

# SI MUOVE

NÚMERO 17 - PRIMAVERA 2019



Espectáculo de divulgación astronómica para público en general

El deseo de comprender el universo bien puede ser la más antigua experiencia intelectual que tiene en común la humanidad. Los invitamos a compartir un impresionante viaje a través del tiempo y el espacio que nos permitirá descubrir el universo que la ciencia nos ha revelado.

# DE LA TIERRA AL UNIVERSO



Buenos Aires Ciudad



Vamos Buenos Aires

# SI MUOVE

NÚMERO 17 - PRIMAVERA 2019

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

**EDITORIA RESPONSABLE**  
VERÓNICA ESPINO

**DIRECTOR PERIODÍSTICO**  
DIEGO LUIS HERNÁNDEZ

**DIRECTOR DE ARTE Y DISEÑO**  
ALFREDO MAESTRONI

**SECRETARIO DE REDACCIÓN**  
MARIANO RIBAS

**REDACTORES DE ESTA EDICIÓN**  
GRACIELA CACACE  
DIEGO CÓRDOVA  
DIEGO GALPERIN  
TYCHO BRAHE

### COLABORADORES

Alberto Russomando, Pablo Iskandar, Adolfinia García Zavalía, Tamara Correa, Natalia Meilán, Guillermo Abramson, Bernardo y Jorge Burger, Javier Haramina, Carlos Di Nallo, Andrea Anfossi, Enzo de Bernardini, Cristian López, María Paula Pía, Natalia Di Biase, Germán Ledesma, Verónica Bruno.

### CORRECTORES

Walter Germaná, Natalia Jaoand.

### FOTO DE TAPA

Nicolás Arce, Planetario Galileo Galilei.

**AGRADECIMIENTOS**  
CONAE, NASA, ESA.

**IMPRESIÓN**  
IMPRENTA DEL GOBIERNO  
DE LA CIUDAD DE BUENOS AIRES

**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 Educación e Innovación

JePe de Gobierno: Horacio Rodríguez Larreta  
Ministra de Educación e Innovación: María Soledad Acuña  
Subsecretario de Planeamiento Educativo, Ciencia y Tecnología: Diego Meiriño  
Directora Gral. de Ciencia y Tecnología: Clara de Hertelendy  
GO del Planetario: Verónica Espino



Guillermo Abramson

## EDITORIAL

En esta edición de Si Muove intentamos reflejar, mediante imágenes y recuerdos, la experiencia del eclipse total de Sol del pasado 2 de julio, aunque sabemos que no existe absolutamente ninguna foto o video que llegue a representar fielmente lo que vivimos personalmente. Uno de los espectáculos más impresionantes de la naturaleza en todo su esplendor pudo ser observado por integrantes de nuestro Planetario, tanto desde la superficie (en la localidad de Carpintería, San Luis), como a 10.000 metros de altura, en un avión de Aerolíneas Argentinas que desvió su rumbo especialmente para que los pasajeros y la tripulación pudieran ver el eclipse. También contamos con imágenes y testimonios de muchos aficionados a la astronomía que lo observaron desde los más diversos lugares ubicados en la franja de la totalidad, y en nuestra ciudad, que quedó en el borde, con una parcialidad de un 99,6%. Debido a todo lo que generó este gran eclipse, ya estamos preparándonos para el próximo, que sucederá el 14 de diciembre de 2020 en Neuquén y Río Negro.

Además, en esta edición destacamos el acuerdo de colaboración establecido entre la Agencia Espacial Europea (ESA) y nuestro Planetario. Seguimos recordando las hazañas de las misiones Apolo y no nos olvidamos de los otros fenómenos celestes observables desde Argentina (el eclipse parcial de Luna y el Tránsito de Mercurio). Y si de observadores del cielo estamos hablando, esta vez contamos con la colaboración especial de un redactor muy particular, el más grande observador antes de la invención del telescopio, que viajó en el tiempo para estar presente en Si Muove N° 17.

### La redacción

Planetario de la Ciudad de Buenos Aires Galileo Galilei.

Código QR



Página web / Correo electrónico  
[www.planetario.gob.ar](http://www.planetario.gob.ar) / [revistaplanetario@buenosaires.gob.ar](mailto:revistaplanetario@buenosaires.gob.ar)

# SUMARIO

Guillermo Abramson



**05** Eclipse total de Sol

CONAE



**22** Jornada espacial

Carlos Di Nallo



**19** Galería astronómica

Javier Haramina



- 03 Editorial.
- 07 Eclipse total de Sol del 2 de julio.
- 15 El vuelo del eclipse.
- 18 El mismo eclipse, distintos modos de percibirlo.
- 19 Galería astronómica.
- 22 Jornada espacial.
- 26 Páginas centrales: de Sol a Sol.
- 28 Neptuno: 30 años después.
- 31 El olor de la Luna.
- 34 Cuestión de (huso) horario.
- 35 Los cráteres Armstrong, Aldrin y Collins.
- 36 Biología.
- 37 Ego Tycho.
- 45 Tránsito de Mercurio.
- 48 Eclipse parcial de Luna.

El mismo eclipse, distintos modos de percibirlo **18**

ECLIPSE TOTAL DE SOL

Bernardo y Jorge Burger



La totalidad del eclipse desde la sierra de los Comechingones, con vista a la ciudad de Merlo y el valle de Conlara, San Luis.



Protuberancias solares asoman segundos después de finalizar la totalidad.

