter



La noche del 10 de mayo de 2024 no fue una más. Fue la noche en la que, en algunas regiones de nuestro país y de manera completamente infrecuente, se vieron auroras.

El responsable es el Sol. El Sol es una estrella astronómicamente estable. Se lo cataloga como de la “secuencia principal” entre cientos de miles de millones de estrellas, debido a que está atravesando la etapa más larga y tranquila de su evolución. Es “mediano¹”, su color es principalmente blanco² y está en la mitad de su “vida útil³”, que será de unos 10 o 12 mil millones de años. Entre una innumerable cantidad de otros factores contingentes, es el principal responsable de que la vida en la Tierra se sostenga.

Sin embargo, para los seres humanos, la observación solar es una actividad reciente. La tecnología actual ayuda a mejorar muchísimo los conocimientos, pero, aunque se trate de la estrella que más cerca tenemos, algunos de sus fenómenos pueden resultar impredecibles.

Durante el mes de mayo pasado se desarrollaron fuertes tormentas solares. Conocidas también como tormentas geomagnéticas, ocurren cuando el viento solar, un flujo de partículas cargadas eléctricamente que emite la estrella, interactúa con el campo magnético de la Tierra, que desvía el flujo hacia las zonas polares, donde “impacta” con los elementos de la atmósfera terrestre a gran altura y provoca luminiscencias. Esa actividad se origina en la parte más superficial del Sol, provoca eyecciones masivas de plasma, erupciones y corrientes de alta velocidad. También genera campos magnéticos más intensos de lo común y explosio-

nes repentinas que liberan grandes cantidades de energía y radiación electromagnética. Estas tormentas ocurren regularmente y provocan las auroras polares habituales en la Tierra, pero la mayoría son de una actividad mucho más moderada.

Notti magiche (*)

Desde principios de mayo veníamos observando en el Sol una gran actividad, y se destacaba la mancha AR3664 (foto 07), la mancha solar más grande de los últimos 10 años, visible sin aumento alguno con los clásicos anteojos para eclipses y, obviamente, mediante binoculares y telescopios con filtros. El 10 de mayo se detectó un aumento extraordinario en la intensidad de la actividad solar (foto 08), y los cálculos indicaban que, por la dirección a la que “apuntaban” las eyecciones, podrían llegar a tener cierta repercusión en nuestro planeta.

Las erupciones solares enviaron hacia la Tierra eyecciones de masa coronal que causaron una tormenta geomagnética superior a las habituales. Había que estar atentos. Esa misma noche, quizás, podrían llegar a producirse auroras polares en latitudes más bajas de lo frecuente.

Es sabido que las auroras ocurren siempre en regiones cercanas a los polos, y son más famosas las boreales que las australes, simplemente, porque en torno al círculo polar ártico hay más habitantes que en el círculo polar antártico.

03

Carlos Di Nallo



04

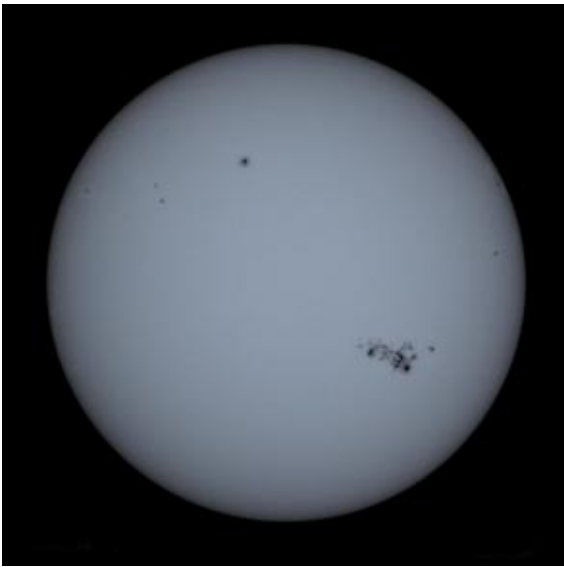
Cynthia Olivera





07

Mariano Ribas



Y así fue que, en la noche del 10 de mayo, desde Ushuaia hasta el norte de la Patagonia se vieron auroras en lugares donde no suelen verse (Viedma, por ejemplo, a 40° de latitud sur). Incluso, llegaron hasta latitudes más bajas, tanto en el hemisferio sur como en el norte, muy alejadas de los polos. Y no solo eso. Aún más al norte de la Patagonia, como en la Costa Atlántica bonaerense, sobre el mar se adivinaba una luminosidad rojiza. Y más al norte aún, en Catamarca o Santiago del Estero, a través de fotografías aparecía también ese mismo resplandor, aunque en estos casos, casi no se llegaba a observar a simple vista. En la ciudad de Buenos Aires pasamos varias horas de la noche mirando hacia el sur y no las apreciamos, quizás, afectados como siempre por la contaminación lumínica.

De colores

Las partículas provenientes del Sol, principalmente protones, interactúan con los gases de las capas superiores de la atmósfera terrestre. El campo magnético de la Tierra conduce las partículas hacia las regiones polares. Allí, electrones y protones de los átomos de nitrógeno y oxígeno colisionan con moléculas de los gases de la termósfera y exósfera terrestres, lo que provoca que los electrones suban temporalmente a un estado energético superior. Cuando el nivel se normaliza, se libera energía en forma de luz de distintas longitudes de onda. Según el tipo de elemento y la altura a la que se produce la interacción con el viento solar, se generarán auroras de diferentes colores.

Adelantándonos involuntariamente a estos hechos, en la edición número 26 de Si Muove (Primavera 2023) habíamos publicado en la tapa y las páginas centrales imágenes de auroras realizadas por Carlos Di Nallo desde Islandia. Titulamos esa sección: “El resplandor”. Aquellas, eran mayormente de un color verdoso.

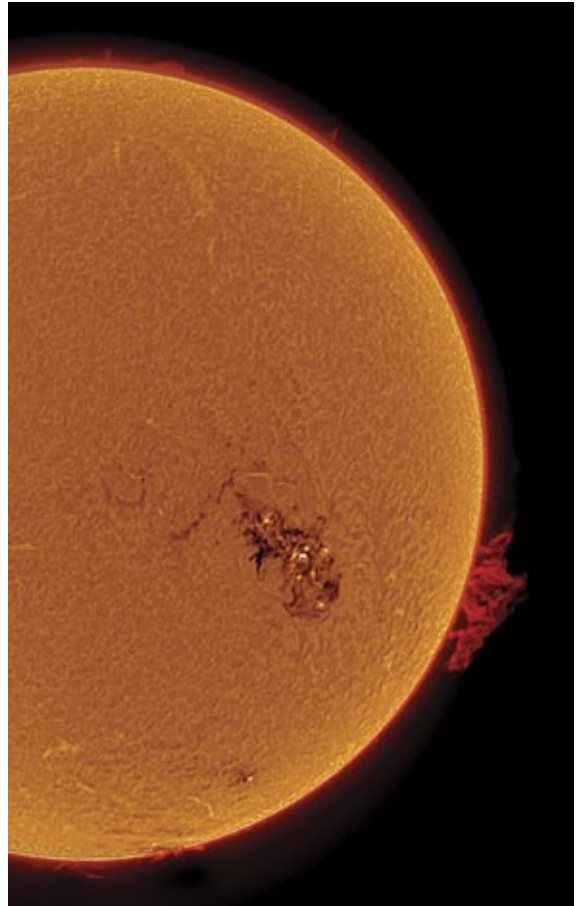
El color de las auroras depende del gas excitado, especialmente, el oxígeno monoatómico, en este caso, a unos 250 km de altura. El verde (ligeramente amarillento) es el más

habitual, porque es el color de las emisiones de luz que el oxígeno provoca a esa altitud. Si se da a una altura menor, se producirán auroras más violáceas debido a la mayor abundancia de nitrógeno. Mientras, a una altitud mayor, las auroras serán más rojizas. Esto ocurrió el 10 de mayo, con unas auroras extraordinarias que asombraron a buena parte del mundo. ■

“El color verdoso más habitual de las auroras depende del oxígeno excitado, al colisionar con moléculas de los gases de la atmósfera a 250 km de altura. A una altura mayor, las auroras serán más rojizas; y a menor altitud, serán violáceas”.

08

Mariano Ribas



“En la noche del 10 de mayo, desde Ushuaia hasta el norte de la Patagonia se vieron auroras en lugares donde no suelen verse. Incluso, llegaron hasta latitudes más bajas, tanto en el hemisferio sur como en el norte, muy alejadas de los polos”.

09

Victor Bibé



Notas

1 El Sol es una estrella “mediana”, obviamente, según con qué se lo compare. Pero no está ni entre las más grandes ni, mucho menos, entre las más chicas, aunque los astrónomos la cataloguen a veces como una estrella “enana”, un término poco acertado y cuestionable.

2 Aunque de chicos lo dibujamos amarillo, quizás, porque no es común contar con lápices blancos, la luz del Sol que perciben nuestros ojos es mayormente blanca, con un mínimo porcentaje de amarillo.

3 Etapa en la que se convierte, a través de la fusión nuclear, hidrógeno en helio en el interior de la estrella.

(*) Con la frase Notti magiche (Noche mágica) comienza el estribillo de Un'estate italiana (Un verano italiano), la inolvidable canción oficial del dramático -para nosotros, como todos- Mundial de Italia '90.