2 de julio de 2019

# ATARDECER DE UN DÍA ECLIPSADO

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

*“Fue el espectáculo de la naturaleza más impresionante que vi en mi vida. Nunca imaginé que un eclipse total de Sol sería algo tan maravilloso. La naturaleza en todo su esplendor. Hasta me dio un poco de miedo. Ahora entiendo por qué la gente le tenía terror a los eclipses hace miles de años. Estuvimos meses preparándonos para ir a fotografiarlo. Ninguna foto o video puede representar fielmente lo que se vio y lo que se vivió en ese momento. De repente, parecía que el cielo tenía un gran agujero negro rodeado de un gran halo brillante. Viajamos mucho para verlo, pero siempre está presente el miedo a que ese día el cielo esté nublado. Todavía no encuentro palabras para describir el momento de la totalidad. Ahora estamos ansiosos por ver el próximo.”* Éstas fueron algunas de las reflexiones que surgieron en cualquier lugar de la franja de la totalidad del eclipse, segundos después del momento culminante.



Guillermo Abramson

El Sol se oculta en San Juan, antes de la finalización del eclipse.

# ECLIPSE TOTAL DE SOL

Cristian López



La totalidad del eclipse vista a orillas de la laguna El Hinojo, en Venado Tuerto, provincia de Santa Fe.

El 2 de julio de 2019 era un día esperado desde hacía muchos años: un eclipse total de Sol visible desde buena parte del centro de nuestro país. Los antecedentes más recientes de fenómenos similares habían sido en 2010, con otro eclipse total visto en El Calafate, con el Sol casi ocultándose, bastante incómodo y lejos, para la mayoría de nosotros, además de que coincidía con la final del Mundial que ganó España; y el eclipse anular de febrero de 2017 en Chubut (quienes ahora podemos decir que vimos tanto un eclipse anular como uno total, entendimos las enormes e increíbles diferencias a favor de un eclipse total).

El eclipse de Sol del 2 de julio pudo ser observado en forma parcial desde toda la Argentina y buena parte de Sudamérica, y en forma total desde una estrecha franja de unos 150 km de ancho que atravesó el centro del país, y que en realidad recorrió más de 11 mil kilómetros de oeste a este, desde el Océano Pacífico, donde el eclipse comenzó en el amanecer local, hasta el este de la provincia de Buenos Aires, donde la totalidad se vio durante la puesta del Sol. En este caso, en nuestro país el eclipse resultó en un horario cercano al atardecer, pero relativamente cómodo para ser observado por muchísima gente en una gran cantidad de localidades en varias provincias. Al ocurrir en esos horarios, el eclipse se dio a baja altura, cerca del horizonte oeste. Por eso, mientras más al oeste nos encontráramos, mejor sería su visibilidad.

En la provincia de San Juan, el Sol y la Luna, en el momento de la totalidad, estuvieron a 12° de altura, y mientras más al este uno se encontrara, más bajo resultaría. Con mayor o menor dificultad, la totalidad pudo ser vista desde las más diversas localidades que se encontraban en esa estrecha franja: Bella Vista, Iglesia, Jáchal, Mogna y Tala-

casto (San Juan); Mascasín y Chepes (La Rioja); Merlo, Carpintería, Cortaderas, Candelaria (San Luis); Río Cuarto, Villa Dolores, Alpa Corral, Canals, Arias (Córdoba); Venado Tuerto, Melincué, Hughes (Santa Fe); Pergamino, Junín, Arrecifes, Chacabuco, Carmen de Areco, Chivilcoy, Mercedes, Lobos, Cañuelas, San Miguel del Monte, Chascomús (Buenos Aires); y muchas otras.

En la Ciudad de Buenos Aires el eclipse llegó a un 99,6%, casi en el borde de la franja de totalidad, por muy poquito. Sin embargo, esa escasa diferencia representaba una verdadera grieta: la de ver un eclipse total o, apenas, uno parcial. Mientras más hacia el sur o hacia el norte de la franja de totalidad uno se encontraba, menor era el porcentaje del Sol cubierto por la Luna. Fue de un 98% en Rosario, 88% en Bahía Blanca, 87% en Santiago del Estero, 85% en San Miguel de Tucumán, 80% en Neuquén y Viedma, 77% en Corrientes, 73% en Posadas, 63% en Comodoro Rivadavia, 45% en Ushuaia, entre otros.

### Mecánica celeste

Para que un eclipse sea total, el Sol, la Luna y la Tierra tienen que estar alineados perfectamente. Eso ocurre, en promedio, una o dos veces al año, pero la mayoría de las veces no nos toca estar en esa franja en la que se da la totalidad.

Cuando, además, el tamaño aparente de la Luna vista desde la Tierra es mayor que el del Sol, la Luna tapa por completo al Sol durante algunos minutos. Si el diámetro aparente de la Luna es menor al del Sol (lo que ocurre cuando el eclipse se da en las fechas en las que la Luna está en su punto más alejado de la Tierra), tenemos un eclipse anular, en el que la Luna no alcanza a tapar por

01



Diego Hernández

02

Carlos Di Nallo



**01** (Página 9) Un espinillo se interpone entre el eclipse y la cámara, a punto de ocultarse el Sol, desde Carpintería, San Luis.

**02** Minutos antes de la totalidad, en Talacasto, San Juan.

**03** Segundos antes de la totalidad, en Venado Tuerto, Santa Fe.

**04 y 05** (Página 12) Diferentes aspectos de la parcialidad, desde el Planetario de Buenos Aires (04) y desde el barrio de Colegiales (05). **06 y 07** Minutos después de la totalidad, desde Chivilcoy, provincia de Buenos Aires (06), y Venado Tuerto, Santa Fe (07).