01, 09, 10 y 11. *A pesar de las creencias, no es habitual ver auroras en la ciudad más austral del mundo. Desde Ushuaia, Víctor Bibé nos envió estas increíbles fotos y nos contó que “es la primera vez que las veo. Quizás, en los años '80 las vi sin saber que eran auroras”, agregó sin estar seguro. “Es algo muy infrecuente y extraordinario. Para que se vean por acá el índice debe estar cerca de 8 o más, como ocurrió esta vez. El polo sur magnético no coincide con el polo sur geográfico; está desplazado hacia el otro lado. Por eso, es más común que se vean auroras en Nueva Zelanda, a pesar de que está más al norte que nosotros. El lugar más cercano donde se ven habitualmente auroras es la Base Belgrano II, en la Antártida, a casi 78° sur”.*

02 *Puerto Madryn bajo el manto de auroras australes, lo tituló Paula Hazembiler, la autora de esta foto alucinante. “Fue una noche histórica, un recordatorio de la íntima y permanente relación entre nuestro planeta y el Sol, para reflexionar sobre los efectos que la actividad solar podría tener sobre nuestra civilización. Las auroras estuvieron allí por más de media hora, bajo nuestros cielos patagónicos, y fui una privilegiada de poder captarlas”. Además, esta foto fue la primera en lograr el premio mayor en una exposición de arte.*

03 *Desde Cortaderas, Catamarca, a 27 grados de latitud sur, lo que a ojo desnudo no se advertía apareció luego en fotos; quizás, las únicas fotos de auroras polares tomadas alguna vez desde esa provincia. Según el autor, que en la noche anterior había estado también realizando fotos sin advertir nada extraño, “es por esas cosas que se explica por qué vamos a lugares remotos, a tomar frío, sin dormir, para fotografiar el cielo. Siempre hay una sorpresa”, agregó Carlos Di Nallo.*

04 *Desde Santiago del Estero, a -28 grados de latitud, las auroras también aparecieron en las fotos de Cyntia Olivera, quien siempre tiene una mirada especial para sus imágenes. “Jamás imaginé que iba a ser testigo de algo así. Juro que me temblaba todo”, aseguró emocionada. “A simple vista vimos un resplandor rojizo tenue. Esa región del cielo (en dirección sur) suele ser muy oscura, pero esa noche estaba iluminada por ese resplandor. Ya con la cámara el color era más evidente”.*

05 y 06 *Una tranquera hacia las auroras de la noche del 10 de mayo, en un campo cercano a Valcheta, Río Negro. Gerardo Ferrarino, el autor de estas fotos, estaba al tanto de la tormenta solar, pero no esperaba ver auroras por allí. “De casualidad, vimos un resplandor, como si fuera el final de un atardecer. Luego de acostumbrar la vista, aparecieron esos pilares de luz. Y al mirar de manera indirecta, se notaba cómo rápidamente cambiaban de posición”.*

07 *La mancha solar AR3664 fue la más grande de los últimos 10 años. Este impresionante “archipiélago” de intenso magnetismo localizado midió unos 200.000 km y presentó una estructura y complejidad pocas veces vistas.*

08 *Esta extraordinaria región activa, asociada a la mancha AR3664, comenzaba a despedirse, al menos por un tiempo, a causa de la rotación del Sol. Antes, generó un flare tipo X, las erupciones más poderosas que nuestro Sol puede producir, y varias eyecciones de masa coronaria (CME) que impactaron contra el campo magnético y la alta atmósfera terrestres.*

10

Victor Bibé



11

Victor Bibé



17-18 de septiembre

MODESTA PARCIALIDAD

01

Paula Hazembiter



02

Paula Hazembiter



En la medianoche entre el martes 17 y el miércoles 18 de septiembre se produjo un eclipse parcial de Luna. En Buenos Aires y alrededores no lo pudimos observar debido a una gran nubosidad que se adueñó de la noche. Por suerte, este tipo de fenómeno es visible en un amplio sector de la superficie terrestre.

El eclipse comenzó poco antes de la medianoche y, si bien fue muy modesto, en provincias como Córdoba y Chubut (imágenes 01, 02 y 03), entre otras, pudo apreciarse fácilmente a simple vista. La Luna ingresó en la umbra a las 23:13. El máximo del eclipse ocurrió a las 23:44, cuando la sombra terrestre cubrió apenas el 8,5 % del diámetro lunar; como un mordisco oscuro. Finalmente, la Luna salió de la umbra a las 00:15 del miércoles 18, dando por finalizada la etapa más relevante del eclipse, dejando por delante una hora aproximadamente de etapa penumbral poco interesante.

Lo mejor, lo que viene

Frecuentemente, los ciclos de eclipses se producen de a pares: puede haber un eclipse de Luna y, como en este caso, dos semanas después, uno de Sol, o al revés. Aunque también pueden darse tres o un solo eclipse por ciclo. Y luego, durante aproximadamente seis meses, no se producirá ninguno. Todo tiene que ver con la inclinación del plano orbital de la Luna con respecto al de la Tierra, y otros detalles que hemos explicado muchas veces.

En la madrugada del viernes 14 de marzo de 2025 tendremos un gran eclipse total de Luna visible por completo en nuestro país, en toda América, en buena parte de Europa y en casi toda África. El eclipse comen-

zará a las **00:57**, con la Luna a unos 50° de altura sobre el horizonte, entre las constelaciones de Leo y Virgo. En ese momento, la Luna ingresará en la penumbra terrestre, algo poco notable, y apenas decaerá su brillo habitual.

La etapa parcial dará inicio a las **02:10**, cuando la Luna haga contacto con la umbra terrestre. A las **03:26**, con la Luna a 39° de altura, comenzará la totalidad; a las **03:59** será el máximo y a las **04:31**, el fin de la totalidad, con la Luna a una altura de 28° sobre el horizonte. La etapa parcial finalizará a las **05:48**, a una altura de 14°, y la etapa penumbral concluirá con la Luna, vista desde Buenos Aires, ocultándose bajo el horizonte y a plena luz del día, a las **07:00**, con el Sol asomando por el lado opuesto. ■

01 Minutos antes del máximo del eclipse parcial, desde la playa de El Doradillo, en Puerto Madryn, Chubut.

02 El máximo del eclipse, a las 23:44 del 17 de septiembre, desde El Doradillo.

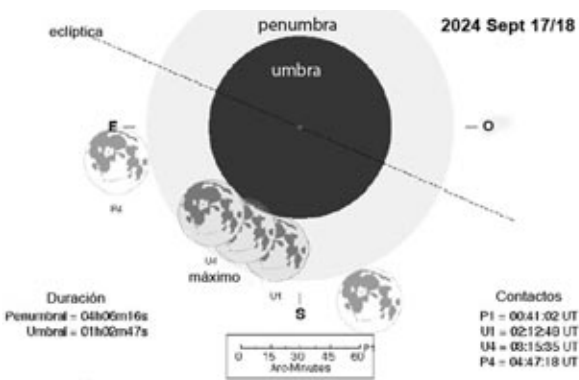
03

Ximena Merelle Dherve



“En la madrugada del viernes 14 de marzo de 2025 tendremos un gran eclipse total de Luna visible por completo en nuestro país”.

04

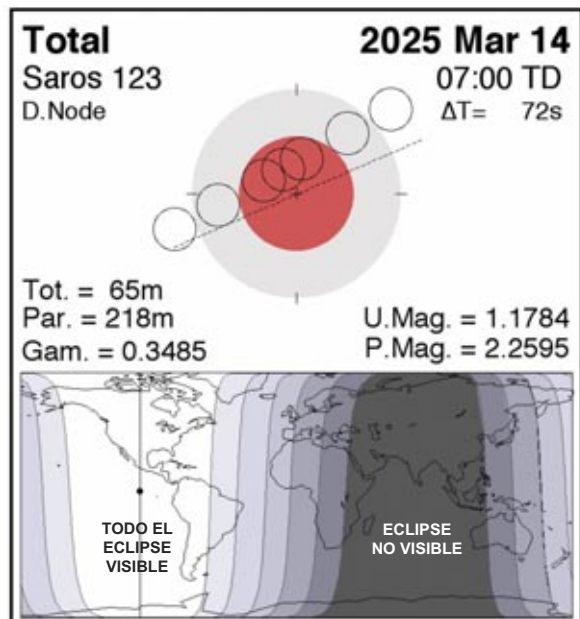


03 El máximo del eclipse, desde San Marcos Sierras, Córdoba.

04 Gráfico del eclipse parcial de Luna del 17-18 de septiembre de 2024.

05 Gráfico del eclipse total de Luna del 14 de marzo de 2025.

05



Thousand Year Canon of Lunar Eclipses
©2014 by Fred Espenak

<https://www.eclipsewise.com/eclipse.html>

Visita histórica

EL DÍA QUE LA LUNA RODÓ POR CALLAO

Ya sé que estoy piantao, piantao, piantao, no ves que va la Luna rodando por Callao ().*

Autor: Alejandro Agostinelli, Factor 302.4 (factorelblog.com).

Colaboración: Diego Córdova, Diego Hernández, Andrés Ranguigni y Roberto Solans.

01

El 1° de octubre de 1969, tres meses después de la mayor hazaña de la humanidad, dos de los tres astronautas del Apolo 11, Neil Armstrong y Michael Collins, visitaron la Argentina como parte de una gira a través de 22 países.

Habían sido invitados por la Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales y la Asociación Argentina de Ciencias Aeroespaciales. Pocos días más tarde, entre el 5 y el 10 de octubre, tuvo lugar un Congreso Internacional de Astronáutica en Mar del Plata. Aquel otro evento pasó casi inadvertido: supuestamente, no hubo conferencistas que dieran pie a ninguna noticia. (No fue así, y para conocer la ‘revelación’ habrá que seguir hasta el final y leer el recuadro “Perlita del futuro”).

La principal noticia, como es obvio, había sido la presencia en Buenos Aires de los astronautas de la misión Apolo 11, la primera en llevar seres humanos a caminar por otro mundo, la Luna. El 1° de octubre aterrizó en el sector militar del Aeroparque de la Ciudad de Buenos Aires el avión que transportaba a Neil Armstrong, junto a su esposa Janet Shearon; a Michael Collins y a su esposa, Patricia Finnegan; y a Joan Archer, esposa de Edwin Aldrin, quien debió regresar a los EE.UU. una vez finalizada la visita de los astronautas en Lima, Perú, ya que fue convocado por la Base Edwards de la Fuerza Aérea estadounidense, donde prestaba servicios como comandante de la Escuela de pilotos¹.

El acta de Onganía

En la cobertura de Canal 13² no faltaron imágenes de los actos protocolares realizados en honor a los astronautas y las inevitables entrevistas al valet y al botones del Plaza Hotel, consultados sobre la cantidad de medialunas que pidieron para el desayuno, o si era proverbial o no la simpatía de “los conquistadores del espacio”, como los llamó el cronista.

Otro momento destacado fue la recepción en la Casa Rosada, donde ocurrió un hecho singular, revelado por el periodista especializado Diego Córdova: Armstrong y Collins firmaron un *Acta Extraordinaria* junto al emba-



Archivo Michael Collins

jador de EE.UU., Jonh Davis Lodge (un ex actor), el escribano Jorge E. Garrido y el general Juan Carlos Onganía, jefe entre 1966 y 1970 de la dictadura militar que derrocó al presidente constitucional Arturo Illia.

Diego Córdova logró tener el original en sus manos. “*Nótese, a modo de curiosidad, que el escribano oficial equivocó el rol de Collins, piloto del Columbia (el módulo que quedó en órbita lunar), y no del Módulo Lunar, como dice el acta*” (foto 4), aclara. También recogió varias fotografías capturadas por Roberto Solans, periodista del diario La Nación, especialista en temas aeroespaciales, durante la visita que conmovió a la ciudad.