**08** (Página 12) La totalidad del eclipse vista desde Talacasto, San Juan.

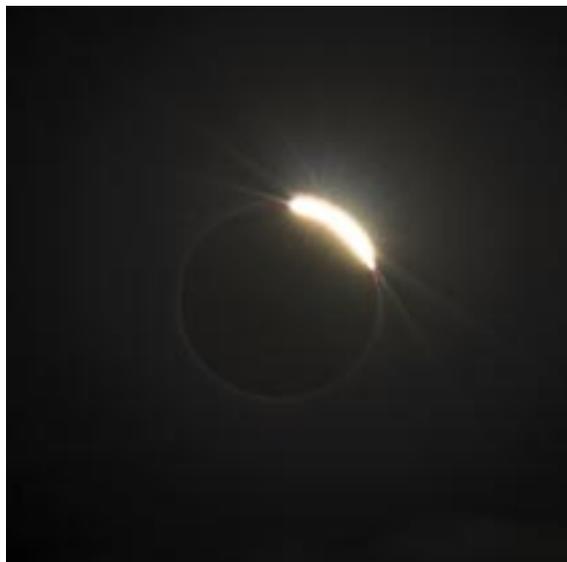
**09** (Página 13) El Sol (y la Luna) a punto de ocultarse, 40 minutos después de la totalidad.

**10** (Página 13) El equipo del Planetario Galileo Galilei que observó el eclipse desde Carpintería, San Luis.

**11** (Página 14) El llamado “anillo de diamantes” es un efecto que se produce segundos antes o, como en este caso, segundos después de la totalidad de un eclipse de Sol. En Carpintería se dio a las 17:43:43.

03

Cristian López



completo al Sol (como el de 2017 en Chubut).

En el caso de un eclipse total como el del 2 de julio pasado, el mayor tamaño aparente de la Luna hizo que el momento de la totalidad durara alrededor de dos minutos y medio a lo largo de toda la franja que cubrió nuestro país.

Debido a la rotación de la Tierra, esa zona se va desplazando por su superficie de oeste a este. Si uno mirara la Tierra desde el espacio, la “banda” de la totalidad, en realidad, sería un círculo oscuro sobre la superficie, provocado por el eclipse.

### La experiencia

Un grupo de integrantes del Planetario Galileo Galilei viajó especialmente a Carpintería, San Luis, para observar y registrar el eclipse; y otro se subió a un avión de Aerolíneas Argentinas para verlo desde el aire (ver *El vuelo del eclipse*).

Quienes lo vimos desde la superficie, viajamos unos días antes para tener todo preparado: cámaras para filmar y fotografiar, telescopios, binoculares, filtros, etc.

El día del eclipse en San Luis el cielo estuvo despejado, al igual que en San Juan. Sin embargo, algunas nubes molestaron un poco en buena parte de la provincia de Buenos Aires.

En Carpintería, a las 16:30 comenzó la etapa de parcialidad, con el Sol a casi 20° de altura sobre el horizonte. Desde nuestra posición, en una terraza con orientación hacia el oeste, con vista hacia el valle de Conlara y las sierras de los Comechingones hacia el lado opuesto, no sólo pudimos contemplar con mucha comodidad cada etapa del eclipse, sino también el marco del paisaje y cómo todo se iba oscureciendo con el paso de los minutos. Todo rodeado por un entorno natural que nos permitió contemplar, entre otras cosas, cómo las aves (calandrias, horneros, pepiteros, cacholotes, cortarramas



Tener dos eclipses totales de Sol tan próximos en el tiempo en el mismo país, en zonas relativamente cercanas, no es muy habitual. Si a esto le sumamos el eclipse anular de 2017, podemos decir que es una excelente racha. Después de habernos sorprendido tanto con el eclipse del pasado 2 de julio, no sólo estamos contando los días mientras esperamos por el próximo, sino que mientras, intentaremos convencer a quienes nunca observaron un eclipse total, de que ya vayan programando su viaje al sur para el **14 de diciembre de 2020**, o de alertar a quienes viven en las zonas cercanas para que no se lo pierdan.

Este próximo eclipse tendrá su franja de totalidad en latitudes cercanas a los 40° sur, es decir, en las provincias de Neuquén y Río Negro. Además, el centro del eclipse coincide, más o menos, con el centro de la provincia de Río Negro. Eso quiere decir que lo podremos observar en horas cercanas al mediodía, con el Sol y la Luna bien elevados en el cielo. Y como además, la fecha es muy cercana a la del inicio del verano, la altura del Sol será de unos 70° sobre el horizonte.

Algunas de las localidades próximas al centro de la franja, desde donde la totalidad durará poco más de dos minutos, son Piedra del Águila (Neuquén), Las Grutas, San Antonio Oeste y Valcheta (Río Negro). Cuando finalice este eclipse estaremos ansiosos por saber cuándo serán los siguientes; entonces, aquí publicamos los mapas con la franja de totalidad para los eclipses de Sol, totales y anulares, visibles en nuestro país entre 2017 y 2061. Podemos ver que después del de 2020, habrá tres eclipses anulares visibles en Argentina, y que habrá que esperar hasta 2048 para observar otro eclipse total de Sol desde aquí, al menos, en la parte continental.



Google Maps

04

Adolfina García Zavaglia



05

Alfredo Maestroni



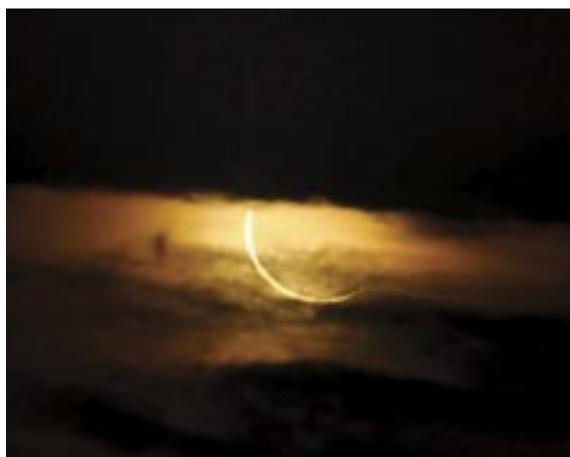
06

Germán Ledesma



07

Natalia Di Biase



y jilgueros) dejaron de cantar para irse a dormir durante la oscuridad repentina.