Las fotos

Así recordó Roberto Solans cómo obtuvo ese plano (foto 3) de Neil Armstrong, el primer ser humano en la Luna, saludando a la multitud en Buenos Aires: “*Mientras el cortejo de astronautas, policías, funcionarios y periodistas de TV, subidos a un camión, rodeaba la plaza para volver a bajar por San Martín hacia Libertador, y de ahí al Aeroparque, bajé corriendo por Maipú desde Santa Fe, llegué a Libertador con tiempo de sobra y me paré en el parquizado que había entonces en medio de la avenida, del lado de Armstrong. Mientras se acercaba, le grité su apellido una y otra vez para que mirara hacia mi cámara, pero no había nada que hacer, con tantas sirenas policiales*”.

01 Collins y Armstrong en Buenos Aires, el 1° de octubre de 1969.

Mitos

(*) Se ha dicho que al menos parte de la letra que Horacio Ferrer compuso para la canción de Astor Piazzola, "Balada para un loco", surgió de la inspiración de aquellos tumultuosos días. Amelita Baltar cantó el tema por primera vez casi de inmediato, en el Primer Festival Iberoamericano de la Danza y la Canción celebrado en el Luna Park de Buenos Aires entre el 9 y el 14 de octubre de 1969. Por eso, se sospecha que la letra es anterior a la visita, pero puede ser una feliz coincidencia.

Otra leyenda en circulación dice que Armstrong y Collins visitaron "fuera de protocolo" a Ángel María Zuloaga (1885-1975), la primera persona en cruzar la cordillera de los Andes en globo, desde Chile hacia Argentina, en 1916. El ingeniero Pablo de León, autor del libro Historia de la Actividad Espacial en la Argentina, entrevistó a Armstrong, consultó archivos y desmintió que el héroe de la aviación argentina hubiera recibido a los astronautas.

02

Roberto Solans



Cuando se encontraba a menos de cinco metros, en lugar del apellido, Solans le gritó el nombre: "¡Neiiiiiiiiiiil!". Bastó una sola vez. Armstrong giró enseguida la cabeza hacia el público que poblaba la vereda de la recova y, en la foto 3, quedó iniciando ese movimiento. "Neil Armstrong me había oído y en mi cámara tenía una piedra preciosa. Estaba en la gloria. El sueño se me había cumplido", recuerda Solans.

En octubre de 1966, Armstrong había venido ya a la Argentina, invitado como comandante de la misión espacial Gemini 8³. Junto a Armstrong también vino Richard Gordon, quien había sido piloto en la misión Gemini 11 y más tarde sería piloto del módulo de mando en Apolo 12. Armstrong había dado una conferencia de prensa en el Teatro Municipal General San Martín junto al entonces presidente de la CNIE (luego CONAE), Teófilo Tabanera, y se reunió

03

Roberto Solans



en la Casa Rosada con el presidente de facto Onganía. Para ese entonces, nada hacía suponer que Armstrong sería el primer humano que caminaría en la Luna. ■

"Uno se podría tomar un mes para recorrer Buenos Aires, pero solo estuvimos allí por un día. Yo estaba engripado y me sentí mal desde que llegamos al aeropuerto. Me sentí aún peor cuando llegamos a una recepción en la residencia del embajador. Lamenté todos los filetes que me perdí, porque los argentinos son reconocidos por su carne y yo terminé enfermo, en cama y sin ninguno", dijo Michael Collins.

02 El primer intento del periodista Roberto Solans de fotografiar a los astronautas.

03 Primer plano de Armstrong, justo después de que el fotógrafo gritara: "¡Neiiiiiiiiiiil!".



05

Roberto Solans



04 El acta extraordinaria redactada por el escribano general Jorge Garrido. Hay un error, ya que Collins no fue el piloto del Módulo Lunar, llamado Águila, sino del Módulo de Mando, que quedó en órbita esperando por Armstrong y Aldrin.

05 Collage de tapas de diarios y revistas argentinas que anunciaban la llegada de los astronautas.

Notas

- 1 Buzz Aldrin visitó la Argentina en 1979 para el 10º Aniversario del Apolo 11, invitado por la CNIA (actual CONAE), y fue entrevistado por Mónica Cahen D'Anvers en su programa "Mónica Presenta", por Canal 13. Se lo puede ver en: <https://youtu.be/17jqZ4uZ0k4?si=pwpHxB6zWae0gBg5>.
- 2 La cobertura de Canal 13 está en: <https://www.youtube.com/watch?v=JK-Y9PPkS5I&t=417s>.
- 3 Armstrong había volado en la misión Gemini 8 hacía solo siete meses, en un vuelo que adquirió ribetes dramáticos cuando la cápsula comenzó a dar giros descontrolados apenas se había acoplado con el misil balístico Agena. La pericia de Armstrong logró estabilizar la cápsula y permitió el regreso ileso junto a su compañero, David Scott.

Perlita del futuro

Entre el 5 y el 10 de octubre de 1969 tuvo lugar el XXº Congreso Internacional de Astronáutica, organizado por la Asociación Argentina de Ciencias Aeroespaciales. Aquel encuentro no dio pie a noticias, pero sí a crónicas como la publicada por la revista 2001 Periodismo de Anticipación en su edición número 16 (noviembre de 1969). En una nota titulada "La guerra secreta de los sabios", los representantes de la revista lograron mantener una breve conversación con Leonid Sedov (1907-1999), un físico que entonces oficiaba como portavoz del Programa Espacial Soviético, y con Maxime Faget (1921-2004), entonces Director Ingeniero para el Desarrollo de los Vuelos Tripulados del Centro Espacial de Houston, EE.UU., luego, famoso por sus contribuciones en el diseño del transbordador espacial: el desarrollo de una nave reutilizable había sido encomendado ese mismo año. Durante un almuerzo al aire libre, Faget hizo un dibujito cuyo facsímil la revista "2001" publicó anunciando "cómo serán las futuras naves espaciales americanas" (foto 8).

06

Archivo General de la Nación



07

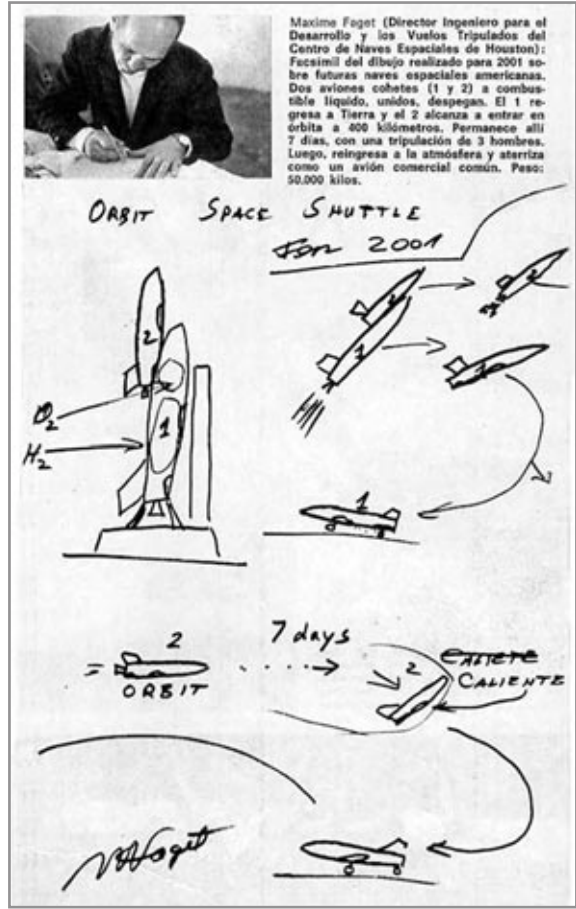
Roberto Solans



06 Armstrong y Collins junto al presidente Onganía, en la Casa Rosada, el 1° de octubre de 1969.

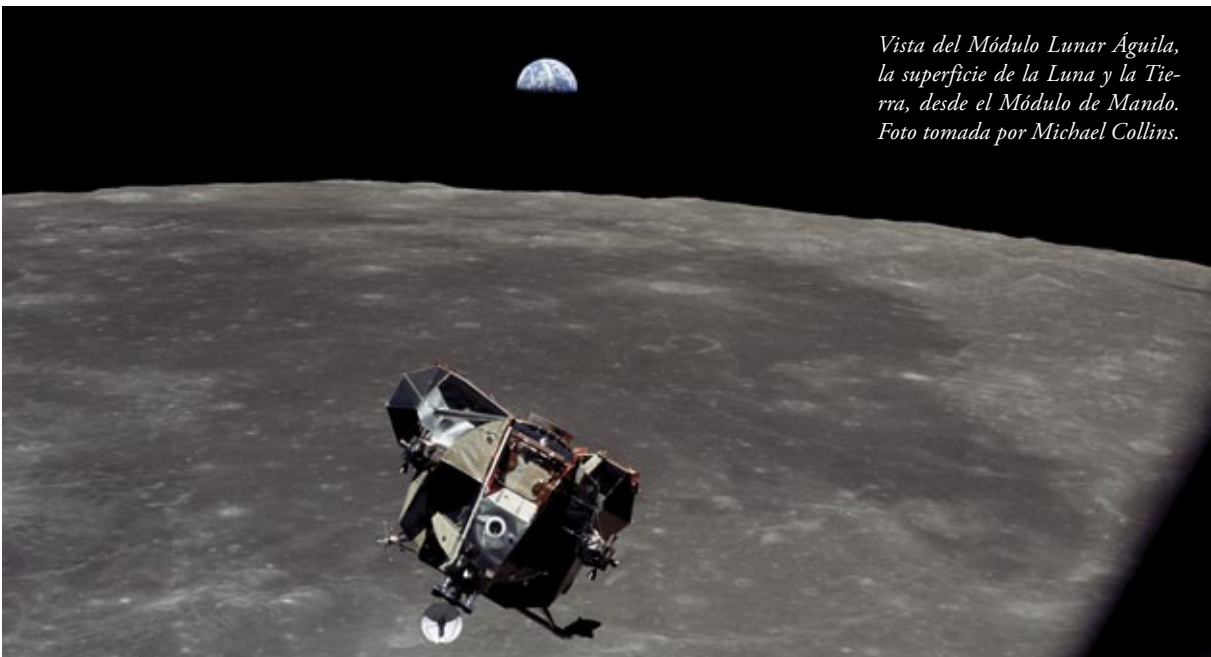
07 Collins saluda desde el auto que paseó a los astronautas del Apolo 11 por Buenos Aires.

08



08 La revista "2001 Periodismo de Anticipación" publicó, en 1969, una breve charla con Maxime Faget, ingeniero estadounidense famoso por sus contribuciones en el diseño del transbordador espacial. Faget hizo un dibujo que anunciaba las futuras naves espaciales, como el transbordador.