La Luna comenzó a tapar el Sol, y al principio todo ocurre lentamente. Eso permite relajarse y disfrutar cada momento. Pero a medida que van pasando los minutos, casi imperceptiblemente, la luz y la temperatura van bajando en forma muy particular. No parece un atardecer como cualquier otro. Los tonos son diferentes, no están los típicos colores naranjas o rosados de un atardecer o amanecer habitual, y el Sol aún permanece visible, aunque para observarlo en forma directa hacen falta anteojos especiales para eclipses o binoculares y telescopios con filtros.

La emoción y los nervios van creciendo a medida que la Luna sigue ocultando al Sol. A las 17:41 se vio el último destello de luz del Sol por detrás de la Luna. Y a partir de ahí nos quitamos los filtros y los anteojos especiales, para empezar a observar la totalidad a simple vista. Durante 2 minutos y 19 segundos, lo que duró la totalidad en Carpintería, pudimos ver a simple vista la corona solar (algo que solamente se puede observar durante la totalidad de un eclipse o, como hacen los científicos, mediante instrumentos que simulan eclipses; pero no es lo mismo) y especialmente, vivir algo que con palabras es difícil de explicar. En el cielo parece

08

Carlos Di Nallo



haber un agujero negro rodeado de un gran halo brillante. Todo de un tamaño superior al que podíamos esperar, quizás, debido a la cercanía del Sol y la Luna al horizonte (unos 7° en San Luis), y la ilusión óptica que hace que veamos al Sol o a la Luna más grandes cuando están cerca del horizonte.

Es el mismo momento en el que todo se oscurece y se hace “de noche” durante el día. La iluminación de las

09

Alberto Russomando



10





calle se enciende, como todas las noches; aparecen algunas estrellas (llegamos a ver la Cruz del Sur, Alfa y Beta Centauri, Sirio, Canopus, Antares) y Júpiter, que aparecía hacia el otro lado del cielo, por encima de las sierras. La noche no es cerrada, porque alrededor del Sol hay un halo brillante que ilumina un poco y, especialmente, sobre el horizonte el cielo está claro, como un amanecer pero de forma circular. La oscuridad absoluta parecía estar en el centro del Sol, donde, en realidad, estaba la Luna tapándolo.

A través de telescopios se podían observar algunas protuberancias que sobresalían por el “borde” y que podemos apreciar en las imágenes de las páginas 6 y 14.

A las 17:43 y 46 segundos apareció el primer destello de luz por el sector opuesto al que habíamos visto el último, apenas 2 minutos y 19 segundos antes. A pesar de lo efímero del momento de la totalidad, no nos resultó tan corto como se podría pensar; pero en cuanto terminó, nos quedamos con la sensación de querer más, y de que llegue pronto el próximo.

Un evento como éste no produce ningún cambio sobrenatural, ni particular en las personas. Sin embargo, acostumbrados a observar la naturaleza, entendimos que un eclipse total de Sol está entre los fenómenos más impresionantes, y por qué tanta gente (entre los que nos encon-

tramos, obviamente) organiza viajes de miles de kilómetros para observar algo que puede durar unos pocos minutos, para ver algo que no representa ningún misterio, sino que está estudiado y comprendido desde hace miles de años, y sin embargo, sigue resultando fascinante.

A las 18:24 el Sol se ocultó, aún parcialmente eclipsado, lo que le dio un último detalle particular a esa tarde inolvidable. El eclipse finalizó, para nosotros, unos 20 minutos después de que dejamos de ver el Sol bajo el horizonte.

Existen sitios web en los que se publica un conteo de días, horas, minutos y segundos faltantes hasta el próximo Mundial, el estreno de una serie o película muy esperada, la llegada al país de un astro de la música o el arribo de una nave a algún planeta. Del mismo modo, ahora están los que cuentan cuánto falta para el próximo eclipse total.

Si no pudieron observar el del pasado 2 de julio, vayan pensando en el del 14 de diciembre de 2020. En la Patagonia hay playas, montañas, bosques, lagos, estepa, salinas, cielos oscuros, flora y fauna. Es un lugar excelente para vacacionar, y mucho más si eso incluye un eclipse total de Sol. Y si lo observaron este año, seguramente ya han decidido viajar para ver el próximo, porque no hay parcialidad que se compare a la experiencia de la totalidad. ■

*El vuelo del eclipse*

# UNA EXPERIENCIA INOLVIDABLE

**Autora:** Lic. Graciela Cacace, Planetario de la Ciudad de Buenos Aires Galileo Galilei.



Verónica Espino

*Por primera vez en Argentina, un vuelo comercial siguió la trayectoria de un eclipse total de Sol y sorprendió a todos los pasajeros.*

**E**l vuelo AR1436 de Aerolíneas Argentinas del 2 de julio de 2019, que partió a las 16:15 desde el Aeroparque Metropolitano, se acercó a San Juan justo en el momento del eclipse total de Sol. La propuesta del *Vuelo del eclipse* surgió de uno de los pilotos de Aerolíneas que habitualmente hace ese recorrido, quien sugirió modificar el horario del último vuelo del día a San Juan para ver, desde una platea preferencial en el cielo, este fenómeno de la naturaleza que se da con poca frecuencia. La empresa lo escuchó, visitaron el Planetario de Buenos Aires para pedir asesoramiento y se pusieron en marcha para organizar el evento. Observar un eclipse desde un avión permite desligarse de las condiciones meteorológicas (si está nublado, o no), y además da la oportunidad de ver la sombra de la Luna, la franja de la totalidad, como un manchón negro que avanza sobre la superficie de la Tierra. Antes del viaje y ya en el Aeroparque, la gerente operativa del Planetario, Verónica Espino, y la Licenciada en As-

tronomía, Natalia Meilán, dictaron una capacitación para periodistas y personal de Aerolíneas Argentinas, en la que contaron los detalles del eclipse y las técnicas para fotografiarlo, y transmitieron la emoción de vivir en primera persona un fenómeno único.