Apolo 11/NASA



Vista del Módulo Lunar Águila, la superficie de la Luna y la Tierra, desde el Módulo de Mando. Foto tomada por Michael Collins.

Starliner

EL VUELO ORBITAL TRIPULADO MÁS DIFÍCIL DE LA HISTORIA

Autor: Lic. Diego Córdova, prensaespacial.blogspot.com

01



El pasado 7 de septiembre de 2024 regresó, desde la Estación Espacial Internacional, la cápsula Starliner de la empresa Boeing Space, que aterrizó en el desierto de Nuevo México, EE.UU. Volvió sin sus dos tripulantes, los astronautas de la NASA Butch Wilmore y Sunita Williams, quienes habían despegado el 5 de junio y aún continúan en órbita como parte de la actual Expedición 72. Culminó así la primera prueba espacial tripulada de Boeing, pero con éxito parcial y muchos interrogantes pendientes de respuesta.

El 15 de junio de 2024 despegaba desde Cabo Cañaveral el cohete Atlas V, que portaba la cápsula Starliner, bautizada Calypso, de la empresa privada Boeing Space, una de las empresas que la NASA consideró para el programa tripulado comercial y el relevo de astronautas en la Estación Espacial Internacional, junto con SpaceX. Se trataba de la primera prueba integral con tripulantes, una misión corta de ocho días consistente en probar todos los sistemas y propulsores de Starliner, incluyendo su maniobrabilidad para encuentro y acople con la Estación Espacial. Sus tripulantes, los astronautas Butch Wilmore y Sunita Williams, ambos con gran experiencia en vuelos anteriores y estadias en el complejo orbital, fueron los designados para la misión. El lanzamiento de Starliner terminaba con años de fallas técnicas y humanas, postergaciones y hallazgos de problemas insólitos e inaceptables para una nave espacial; por ejemplo, poseer un cableado inflamable y un sistema de paracaídas defectuoso, entre otros.

Durante el primer vuelo de Starliner (una prueba no tripulada, realizada en diciembre de 2019), la computadora de a bordo falló; había sido programada erróneamente con un desfase de 11 horas con respecto a la realidad. Tal error provocó que los propulsores de la nave, una vez separada del cohete Atlas V, se encendieran por mucho tiempo más de lo programado, consumiendo combustible en exceso, sin darle la posibilidad de llegar y acoplar con la Estación Espacial. La cápsula fue recuperada tras mucho trabajo de los ingenieros de Boeing, pero la misión fue considerada como un fracaso parcial. Boeing debió repetir la prueba y, tras muchas dificultades, logró un éxito considerable en mayo de 2022, al acoplar su Starliner a la Estación Espacial Internacional, aunque tuvo algunas fugas de helio de su sistema propulsor, sin mayores consecuencias.

Los retrasos significaron grandes sobrecostos y una gran

02



pérdida de prestigio para la empresa que supo ser la gran diseñadora de casi todos los módulos de la actual Estación Espacial Internacional, la primera etapa del cohete Saturno V del programa Apolo y del actual cohete SLS, del programa Artemis, entre otros hitos históricos.

El accidentado debut de Starliner

Al momento del lanzamiento del primer vuelo tripulado de Starliner, su competidora, SpaceX, le llevaba cuatro años de ventaja. Desde su vuelo de pruebas tripulado, llamado Demo 2, ocurrido en mayo de 2020, la empresa de Elon Musk realizó ocho misiones operativas de relevo en la Estación Espacial, otras tres misiones privadas cortas, respaldadas por la empresa Axiom Space, y un vuelo independiente, sin acceso a la Estación Espacial, pero llegando a una altura orbital de 575 km. En un lapso de cuatro años, trece vuelos y cincuenta personas habían llegado al espacio de la mano de la joven empresa SpaceX, mientras que la histórica Boeing no lograba arrancar en este rubro. Los problemas de gestión fueron evidentes en los últimos quince años, pero su máxima expresión se notaría durante el desarrollo de su primera misión tripulada.

Esta misión tampoco estuvo exenta de problemas, ya que su lanzamiento debió ser postergado en varias oportunidades, primero por problemas con una computadora durante el conteo regresivo y, luego, por una fuga de helio detectada en su módulo de servicio. Era la misma contingencia del vuelo no tripulado de 2022. Algo que nunca se solucionó pero, al considerarse dentro de los límites de lo tolerable, la NASA y Boeing autorizaron su despegue.

Una vez que la Calypso llegó a la órbita terrestre en busca de la Estación Espacial para realizar el acople, las fugas de helio comenzaron a agravarse. El helio es un gas necesario para mantener bajo presión la hidracina, combustible de los propulsores de control de posición (RCS) de la nave,

04



sin lo cual podrían dejar de funcionar correctamente. Los propulsores RCS otorgan a la cápsula los movimientos finos de alabeo, cabeceo y guiñada para orientarse y acoplarse a la Estación Espacial y/o lograr el ángulo correcto de reentrada en la atmósfera terrestre durante el regreso. Sin ellos, podría colisionar con la Estación, en el primer caso, o arder y desintegrarse en la atmósfera terrestre, en el segundo. Las fugas de helio fueron dos durante el vuelo, y se sumó una tercera durante el acoplamiento del 6 de junio, por lo que debió ser demorado y llevado a cabo con más lentitud de lo previsto. En ese momento, se encendieron todas las alarmas cuando un total de cinco propulsores, de veintiocho, fallaron de manera intermitente.

La Starliner logró acoplarse a la Estación Espacial y sus tripulantes, Wilmore y Williams, se reunieron, por fin, con la entonces Expedición 71, compuesta por siete integrantes: los estadounidenses Matthew Dominick, Michael Barratt y Jeanette Epps, junto al cosmonauta Aleksandr Grebyonkin, llegados con la Crew 8, y los tripulantes de la Soyuz MS-25, los cosmonautas Oleg Kononeko, Nikolai Chub, y la astronauta Tracy Dyson.

El funcionamiento errático de los propulsores comenzó a ser una preocupación creciente para Boeing y para la NASA, ya que las pruebas que se realizaban en tierra, intentando replicar el escenario en el espacio, no conseguían aportar los datos necesarios para establecer si eran confia-

bles a la hora de un regreso seguro para los astronautas. Los días siguientes se transformaron en semanas reinadas por una incertidumbre alimentada, en gran parte, por una insólita rutina de magra información por parte de la NASA y Boeing. La misión original de ocho días de duración había quedado en el olvido. A pesar de no admitirlo abiertamente, la realidad indicaba que, si bien varios de los propulsores erráticos de Starliner habían sido recuperados tras un reinicio del sistema, no funcionaban del todo bien durante el tiempo que se necesitaba para un eventual regreso. La falta de confianza y la información insuficiente excedían el rango de lo aceptable para una misión tripulada.

La posibilidad de no utilizar la nave de Boeing para el regreso de los astronautas comenzó a ser cada vez más concreta. Sin embargo, en este aspecto, también había dificultades, pues Boeing admitió que la computadora de a bordo no tenía cargado el software necesario para un vuelo de regreso en automático, sin tripulantes. Mientras la NASA y Boeing decidían sobre la suerte de los astronautas y su nave, en ningún momento sufrieron contratiempos, más allá de la incertidumbre de su estadía en la Estación y su regreso. Si bien no estaban entrenados para una larga permanencia, la experiencia que ambos tenían de vuelos anteriores ayudó a que pudieran adaptarse al nuevo escenario. Finalmente, el 24 de agosto, tras casi ochenta días de iniciada la misión de Starliner, la máxima autoridad de NASA,

05



01 *Aproximación final de Starliner vista desde la Estación Espacial Internacional.*

02 *Los astronautas Butch Wilmore (izq.) y Sunita Williams antes de abordar la nave Starliner de Boeing.*

03 *Lanzamiento del cohete Atlas V con la nave Starliner rumbo a la Estación Espacial Internacional, el 05 de junio de 2024.*

04 *Reunión de los astronautas de Starliner con los siete integrantes de la Expedición 71 en la Estación Espacial Internacional.*

05 *Vista de la Starliner acoplada al puerto forward del módulo de la Estación Espacial Internacional.*

Bill Nelson, anunciaba que la nave de Boeing regresaría de manera automática, sin tripulantes, pues se había conseguido cargar el nuevo software de navegación a tal efecto y, a pesar de los grandes esfuerzos de sus ingenieros, nunca fue posible determinar si podía hacerlo con los astronautas de manera segura. Esto significó que Wilmore y Williams no podrían regresar en la nave que los llevó al gran complejo espacial internacional, y que la opción que les quedaba era su regreso en la nave Crew Dragon de SpaceX.

Crew Dragon al rescate

La Crew 9, programada para mediados de agosto, retrasó su lanzamiento para el 28 de septiembre y, de acuerdo con los nuevos planes, debió hacerlo llevando solamente dos de los cuatro astronautas originalmente asignados a la misión. El astronauta Tyler Hague fue el comandante y el cosmonauta Aleksandr Gorbunov, el ingeniero de vuelo, para dejar dos asientos libres para el regreso de Wilmore y Williams. El problema es que el regreso para los astronautas de Starliner no será en lo inmediato, ya que Wilmore y Williams debieron tomar el lugar en la Expedición 72 de las dos astronautas que no pudieron subir en la Crew 9, Zena Cardman y Stephanie Wilson. Por lo tanto, el viaje que originalmente sería de ocho días terminará siendo de ocho meses, pues el regreso será en febrero de 2025, cuando finalice la expedición.

Este nuevo capítulo en la historia del ser humano en el espacio nos demuestra que un vuelo espacial nunca es algo rutinario, y por eso no puede estar sujeto a gestiones que pasen por alto estándares que fueron validados hace muchos años. El hecho de que SpaceX tenga que traer de regreso a astronautas que habían despegado con Boeing es considerado por algunos como una humillación, pero para otros representa la flexibilidad que el programa comercial de vuelos tripulados buscaba desde hacía tanto tiempo, frente a este tipo de imprevistos.

Le queda a Boeing replantearse muchos procedimientos y su filosofía de trabajo antes de pensar en realizar nuevos vue-



los tripulados, sobre todo, si pretende estar a la par de SpaceX con los relevos operativos en la Estación Espacial Internacional. Seguramente, lo logrará en el corto plazo, ya que la competencia va forjando gradualmente la excelencia en el camino que el ser humano recorre en el espacio. ■



06 *Wilmore y Williams se adaptan a la nueva rutina en la Estación Espacial Internacional como parte de la Expedición 72.*

07 *Desacople automático y partida de la Starliner, sin tripulantes, el 7 de septiembre de 2024.*

08 *La Starliner aterrizada a salvo en el desierto de Nuevo México, EE.UU.*

09 *Alexander Gorbunov y Tyler Hague, en la Crew 9, donde además regresarán Wilmore y Williams en febrero de 2025.*

06



Desechos en torno a la Tierra

ATENCIÓN, BASURA ESPACIAL

Autora: Camila Lambert, periodista y licenciada.

José Chambó

Los satélites son la causa principal de los millones de desechos que orbitan la Tierra. Hay más de 1 millón de satélites inscriptos para ser lanzados al espacio de aquí a 2030. Ante este panorama, planes estratégicos de prevención y limpieza podrían ser la solución para evitar no solo la basura espacial sino también un futuro cielo protagonizado por “estrellas artificiales”.

Los seres humanos vivimos inmersos en un ciclo de producción-consumo casi inseparable de la vida moderna. Y en el rubro del desarrollo espacial, aunque el objeto de estudio se encuentre fuera de nuestro planeta, este estilo de vida también predomina. La mayoría de los artefactos que usamos para satisfacer nuestros deseos se quedan en la Tierra, pero otros tantos son enviados hacia el espacio exterior. Al menos, eso ocurre desde 1957, año en que la Unión Soviética dio inicio a la carrera espacial lanzando el primer satélite artificial. Desde entonces, se han lanzado más de 17.000 satélites, según la Oficina de Naciones Unidas para Asuntos del Espacio Exterior.

No obstante, tanto en la Tierra como fuera de ella, la producción y el consumo desmedido tienen consecuencias en la realidad. Tal como en nuestro planeta contaminamos el aire, el agua o incluso el mismo cielo, los productos que llevamos al espacio con distintas finalidades

también dejan millones de huellas: hay más de 24.000 objetos sin uso de 10 cm o más orbitando en el espacio, 1 millón de menos de 10 cm y probablemente más de 130 millones de menos de 1 cm (ONU, 2023. Informe

01 *Trazas de satélites registradas en una imagen de 4,0 x 2,5 grados de campo, con solo 15 minutos de exposición, en la que aparece el cometa C/2023 A3 (Tsuchinshan-ATLAS), en julio de 2024. En la fotografía de cometas no se pueden acumular más que unos minutos de exposición debido a que la dinámica cambiante de estos objetos hace que sus colas se vean borrosas. Esto hace que las trazas de los satélites no se puedan eliminar totalmente de la foto mediante algoritmos de rechazo, y que haya que hacerlo manualmente para que no aparezcan en una imagen con fines divulgativos. El daño a la ciencia es todavía más grande, pues estas trazas pueden enmascarar imágenes obtenidas desde observatorios profesionales que se dedican a la búsqueda de objetos como los NEOs, que pueden llegar a ser peligrosos por sus probabilidades de impacto con la Tierra.*



de políticas de Nuestra Agenda Común 7). Se trata de la llamada basura espacial: todos aquellos objetos fabricados por el ser humano que orbitan en el espacio sin ninguna utilidad. Esto incluye principalmente restos de misiones espaciales, satélites que han colisionado entre sí y artefactos que se han roto o cuya vida útil ya terminó.

¿Por qué tanta basura espacial?

La última década ha experimentado un crecimiento exponencial en el lanzamiento de satélites, la principal fuente de producción de basura espacial. Esto ha ocurrido en gran medida porque el vertiginoso avance de la tecnología ha disminuido el costo de lanzar satélites, y ha aumentado así la accesibilidad de este servicio, tanto para los gobiernos como para empresas privadas. Hasta 2012 se lanzaban anualmente, en promedio, 150 satélites al espacio. Pero con el tiempo la cantidad fue aumentando drásticamente: en 2013 se lanzaron 210 satélites, en 2020 fueron 1200, y solo en 2022 se lanzaron 2470 satélites. Actualmente, hay más de 12.000 satélites orbitando la Tierra.

En esta actualidad y frente a los años de desarrollo tecnológico que se avecinan, los expertos predicen un espacio exterior con más de 1 millón de satélites en órbita para 2030. Y la evidencia lo respalda: hay más de 1.700.000 satélites no geoestacionarios que están registrados en la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) para ser puestos en órbita hasta principios de 2030.

Una vida sin satélites

A pesar de los perjuicios, la utilidad de la exploración espacial es indiscutible. Los satélites proporcionan tantos beneficios que, en un balance entre pros y contras, los resultados terminan por camuflar la problemática de la basura espacial de manera superficial.

La vida moderna es tal y como la conocemos en gran me-

da gracias a los satélites. Sin esos mismos objetos que generan desechos ultraterrestres, hoy no podríamos ver la televisión, saber las condiciones meteorológicas a diario, escribirle a alguien que se encuentra a miles de kilómetros e, incluso, realizar llamadas sin la necesidad de que exista un cable de por medio.

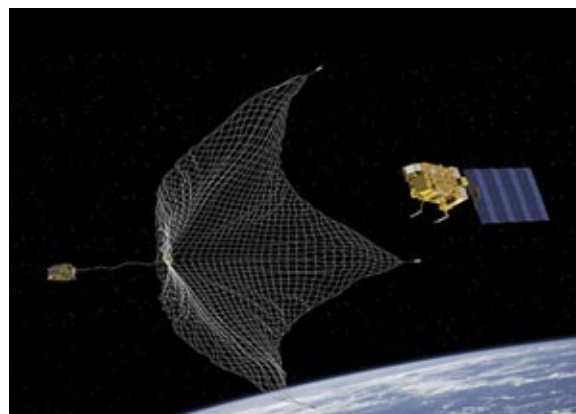
Sin los servicios satelitales tampoco podríamos:

- Llegar a un sitio desconocido con la ayuda de una app de navegación.
- Vigilar zonas naturales protegidas contra la deforestación y la caza furtiva.
- Dar respuesta rápida y eficiente a desastres ambientales como inundaciones e incendios.
- Reducir la brecha digital proporcionando acceso a internet a comunidades rurales aisladas de la ciudad.
- Realizar pronósticos meteorológicos de precisión.

En esta actualidad hermanada con la tecnología, una vida sin satélites suena inconcebible. Sin embargo, si el progreso humano solo se centra en crear nuevas técnicas para favorecer un área específica afectando otras, la esencia de progreso desaparece.

Los desafíos que constantemente ponen a prueba a la humanidad requieren abordajes multidisciplinares. Es así que todo desarrollo debe ser integral. Para lograr eso, es fundamental tener en cuenta el impacto de los proyectos, la sostenibilidad fuera de la Tierra y el bienestar de las generaciones futuras. En este caso, la solución más óptima se

03



02 Representación del BlueWalker 3, un satélite de servicios 5G que se convirtió en uno de los objetos artificiales más brillantes del cielo nocturno.

03 El RemoveDEBRIS es un satélite de prueba pensado para limpiar desechos del espacio ultraterrestre, y fue puesto en órbita desde la Estación Espacial Internacional.

04 El satélite ClearSpace-1 será puesto en órbita en marzo de 2025 con el objetivo de eliminar basura espacial de la misión Vega, lanzada en 2013 por la Agencia Espacial Europea.

vislumbra a través de un manejo sostenible de las herramientas satelitales que tantos beneficios proporcionan al desarrollo de la humanidad. Así como cada vez más empresas se aventuran en el lanzamiento de redes satelitales, tanto los entes reguladores como los gobiernos y las compañías privadas deberían proponer y ejecutar estrategias que solucionen con rapidez la problemática de la basura espacial antes de que sea tarde.

El otro problema de los satélites

Al inconveniente de la basura espacial se le suma la contaminación del cielo nocturno, generada por una cantidad excesiva de satélites en órbita. La mayoría de las veces, estos artefactos no cumplen con la recomendación del límite de magnitud 7 establecida por la Unión Astronómica Internacional. Esto representa un gran obstáculo para observar un cielo en el que cada vez aparecen más y más luces artificiales. Un claro ejemplo fue el famoso BlueWalker 3, un satélite de servicios 5G internacionales lanzado en 2022 que se convirtió en uno de los objetos artificiales más brillantes del cielo nocturno, lo que creó todo tipo de discusiones en el mundo astronómico profesional y aficionado. Si en el futuro no se impone una legislación firme respecto a la luminosidad de los satélites, muchos expertos temen que pronto tengamos un cielo de “estrellas artificiales”.

Satélites invisibles: ¿la solución?

La segunda generación de satélites de Starlink, que llevan internet a diversas partes del mundo, promete ser invisible al ojo humano. La empresa comandada por Elon Musk ya desarrolló satélites de un color negro de baja reflectividad que permitiría invisibilizar el artefacto a simple vista durante la mayor parte de su trayectoria en el cielo. Si esta tecnología demuestra eficiencia, es probable que en el futuro los satélites interfieran cada vez menos en la visibilidad humana. Aun así, en un escenario estelar superpoblado por satélites in-



visibles, su presencia seguiría obstruyendo el estudio de regiones lejanas del espacio exterior.

Soluciones a una problemática urgente

En junio de 2018 se desarrolló el primer satélite experimental, pensado para limpiar desechos del espacio ultraterrestre. El RemoveDEBRIS fue puesto en órbita desde la Estación Espacial Internacional con el fin de remover la basura espacial. Se trató de un proyecto de prueba en el que se utilizaron metodologías tales como expulsar un objeto al espacio y recogerlo con una red similar a la de un pescador. Sin embargo, los objetos en el espacio se mueven y se comportan de manera muy distinta a lo que ocurre en la Tierra. Este primer esbozo de un plan de limpieza fue dirigido por la Universidad

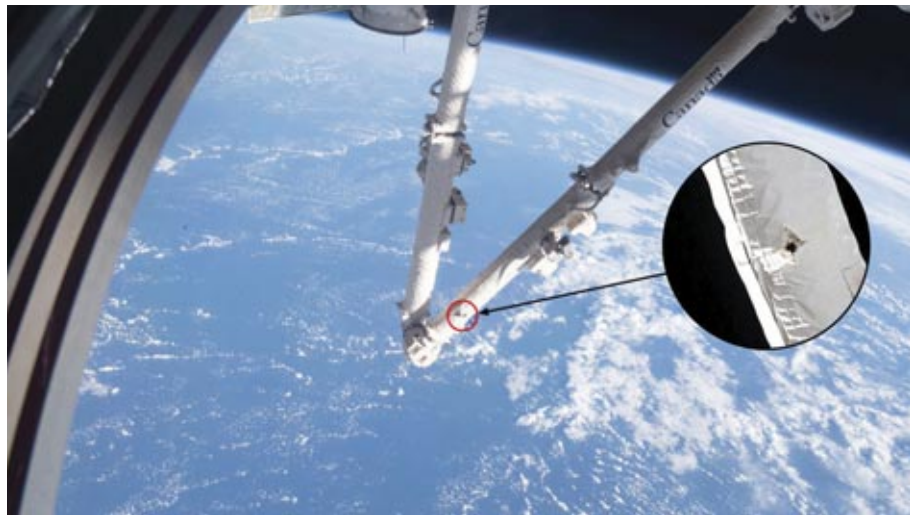
“Hay más de 130 millones de objetos considerados basura espacial orbitando la Tierra”.

de Surrey en Inglaterra y demostró que aún hay un largo camino por recorrer. Ya como una misión oficial, el satélite ClearSpace-1 viajará en marzo de 2025, con el objetivo de eliminar basura espacial y, a la vez, demostrar la eficacia de las tecnologías necesarias para este desafío. El proyecto fue creado por investigadores de la Escuela Politécnica Federal de Lausana, Suiza. En su primer lanzamiento, ClearSpace-1 viajará con un objetivo concreto: retirar la etapa superior de la

misión Vega (foto 06) que fue lanzada en 2013 por la Agencia Espacial Europea. ClearSpace-1 planea llegar a una altitud de entre 800 y 660 km para capturar el residuo empleando cuatro brazos robóticos. Luego, el satélite que captura y la etapa superior de la misión Vega se desintegrarán en la atmósfera.