## **El vuelo del 2 de julio de 2019 nunca lo olvidaremos**

Varios minutos después del despegue y de la bienvenida, llegó la gran sorpresa: la tripulación comenzó a repartir anteojos especiales para ver eclipses solares entre todos los pasajeros; una clara invitación a ser protagonistas del *Vuelo del eclipse total de Sol*.

Ya la parcialidad del eclipse generó un gran revuelo a bordo. Mientras la tripulación intentaba contener el entusiasmo de la gente, los pasajeros charlaban, los periodistas entrevistaban al personal del Planetario y al público; los que estaban sentados junto a la ventanilla cedían sus asientos, de a ratos, para que todos pudieran

01



02



03



**01** *Integrantes del Planetario de Buenos Aires observaron y fotografiaron el eclipse a través de las ventanillas del avión de Aerolíneas Argentinas.*

**02** *Foto original de tapa. Autor: Nicolás Arce, Planetario de la Ciudad de Buenos Aires, desde el vuelo a San Juan de Aerolíneas Argentinas.*

**03** *Integrantes del Planetario con los pilotos de Aerolíneas, a minutos de haber aterrizado en San Juan, poco después de la totalidad del eclipse, y minutos antes de regresar a Buenos Aires (06).*

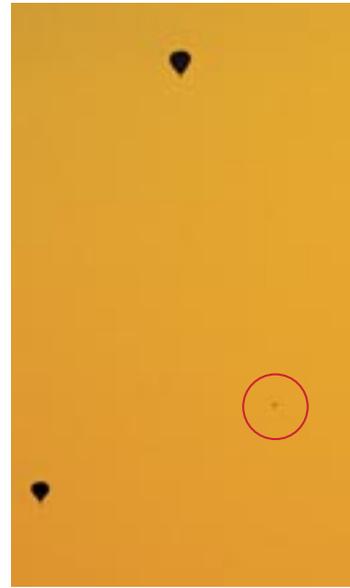
**04 y 05** *El vuelo 1436 de Aerolíneas Argentinas visto desde Carpintería, San Luis, por otro grupo de integrantes de nuestro Planetario; y el mismo avión (en el círculo) por detrás de un grupo de globos aerostáticos que se elevaron en Merlo.*

04



Diego Hernández

05



Alberto Russomando

observar el fenómeno con sus anteojos. Quienes manejaban más las cuestiones tecnológicas, aconsejaban cómo obtener mejores fotografías. Un clima ideal para un espectáculo que todos estábamos dispuestos a disfrutar.

A las 17:38 estábamos todos pegados a las ventanillas de-rechas. Un minuto más tarde, llegó la fase total y el período de oscuridad, junto con los aplausos, las emociones y expresiones como: “¡no lo puedo creer!”, “¡increíble!”, “¡maravilloso!”, “¡gracias!”.

Fuimos testigos de una combinación perfecta entre la mecánica de los cielos y la capacidad de la ciencia para poder predecir, con lujo de detalles, todo lo que iba ocurriendo.

A las 18:05 anunciaron que el avión aterrizaría en pocos minutos en el aeropuerto de San Juan. Así se vivió el *Vuelo del eclipse* en un avión de Aerolíneas Argentinas, un fenómeno astronómico sin igual e inolvidable para los que tuvimos la oportunidad de viajar. ■

06



Verónica Espino



## El mismo eclipse, distintos modos de percibirlo

El Proyecto "Miradas al cielo" (Universidad Nacional de Río Negro/IFDC El Bolsón) fue parte central de la organización de las 1ras. Jornadas Internacionales de Promoción de la Cultura Científica en Astronomía (1ras. JIPCCA) que se desarrollaron en el auditorio Eloy Camus de la ciudad de San Juan los días 30 de junio y 1° de julio, y que finalizaron el martes 2 de julio con una observación pública y gratuita del eclipse solar desde un predio cercano a la localidad de Bella Vista (San Juan).

Durante los primeros dos días se llevaron a cabo charlas de especialistas, mesas redondas, exposiciones de trabajos, una observación del cielo y un concierto en vivo con videos astronómicos, con una participación de 350 personas entre todas estas propuestas. Por su parte, a Bella Vista concurrieron unas 10.000 personas entre aficionados, científicos, público general, autoridades provinciales y medios de comunicación que transmitieron el evento en vivo a todo el mundo. Se contó también con un escenario con bandas en vivo, carpas con productos regionales y una pantalla gigante en la que se proyectaba el eclipse y todo lo que sucedía en el evento.

Las Jornadas fueron organizadas junto al Instituto de Astronomía y Física del Espacio (UBA/CONICET) y el Observatorio Astronómico Félix Aguilar (UNSJ), con el auspicio del Ministerio de Cultura y Turismo de San Juan, la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, y la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Nación (Declaración de interés 364/2019).

Dado que miles de personas pudieron observar y registrar el fenómeno, hemos creado un espacio virtual con el fin de compartir las vivencias y registros de aquellos que estuvieron con nosotros en Bella Vista, pero también las de otros observadores que pudieron distinguir el eclipse desde sitios diferentes. La idea es tratar de reflejar lo que despierta un eclipse solar en las personas, aún en aquellos que rara vez se han puesto en contacto con el cielo, y mostrar distintos modos de percibirlo y de registrarlo, desde los métodos más sencillos a los más sofisticados. Queremos mostrar, una vez más, que vale la pena recuperar la costumbre de "ponerse en contacto con el cielo", y que es fundamental organizar propuestas significativamente vivenciales para que ello ocurra.