Tanto en el caso del RemoveDEBRIS como con la misión ClearSpace-1, el objetivo es noble, pero el desafío, casi inabarcable. Hay más de 130 millones de objetos considerados basura espacial orbitando la Tierra (sin considerar el resto de minidesechos cuya cifra es desconocida). Esta cantidad podría potenciarse a niveles inéditos si se tiene en cuenta el más de millón de satélites que proyectan ser lanzados antes de 2030.

En vistas a este complejo horizonte espacial, se han acor-



dado una serie de directrices y marcos legales para reducir los efectos de los satélites en el espacio exterior. Pero lo cierto es que se trata en su mayoría de recomendaciones que ni los gobiernos ni las empresas privadas aún están obligados a cumplir. Existen regulaciones como el Convenio de Responsabilidad, que compromete al Estado que lanza un satélite por el daño ante accidentes generados por sus restos espaciales. En cuanto a contaminación por abandono de objetos espaciales, no existe ninguna prohibición concreta vigente.

En este sentido, si no se desarrolla un marco legal que proteja de manera estricta la sostenibilidad fuera de la Tierra, corremos el riesgo de contaminar el espacio de la misma forma que hemos contaminado la Tierra.

La idea de desarrollo espacial debe empezar a concebir de manera urgente planes estratégicos para mitigar los efectos que deja a su paso, para aprovechar los beneficios de los servicios satelitales sin dejar de proteger, a la vez, el bienestar de la humanidad. Si las empresas espaciales desarrollan una solución viable para que los restos de materiales no terminen en el espacio, evitaremos una problemática que ya se prevé como parte de un futuro inevitable. ■

“La utilidad y los beneficios de la exploración espacial son indiscutibles. Entre pros y contras, los resultados camuflan la problemática de la basura espacial”.

05 El Canadarm2 es el Sistema Móvil de Mantenimiento de la Estación Espacial Internacional, un sistema robotizado de equipamiento que sufrió un impacto con basura espacial contra su estructura, hace tres años.

06 La misión Vega fue lanzada en 2013 por la Agencia Espacial Europea. El satélite ClearSpace-1 retirará su etapa superior.

06

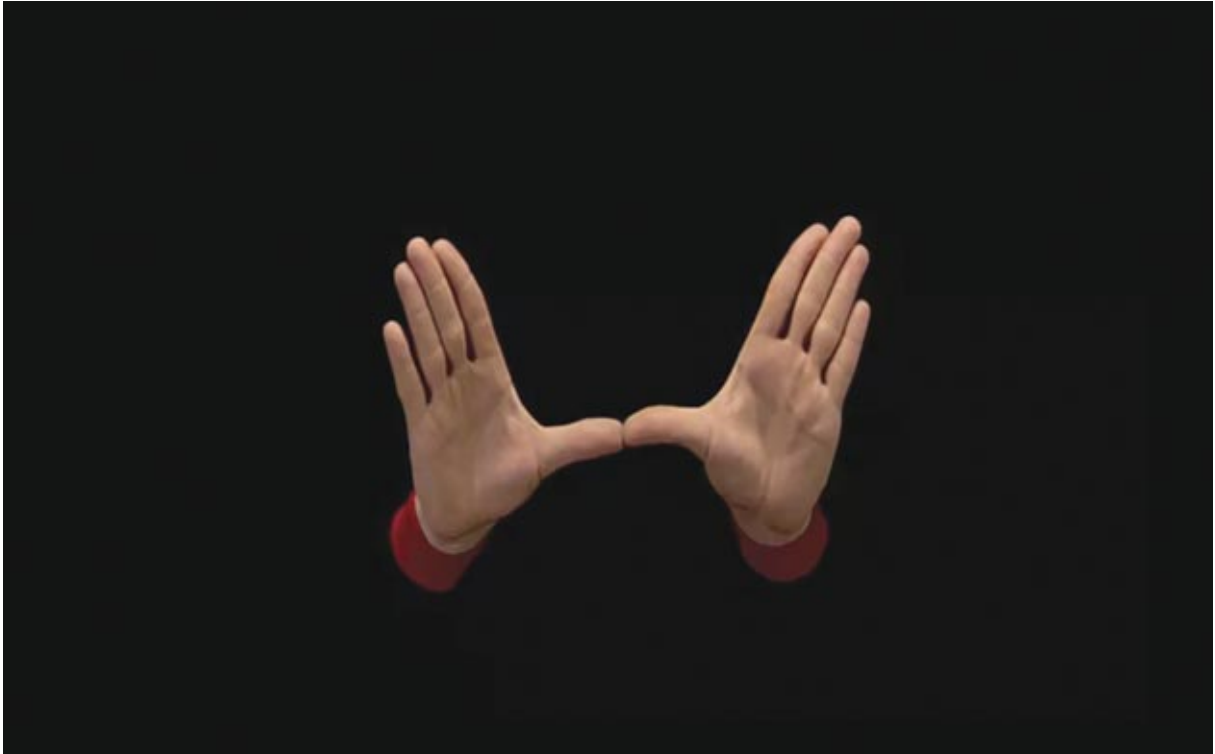


Qué leyes gobiernan la física...

DEL OTRO LADO DEL ESPEJO

Autor: Gaston Giribet, profesor de New York University, Doctor en Física y Doctor en Filosofía.

01



“Que haya sueños es raro, que haya espejos...”, dejó Borges. Este breve artículo habla justamente de eso, de las rarezas del mundo de los espejos. Y parte de la siguiente pregunta: ¿qué leyes gobiernan la física del otro lado del espejo?

● Son las leyes de la naturaleza simétricas ante izquierda y derecha? Es decir, ¿distinguen las leyes naturales entre lo dextrógiro y lo levógiro? ¿Habría sido posible un mundo especular? ¿Qué leyes rigen la física del otro lado del espejo?, ¿son las mismas leyes que las que gobiernan nuestro universo?

Estas son preguntas ingenuas, desinteresadas, básicas y, debido a todo ello, profundas y difíciles. Para comenzar a responderlas necesitamos un método. Propongo empezar pensando en la distinción inherente entre objetos quirales¹; es decir, entre aquellos pares de objetos que, siendo uno la versión especular del otro, son imposibles de yuxtaponer mediante una rotación en el espacio tridimensional. El ejemplo por antonomasia es el de una mano derecha y una mano izquierda. Al fin y al cabo, eso es lo que “quiral” significa: viene de la palabra griega χείρ, que significa “mano”. A los pares de objetos quirales se los llama también “enantiomorfos”, y pensar en ellos para argumentar acerca de las propiedades del espacio es un método que tiene historia: Immanuel Kant pensó por primera vez en los pares de objetos quirales hacia 1768, cuando presentó su famoso argumento de las “contrapar-

tes incongruentes”. Con él, Kant pretendía refutar la noción relacional del espacio que había propuesto Gottfried Leibniz y adoptar, en su lugar, la idea newtoniana de espacio absoluto. El argumento propuesto por Kant es interesante y podemos resumirlo así: nos propone pensar en una mano derecha y una mano izquierda, dos figuras con una quiralidad definida. Por un lado, tenemos que esas manos son una la contraparte incongruente de la otra; es decir, sería imposible yuxtaponerlas aunque las rotásemos en el espacio. Por otro lado, las dos manos serían indis-

01 Una mano derecha y una mano izquierda, dos figuras con una quiralidad definida: una es la contraparte incongruente de la otra, y sería imposible yuxtaponerlas aunque las rotásemos en el espacio. Imagen del miniprograma *Las Manos Mágicas (Trick and Treat with The Magic Hands)*, el original en inglés, producido en Estados Unidos, que presentaba trucos de magia en los que solamente se veían las manos, la barita y algunos otros elementos de los trucos. En Argentina se pasaba en las pausas publicitarias de los programas infantiles (como *La Hora de los Pibes*, o *Carozo y Narizota*) entre finales de la década del '60 y principios de los '80.



tinguibles entre sí si solo recurriésemos en su descripción a la relación que en el espacio toman sus partes constitutivas: yemas, uñas, líneas, pulgares, índices, venas, vello. Para distinguir entre ambas manos sería necesario algo más que la mera relación entre las posiciones de sus partes. Sin algo más que eso no nos sería posible dar cuenta de la diferencia, por todos conocida, que una mano izquierda presenta con la derecha. De esto, concluye Kant, se deriva que es necesario anclar el objeto quiral en el espacio absoluto para que le sirviese de referencia. Solo así sería posible describirlo en toda su naturaleza. Este argumento kantiano fue luego reconsiderado y criticado por muchos otros filósofos; entre los más notables, Wittgenstein y Deleuze. Pero no nos dispersemos... Volvamos al terreno de la ciencia.

El primero en proponer una asimetría inherente entre derecha e izquierda en la física fue, quizá, Louis Pasteur, quien, en torno a 1874, llegó a sugerir que, quizá, la vida es posible debido a tal asimetría. Pasteur ignoraba que la asimetría entre izquierda y derecha que exhiben las moléculas orgánicas quirales tiene, en cuanto debida a las leyes de la química, un origen contingente que nada tiene que ver con una asimetría inmanente de las leyes fundamentales de la física. Debido a esto, sus afirmaciones, si son tomadas literalmente y a la luz de nuestros conocimientos actuales, resultan erróneas. Aun así, Pasteur tuvo gran osadía e intuición al afirmar que las leyes de la física podrían resultar asimétricas ante reflexiones especulares.