**Diego Galperin, Director del Proyecto "Miradas al cielo".**

1ras. Jornadas Internacionales de Promoción de la Cultura Científica en Astronomía: [www.eclipses.com.ar](http://www.eclipses.com.ar)

Entorno virtual "El mismo eclipse, distintos modos de percibirlo": <https://sites.google.com/view/eclipsesolar2019>.

Proyecto "Miradas al cielo": [www.miradasalcielo.com.ar/](http://www.miradasalcielo.com.ar/) / [www.facebook.com/grupoosiris](https://www.facebook.com/grupoosiris)





Carlos Di Nallo





ASTROFOTOGRAFÍA DESDE TUCUMÁN Y SALTA

## Fantasías estelares

En estas páginas publicamos tres imágenes de campo amplio del “cielo de invierno”, realizadas por **Carlos Di Nallo**. El efecto que hemos dado en algunas estrellas tiene la intención de resaltar algunas constelaciones: Escorpio, la principal figura visible en esa época del año, especialmente en nuestro hemisferio, y la Cruz del Sur, más Alfa y Beta Centauri, las dos estrellas brillantes que aparecen por encima de la Cruz (en la página 19).

La tecnología nos da muchas sorpresas, y en los programas de edición de imágenes todos los días podemos encontrar algo nuevo. En este caso se trata de un filtro o *plug in* para *Photoshop* que, una vez instalado en el programa, ofrece una innumerable cantidad de opciones: podemos saturar las estrellas, darles efectos como el destello (*spikes*) producido por la difracción de la luz en la lente de la cámara o en el telescopio, hacer como si la lente estuviese empañada, saturar los colores de las estrellas, etc. Y también se pueden elegir las estrellas más brillantes o los planetas para darles un efecto sin afectar el resto de la fotografía.

Desde un punto de vista purista de la astrofotografía, se puede decir que es una foto de “fantasía”. Sin embargo, como los colores se mantienen y el efecto no estropea la imagen general, sirve para resaltar, por ejemplo, alguna constelación con fines pedagógicos y de divulgación.

Las fotos de las páginas 19 y 20 fueron realizadas en el invierno de 2018 en el Observatorio Astronómico de Ampimpa, Tucumán. La de la página 21 fue tomada en 2019 en Salta. Las diferentes posiciones de Júpiter (el astro destacado, fuera de la constelación de Escorpio, hacia el centro de cada imagen, en las páginas 20 y 21), denotan el movimiento propio de este planeta en un año. El otro objeto brillante destacado que está abajo en la imagen de esta página, y arriba en la 20, es Saturno.

*Cooperación entre Argentina y la Agencia Espacial Europea*

# JORNADA ESPACIAL

**Autora:** Lic. Graciela Cacace, Planetario de la Ciudad de Buenos Aires Galileo Galilei.



*El pasado 9 de abril nuestro Planetario recibió la visita de autoridades de la Agencia Espacial Europea (ESA, por su nombre en inglés) y de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE). Ante una sala repleta de estudiantes de escuelas primarias y secundarias de la Ciudad de Buenos Aires, científicos y especialistas de ambas agencias difundieron las actividades que están desarrollando. Allí el Dr. Víctor Demaría Pesce presentó la temática “Medicina espacial” y contó detalles del entrenamiento de los astronautas.*



*El Dr. Víctor Demaría Pesce, médico de astronautas, dio una charla en nuestro Planetario.*

El encuentro se selló con la firma de una carta de intención entre la ESA, la Dirección General de Ciencia y Tecnología del Ministerio de Educación e Innovación del GCBA y el Planetario de Buenos Aires.

El Planetario busca consolidar una fluida relación de cooperación institucional con la ESA para lograr su asesoría y aval en materiales de divulgación científica y diferentes producciones. La ESA desarrolla un proyecto educativo que resulta de interés para el Planetario, el “Proyecto CESAR”, que tiene el objetivo de proporcionar a los estudiantes de secundaria y universitarios europeos experiencia práctica en investigación astronómica, en particular en los campos de las ciencias del espacio, la radioastronomía y la astronomía óptica. Pero también ofrece capacitación para docentes de los diferentes niveles educativos. Además, la ESA podría facilitar contenidos audiovisuales para proyectar en nuestra sala de espectáculos y en las distintas pantallas de nuestro edificio, y también ofrece maquetas y objetos museológicos para exhibir. Para la jornada, aportó una réplica del cohete Ariane 5 que se encuentra expuesta en la planta baja del Planetario.

Como cierre de la Jornada se ofreció el show astronómico *full dome Journey to a billions suns - Miles de millones de soles*, un espectáculo producido por la ESA que cuenta

## ESTACIÓN DS3 MALARGÜE

Seguimiento de misiones espaciales al espacio profundo.



CONAE

*Deep Space 3 (DS3) Malargüe* es la más moderna antena para seguimiento de misiones de exploración del espacio profundo de la Agencia Espacial Europea (ESA), y se encuentra en la Argentina, en la provincia de Mendoza, próxima a la ciudad de Malargüe. Fue instalada por un acuerdo entre la Argentina y la ESA, mediante la cooperación espacial vigente entre la agencia europea y la CONAE.

La antena DS3 permite el seguimiento de misiones de exploración del espacio y forma parte de la Red de Espacio Profundo de ESA, compuesta de tres estaciones de seguimiento. Con la antena DS1, instalada en Australia, y la DS2, en España, la DS3 tenía que ubicarse en algún lugar de América para conseguir una cobertura de 360°.