Reflexiones de la física de partículas

La imagen que hoy tenemos de la asimetría entre derecha e izquierda en las leyes fundamentales de la naturaleza nace de una serie de descubrimientos de la física de partículas que tuvieron lugar hacia mediados del siglo XX. Quizá, el lector recuerde el fragmento de un libro de Richard Feynman en el que se pregunta cómo le haríamos entender a un extraterrestre, con el que solo nos comunicamos por radio, qué queremos decir cuando decimos “derecha” o “izquierda”. Al comunicarnos con el extraterrestre, propone Feynman, no podemos gesticular (ya que es por radio), ni tampoco enviarle referencias culturales (ya que

no las conocería). Tampoco sabemos de la anatomía del alien, si su cuerpo es simétrico o si presenta dextrocardia. Lo único universal que tenemos a nuestra disposición y que el extraterrestre y nosotros sí compartiríamos son las leyes de la física. Así, Feynman se pregunta: ¿qué experimento le sugeriríamos realizar al extraterrestre para que pudiéramos explicarle qué es la izquierda y qué es la derecha? No voy a espoilear el final de la historia del terrestre y el anti-marciano, pero... ups, perdón... Mejor sigamos con lo que veníamos conversando.

Hoy sabemos que la teoría electromagnética (y por ende todo lo derivado de ella, por más complejo que esto fuere, como la química o la biología) es simétrica ante una reflexión especular: la teoría electromagnética que describe los procesos del mundo que yace más allá de los espejos es igual a la que describe los procesos de nuestro lado. Y antes de que un bioquímico enardecido crea —como creyó Pasteur— tener un contraejemplo para refutar esta afirmación, valga la siguiente nota de cautela: aunque es cierto que expresiones de la química orgánica parecerían romper la simetría ante una reflexión (*e.g.* propiedades dicotómicas de aminoácidos quirales, compuestos dextrógiro vs. levógiro, el ADN mismo, etc.), aclaremos que esa aparente asimetría es “contingente” y no “fundamental”. Es decir, cualquier expresión de una asimetría entre derecha e izquierda en la química o la biología se debe a la contingencia de las condiciones iniciales y no a que las leyes fundamentales que rigen sean *per se* asimétricas. ¿Se entiende? Bien. Esto fue para evitar contraejemplos falaces y ahorrar tiempo. Continuemos. ¿Todas las leyes de la naturaleza respetan la simetría entre izquierda y derecha tal como lo hace el electromagnetismo? Pues bien, sabemos que la gravedad sí lo hace y, hasta donde hemos visto, también lo hace la fuerza nuclear fuerte (que sujeta los protones dentro del núcleo

“La fuerza nuclear débil es débil, sí, pero mueve montañas”.

02 Sello postal alemán de 1974. Immanuel Kant pensó por primera vez en los pares de objetos quirales hacia 1768.

03 El primero en proponer una asimetría inherente entre derecha e izquierda en la física fue, quizá, Louis Pasteur, y llegó a sugerir que, quizá, la vida es posible debido a tal asimetría.

04 El experimento de Chien-Shiung Wu mostró que un átomo de cobalto 60 decaía mediante un proceso de descomposición beta de manera asimétrica. A grandes rasgos, el átomo emitía más para un lado que para el otro, dependiendo de hacia dónde se encontraba girando: proceso imposible en el espejo.

atómico). No obstante, hay una fuerza que no es tan respetuosa con esa simetría: se trata de la fuerza nuclear débil. Esta última es la fuerza que está detrás de la descomposición beta, que permite, por ejemplo, que el neutrón se descomponga en un protón, un electrón y un antineutrino. En alguna medida, esta fuerza también nos es familiar: es responsable importante de que el Sol nos entregue su luz. Además, la fuerza nuclear débil interviene parcialmente en los movimientos tectónicos de nuestro planeta, ya que algunos procesos de descomposición beta tienen lugar en el núcleo terrestre. Parafraseando a un respetadísimo colega: *“La fuerza nuclear débil es débil, sí, pero mueve montañas”*.

Entonces, tenemos que una de las cuatro fuerzas de la naturaleza (la fuerza nuclear débil) sí distingue entre derecha e izquierda. Por ejemplo, los neutrinos que observamos en los laboratorios o en detectores de rayos cósmicos tienen una forma de giro determinada. Jamás hemos observado un neutrino girando para el otro lado. Esas criaturas solo existen del otro lado del espejo. Esto se relaciona con el hecho de que las partículas no interactúan mediante la fuerza nuclear débil con la misma propensión si giran de una forma o si giran en sentido opuesto. En otras palabras, algunos procesos físicos del

03



mundo en el espejo podrían ser diferentes. Algo que ya sabía Alicia.

Hoy los estudiantes de física aprenden sobre estas cosas en la universidad, e incluso es algo que aceptamos sin que nos lleve a rasgarnos las vestiduras; pero no fue tan sencillo de aceptar para los físicos de mediados del siglo XX. De hecho, fue algo que trajo mucha confusión. Recuerdo haber leído en las notas autobiográficas de Feynman alguna descripción de cómo fue paulatinamente aceptada la idea de que, en efecto, las ecuaciones de la física de partículas discriminan entre la quiralidad izquierda y la derecha. En aquellos tiempos era necesario convencerse y experimentar. Para los físicos de la década de 1950, rápidamente se impuso la necesidad de idear un experimento que mostrara un fenómeno que fuera posible en el mundo, pero que no lo fuera en el espejo. Un experimento tal requeriría de ingenio para su diseño y de una gran capacidad para llevarlo a cabo.

El experimento decisivo fue realizado en 1956 por la física Chien-Shiung Wu, quien se basó en una propuesta croquizada por sus colegas Tsung-Dao Lee y Chen Ning Yang unos meses antes. A los dos hombres, Lee y Yang, se les otorgó el premio Nobel al año siguiente; a la mujer, no. El reconocimiento del papel de Wu en el experimento quedó claro en la lectura del premio y también en el hecho de que en 1978 se le concediera a ella el prestigioso premio Wolf. De todas maneras, es unánime la opinión de que Wu² habría merecido ser parte del Nobel de 1957.

El experimento de Wu consistía básicamente en mostrar que un átomo (de cobalto 60) decaía mediante un proceso de descomposición beta de manera asimétrica. A grandes rasgos, el átomo emitía más para un lado que para el otro, dependiendo de hacia dónde se encontraba girando: proceso imposible en el espejo.

Una tríada inexorable

Esto nos devuelve a la pregunta del comienzo: ¿qué leyes gobiernan la física del otro lado del espejo? ¿Son las leyes

fundamentales de la naturaleza invariantes ante derecha e izquierda? Según lo que acabamos de ver, la respuesta es negativa. Decíamos que hoy entendemos que la naturaleza no es simétrica ante izquierda y derecha, que no hay razones teóricas para creer que las leyes fundamentales deban ser simétricas y, aún más importante, que los experimentos muestran que no lo son. Aun así, hay una simetría que sí debe ser respetada por toda ley natural. La teoría cuántica de campos muestra de manera contundente que las leyes de la naturaleza sí deben ser simétricas ante una operación conjunta que, aunque involucra la reflexión especular, involucra también otras dos transformaciones de simetría. A estas tres operaciones se las denomina C, P y T. Mientras que la operación P (paridad) corresponde a la reflexión en el espejo, la operación C (conjugación) corresponde a intercambiar partículas por antipartículas (*i.e.* reemplazar materia por antimateria). La tercera operación, la operación T (tiempo), corresponde a invertir la dirección del tiempo. Expliquemos qué quiere decir todo esto: aunque, como discutimos arriba, un proceso físico no tiene necesariamente que ser posible también en el espejo, lo que sí debe ser siempre posible es el proceso CPT-inverso. Esto quiere decir lo siguiente: el mundo del espejo sí se comportaría como el nuestro, pero solo si ese fuera un mundo con sus giros invertidos (P), con el tiempo hacia el pasado (T) y constituido de antimateria (C). En otras palabras, si un proceso físico es permitido por las leyes de la naturaleza, también lo será el proceso que se obtendría a partir del original reemplazando partículas por antipartículas, proyectando la película hacia atrás, y habiendo reflejado todo en el espejo. La física puede ser P-asimétrica, e incluso puede ser CP-asimétrica, pero siempre será CPT-simétrica. Que un proceso neutro, para el que la conjugación de carga (C) resulta una operación inocua, puede ser T-asimétrico (*i.e.* no simétrico ante inversión temporal) y P-asimétrico (*i.e.* no simétrico ante reflexiones especulares) fue el ejemplo que mostró esto por primera vez de manera tajante en 1964, cuando James W. Cronin y Val L. Fitch estudiaron la descomposición de los kaones neutros, por lo que dieciséis años más tarde recibirían el Nobel.

Lo que todo esto implica conceptualmente llega a conmover: a nivel fundamental, las leyes de la física discriminan entre izquierda y derecha; también lo hacen entre pasado y futuro, y entre materia y antimateria. La naturaleza es inherentemente distinta ante esos pares dicotómicos individuales (C, P, T), pero no lo es ante los tres conjuntamente aplicados (CPT).

La antimateria y los espejos

Pasemos ahora a otra pregunta, derivada de la anterior pero no por eso menos profunda: dado que la operación de conjugación (C) corresponde a intercambiar partículas por antipartículas, ¿logra la asimetría ante C explicar por qué en el universo hay más materia que antimateria? La pregunta parece natural, pero la respuesta es que, hasta donde sabemos, no. Si bien teorizamos que la asimetría

ante CP debe relacionarse con la supremacía de la materia sobre la antimateria, las proporciones de asimetría ante CP que hemos detectado en las leyes fundamentales de la física (*i.e.* debida a la fuerza nuclear débil) no es suficiente como para explicar la notabilísima diferencia entre materia y antimateria en el universo. Necesitamos menos simetría CP; es decir, necesitamos más diferencia entre la física de la materia de nuestro mundo y la de la antimateria en el espejo. Creemos que, en efecto, hay aún más diferencia entre esos dos reinos, pero que esa diferencia solo se expresará a altísimas energías, energías mucho más altas que aquellas con las que nos es dado experimentar en nuestros colisionadores de partículas u observatorios de rayos cósmicos. Teorizamos que, para que la asimetría ante CP se exprese de manera suficiente, sería necesario alcanzar energías similares a las que hubo en las primeras fracciones de existencia del cosmos, poco después del Big Bang, cuando el universo no era sino un opaco, pequeño y caliente caldo de energía. Fue en esos primeros instantes de la historia cósmica que la suerte entre materia y antimateria fue echada; desde entonces, todo evolucionó como lo sabemos, siendo la materia la dominante debido a una frugal herencia de sutiles rasgos asimétricos que las leyes fundamentales de la naturaleza exhiben. ■

“A nivel fundamental, las leyes de la física discriminan entre izquierda y derecha; también lo hacen entre pasado y futuro, y entre materia y antimateria”.