Las estaciones DS trabajan juntas para aplicar técnicas de fijación de posición muy precisas, y estas técnicas funcionan mejor si las estaciones están distanciadas entre sí. Pero hubo otras consideraciones técnicas que definieron el lugar. Para evitar interferencias de radio, la estación tenía que estar apartada de poblaciones donde se usara la telefonía móvil; no debía haber ninguna interferencia de terreno local, y el lugar tenía que contar con los servicios y el suministro energético necesarios.

Por su parte, la NASA ya cuenta con capacidad de rastreo suficiente en América del Norte. En 2008/09, esta agencia evaluó la región y finalmente eligió Malargüe por ofrecer mejores condiciones geográficas y de acceso a servicios de infraestructura.

En estos momentos la Red está monitoreando, entre otras, la misión BepiColombo que se dirige al planeta Mercurio (foto).

Contar con estas capacidades instaladas en nuestro país significa el acceso al uso de tecnología de punta para investigaciones científicas. La comunidad científica argentina dispone de tiempo de uso de la antena para investigaciones en radioastronomía que se llevan adelante mediante instituciones científicas, como el Instituto de Tecnologías en Detección y Astropartículas (ITeDA) de Mendoza, el Instituto de Astronomía y Física del Espacio (IAFE), el Observatorio de La Plata, el Instituto Argentino de Radioastronomía (IAR) y la CONAE, que ha participado en un trabajo de observaciones liderado por la NASA. Además, la antena se utiliza para la capacitación de recursos humanos y el desarrollo de tesis de doctorado y de licenciatura, entre otras actividades.

Las características técnicas excepcionales de la DS3 permiten aprovecharla como radiotelescopio, ya que recibe señales extremadamente débiles a millones de kilómetros de distancia. Esta prestación la convierte en un instrumento muy útil para estudiar el universo mediante ondas de radio. Con la antena DS3 los científicos pueden estudiar remanentes de supernovas, regiones de hidrógeno ionizado (regiones HII), núcleos de galaxias activas y el medio interestelar.



BepiColombo - ESA/JAXA

la fascinante historia del mapeo de la Vía Láctea, desde la antigüedad hasta la misión Gaia, lanzada recientemente. Gaia tiene como misión medir las posiciones, los movimientos y las características físicas de mil millones de estrellas para crear el mapa 3D más preciso de nuestra galaxia.

La ESA agradeció la presencia de los estudiantes a través de un sorteo de dos pasajes con estadía en Mendoza para conocer la *Deep Space 3 – Malargüe*, la antena de seguimiento de misiones de exploración del espacio. Los estudiantes también recibieron material de divulgación de la ESA y la CONAE. Fue una verdadera Jornada Espacial. ■

## AGENCIAS ESPACIALES

La exploración espacial está en pleno auge, y éstas son las principales agencias de los diferentes países que trabajan en el gran desafío de conocer cada vez mejor el universo.



### NASA - Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (EE.UU.).

Es la más famosa de las agencias espaciales. Se encarga del programa de investigación espacial, aeronáutica y aeroespacial de los Estados Unidos. Esta agencia gubernamental ha sido la protagonista de grandes programas de vuelo al espacio a lo largo de su historia, desde su fundación en 1958. Es la agencia responsable de la llegada del primer humano a la Luna en 1969, a través del Programa Apolo. Algunos de sus otros logros en más de 50 años de trabajo son:

#### \* Programa Mercury

1961 - Primer vuelo al espacio de un astronauta estadounidense: Alan Shepard.

1962 - Primer vuelo orbital tripulado por un estadounidense: John Glenn.

Incluía cápsulas para dos astronautas en órbita terrestre.

#### \* Programa Gemini

Tuvo como objetivo principal preparar los vuelos a la Luna.

#### \* Programa Apolo

Envío seis misiones tripuladas a la Luna. El 20 de julio de 1969, Neil Armstrong, comandante de la misión Apolo 11, puso sus pies en la Luna y dio *"un gran salto para la humanidad"*. En total, 24 astronautas viajaron hasta la Luna, y 12 caminaron sobre su superficie.

#### \* Transbordadores:

Columbia, Challenger, Discovery, Atlantis y Endeavour. Fueron las primeras naves espaciales reutilizables (1981 a 2011). Hubo 135 misiones y participaron 355 personas.

#### \* Estación Espacial Internacional (ISS).

Laboratorio de trabajo e investigación para astronautas, producto de la cooperación de 15 países. Orbita la Tierra a unos 400 km de altura.

#### \* Telescopio Espacial Hubble (desde 1990).

Primer telescopio en el espacio.

\* **Misiones Kepler y TESS** para la detección de exoplanetas, mundos lejanos que giran en torno a otras estrellas.

#### Exploración del sistema solar.

\* Sondas **Mariner** a Marte en los años '60 y '70.

\* Sondas **Viking 1 y 2** (1976), que se posaron en la superficie de Marte.

\* Las sondas **Pioneer 10 y 11**, y las **Voyager 1 y 2** sobrevolaron Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno en las décadas del '70 y '80. En 2012, la Voyager 1 se convirtió en la primera nave en salir del sistema solar y alcanzar el espacio interestelar.

\* Sonda **Messenger** a Mercurio.

\* Sonda **Magallanes** a Venus.

\* Satélite **SOHO** para observación del Sol.

\* Robot **Curiosity** que se desplaza por la superficie de Marte (desde 2015).

\* Sondas **Galileo** y **Juno** (desde 2016) a Júpiter y sus lunas.

\* Sonda **Cassini**: 13 años explorando Saturno.

\* Sonda **Dawn**: al asteroide Vesta y el planeta enano Ceres.