Notas

1 El término “quiral” fue acuñado por Lord Kelvin en 1893 durante una conferencia en Oxford. Refiere a un objeto cuya imagen especular no es alcanzable mediante rotaciones del mismo, *e.g.* una mano derecha es quiral en tanto su imagen especular, una mano izquierda, es imposible de ser obtenida mediante una rotación de la primera en nuestro espacio tridimensional. De hecho, “quiral” (en inglés, chiral) viene de la palabra griega *χείρ*, que significa “mano”.

2 Wu nació en 1912 en la ciudad de Liuhe en Taicang, en la provincia de Jiangsu, en China. Estudió en su país, en la que hoy se llama Universidad de Nanjing. Luego estudió y trabajó en los Estados Unidos: en Michigan, en el proyecto Manhattan, y en Columbia University, en Nueva York.

Immanuel Kant (1724-1804), filósofo prusiano.

Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1717), filósofo y matemático alemán.

Ludwig Wittgenstein (1889-1951), filósofo y matemático austríaco.

Gilles Deleuze (1925-1995), filósofo francés.

Val Logsdon Fitch (1923-2015) y James Watson Cronin (1931-2016) fueron dos físicos estadounidenses ganadores del Premio Nobel de Física en 1980.

Teorías en torno a la eternidad

DE POETA Y DE ASTRÓNOMO

Autor: Diego Luis Hernández, Planetario de la Ciudad de Buenos Aires Galileo Galilei.

El enigma del tiempo y el espacio se revela en todas las culturas, en los principios científicos, filosóficos y poéticos. Algunos filósofos contemporáneos aseguran que el espacio y el tiempo fueron inventados por los griegos, y que Einstein los reemplazó por una especie de centauro al que llamó “espacio-tiempo”.

Respectivamente, Platón advierte que el tiempo es una imagen móvil de la eternidad. Dante Alighieri describe en la Divina Comedia el origen del tiempo a través de una fuerza invisible de la “mente divina”, que gobierna los movimientos de los planetas alrededor de la Tierra. Y Galileo aclara que el reposo es un infinito grado de lentitud.

El teólogo y astrónomo aragonés Miguel Servet dijo a los jueces que lo habían condenado a la hoguera hace 471 años: “*Ya seguiremos discutiendo en la eternidad*”. También el místico monje Giordano Bruno fue consumido por las llamas de la Inquisición por defender la pluralidad de los mundos habitados.

En Historia de la Eternidad, Borges recuerda que el número de átomos que componen el universo es, aunque desmesurado, finito: “*En un tiempo infinito, el número de las permutaciones posibles debe ser alcanzado, y el universo tiene que repetirse*”. Hablaba del eterno retorno de Nietzsche, cosa a la que nadie escapa: “*El principio de la persistencia de la energía exige el eterno retorno. El mundo es un círculo que ya se ha repetido una infinidad de veces y que se seguirá repitiendo ad infinitum*”. El alemán del espeso bigote cayó en la locura durante los últimos años de su vida -quizás antes-, sin evadirse del eterno retorno del que, anteriormente, Platón había hecho referencia al suponer que “*los siete planetas, equilibradas sus diversas velocidades, regresarán al punto inicial de partida*”.

Fue el mismo Borges, quien observó que el cielo es la tierra de las estrellas, el que refutó teorías hoy marginales: “*La eternidad nos libra de la intolerable opresión de lo sucesivo. El movimiento, ocupación de sitios distintos en instantes distintos, es inconcebible*

sin tiempo, pero también lo es la inmovilidad”.

Nicolás de Cusa fue uno de los primeros filósofos que abandonó la concepción geométrica del mundo, y dejó asentado en la Docta Ignorancia, en 1440, que una línea infinita sería una recta, un triángulo, un círculo y una esfera a la vez, y que “*el universo es una esfera cuyo centro está en todas partes y su circunferencia, en ninguna*”.

Más cerca en el espacio y en el tiempo, Alejandro Dolina escribe en Crónicas del Ángel Gris: “*El universo es una perversa inmensidad hecha de ausencia*”.

Si pudiéramos aumentar el tamaño del núcleo de un átomo al de una avellana, la distancia a la que se encontraría un electrón del núcleo alrededor del cual gira sería, aproximadamente, de un kilómetro. Todo lo demás es vacío; esa ausencia, también representada por las distancias entre las estrellas.

Al compás del Martín Fierro

En nuestra literatura vernácula encontramos que el gaucho Martín Fierro (José Hernández, 1872 y 1879) suele hacer referencia a algunos fenómenos astronómicos. Por ejemplo, en su coloquio con el Moreno, se encuentra sometido al siguiente artificio:

*Bajo la frente más negra,
Hay pensamiento y hay vida.
La gente escuche tranquila,
No me haga ningún reproche:
También es negra la noche,
Y tiene estrellas que brillan.*

Como réplica, el gaucho se remite a sus bases matemáticas:

*Uno es el Sol, uno es el mundo,
Sola y única es la Luna;
Ansí, han de saber que Dio
No crió cantidad ninguna.
El ser de todos los seres
Solo formó la unidad;
Lo demás lo ha criado el hombre
Después que aprendió a contar.*



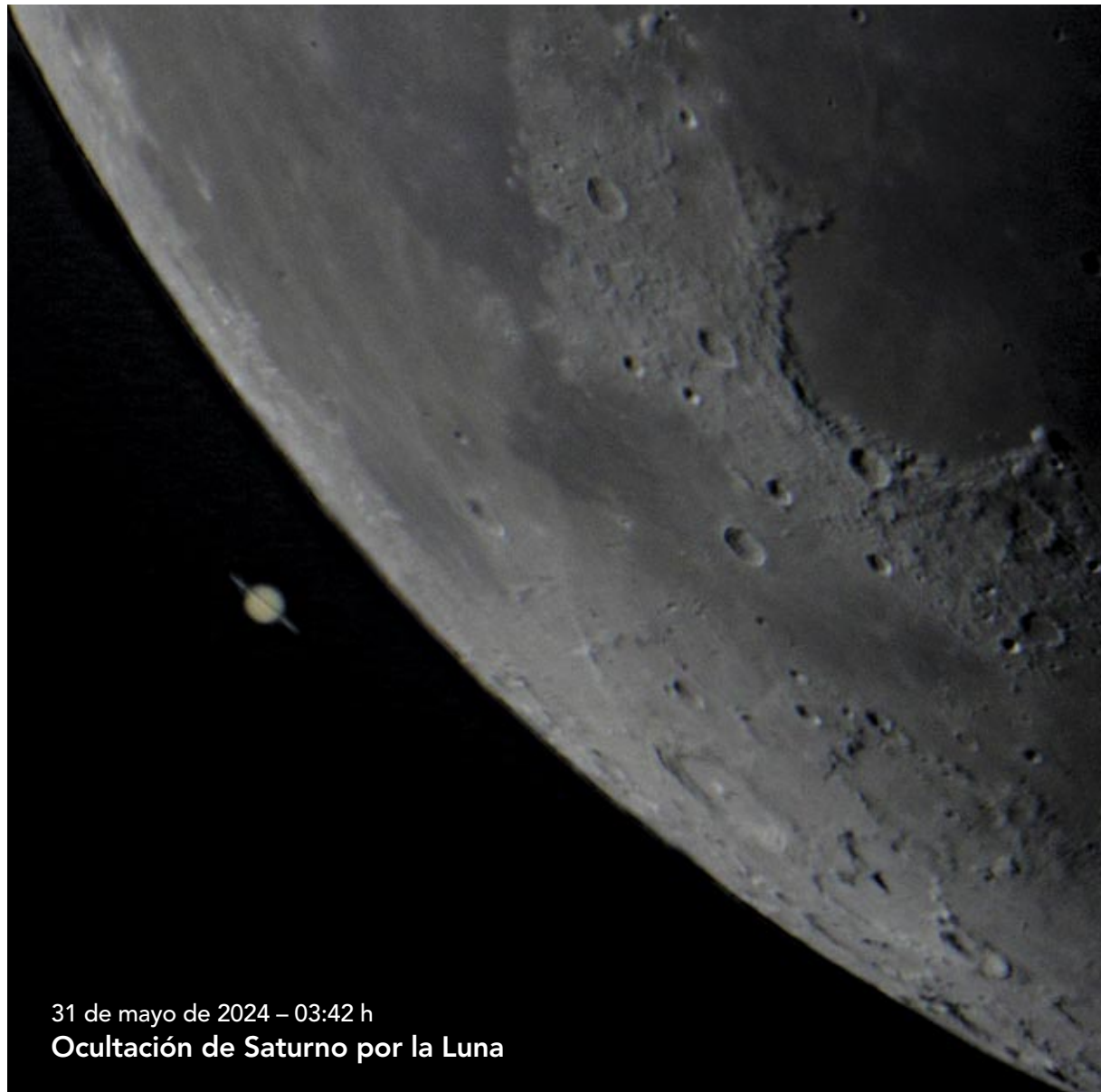
Y emulando a un viejo italiano que también acostumbraba a trenzarse en hostiles disputas verbales con sus adversarios científicos, hace alarde de sus conocimientos de la física:

*Dios guarda entre sus secretos
El secreto que eso encierra,
Y mandó que todo peso
Cayera siempre a la Tierra;
Y sigún compriendo yo,
Dende que hay bienes y males,
Fue el peso para pesar
Las culpas de los mortales.*

Podríamos continuar eternamente recopilando teorías y citas célebres, almacenándolas en una revista que contuviera infinita cantidad de páginas. Pero preferimos cerrar este artículo y esta edición de Si Muove aquí, con otra en-

señanza del Martín Fierro, quien al igual que Galileo, Newton o Einstein, supo interpretar los conceptos del tiempo, aceptando su destino mientras pasa el rato al compás de la vigüela:

*Moreno, voy a decir,
Sigún mi saber alcanza:
El tiempo solo es tardanza
De lo que está por venir.
No tuvo nunca principio
Ni jamás acabará.
Porque el tiempo es una rueda
Y rueda es eternidá;
Y si el hombre lo divide,
Solo lo hace, en mi sentir,
Por saber lo que ha vivido
O le resta que vivir. ■*



Mariano Ribas

31 de mayo de 2024 – 03:42 h
Ocultación de Saturno por la Luna

ESPECTÁCULO ATP PARA 7 A 12 AÑOS

AVENTURA ESPACIAL

El sueño de viajar por el espacio
se hace realidad



PLANETARIO
Galileo Galilei - Buenos Aires