\* Sonda **New Horizons**: sobrevoló Plutón en 2015.

\* Los rovers **Spirit** y **Opportunity** recorrieron el suelo de Marte entre 2004 y 2018.



### ROSCOSMOS - Agencia Espacial Federal Rusa

Es la responsable del programa espacial y de investigación ruso. Se fundó en 1992 tras la desintegración de la Unión Soviética. Pero, de todas maneras, la Unión Soviética fue la responsable del lanzamiento del **Sputnik**, el primer satélite artificial, en 1957, y del primer hombre en orbitar la Tierra. Sus principales logros fueron:

\* **Luna-2** (1959): llegó por primera vez a la superficie lunar. El mismo año la sonda soviética **Luna-3** fotografió el lado opuesto de la Luna.

\* **Yuri Gagarin**: el cosmonauta soviético fue el primer hombre en orbitar la Tierra, el 12 de abril de 1961.

\* **Valentina Tereshkova**: primera mujer en viajar al espacio (16 de junio de 1963).

\* **Alexéi Leónov**: primera salida de una persona al espacio (1965).

\* Los rovers **Lunokhod 1 y 2** a la Luna y las sondas **Venera** rumbo a Venus (años '70).

\* Estación espacial **MIR** (1986 a 2001), la más importante hasta la ISS.

\* **Programa Espacial Soyuz**: nave espacial tripulable aún vigente.



### ESA - Agencia Espacial Europea

Su objetivo es desarrollar programas espaciales entre los países de la Unión Europea.

- \* **Meteosat 1**: primer satélite meteorológico europeo (1977).
- \* Cohete **Ariane**, lanzador de sondas y satélites.
- \* Sonda **Ulises** al Sol (1990).
- \* **Mars Express** a Marte (desde 2003).
- \* **Gaia**: censó mil millones de estrellas en la Vía Láctea (2013).
- \* **Rosetta**: viajó rumbo al cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko (2013).
- \* **BepiColombo**, lanzada en 2019 hacia Mercurio, llegará en 2025.



### CNSA - Administración Espacial Nacional China

Funciona desde 1993. Es la agencia que más ha crecido en los últimos tiempos. Es la tercera en enviar un hombre al espacio (2003) y la primera en llegar con la sonda **Chang'e 4** a la cara oculta de la Luna (2019).



### CONAE - Comisión Nacional de Actividades Espaciales (Argentina)

Es la agencia espacial argentina y tiene como competencia proponer políticas para la promoción y ejecución de las actividades en el área espacial, con fines pacíficos tanto en el ámbito productivo como científico y educativo. Además tiene la responsabilidad de crear tecnologías innovadoras en todo el territorio argentino. La base terrestre de seguimientos de satélites se llama Teófilo Tabanera y se encuentra en la provincia de Córdoba.

\* La serie **SAC** (Satélite de Aplicaciones Científicas) es la primera serie profesional destinada a cumplir funciones reales mediante la transmisión de datos e imágenes durante largos períodos.

\* **SAC B** – 1996: primer satélite diseñado y construido enteramente en la Argentina por INVAP<sup>1</sup>. Su lanzamiento con el cohete estadounidense

Pegasus XL fue accidentado. No obstante, el satélite funcionó hasta que las baterías se agotaron. Fue pensado para investigación astronómica.

\* **SAC A** – 1998: construido por INVAP para la CONAE, fue puesto en órbita por el transbordador Endeavour. Puso a prueba los sistemas ópticos y de energía, navegación, transmisión de datos y control terrestre para las futuras plataformas SAC.

\* **SAC C** – 2000: lleva a bordo tres cámaras ópticas útiles para la agricultura, la industria y la administración gubernamental, y tres sensores científicos geofísicos (de magnetismo terrestre) y de alta atmósfera. Envía datos a estaciones automáticas terrestres de monitoreo ambiental.

\* **SAC D/Aquarius**: fue lanzado el 20 de mayo de 2011 desde la base Vandenberg en California, EE.UU. Su objetivo es detectar zonas de riesgo de incendios e inundaciones y estudiar los océanos. Transporta ocho instrumentos. El principal, el Aquarius, aportado por la NASA, se encarga de medir la salinidad superficial del mar y la humedad del suelo.

#### \* Los SAOCOM

La CONAE participa, junto con la Agencia Espacial Italiana, del Sistema Ítalo Argentino para Gestión de Emergencias (SIASGE). Este sistema comprende un total de seis satélites equipados con sensores de microondas activos que trabajan de manera sincronizada.

Los dos satélites argentinos SAOCOM (Satélite Argentino de Observación con Microondas) forman parte del Plan Espacial Nacional. Son desarrollados y construidos por la Comisión Nacional de Actividades Espaciales junto con empresas y organismos como INVAP, VENG y la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), con participación de unas 80 empresas de tecnología e instituciones del sistema científico-tecnológico del país.

El primer SAOCOM se lanzó con éxito el 7 de octubre de 2018 y el lanzamiento del segundo está previsto para fines de 2019.

#### \* Los ARSAT 1 y 2

Fueron los primeros satélites geoestacionarios argentinos, lanzados en 2014 y 2015 respectivamente.

<sup>1</sup> INVAP es una Sociedad del Estado, una empresa argentina de alta tecnología dedicada al diseño, integración y construcción de plantas, equipamientos y dispositivos en áreas de alta complejidad, como energía nuclear, tecnología espacial, tecnología industrial y equipamiento médico y científico. Es considerada una gran empresa tecnológica y la más prestigiosa en América Latina. Fue creada en 1976 mediante un convenio entre el gobierno de la provincia de Río Negro y la CNEA, Comisión Nacional de Energía Atómica, y un grupo de investigadores egresados del Instituto Balseiro de Bariloche.

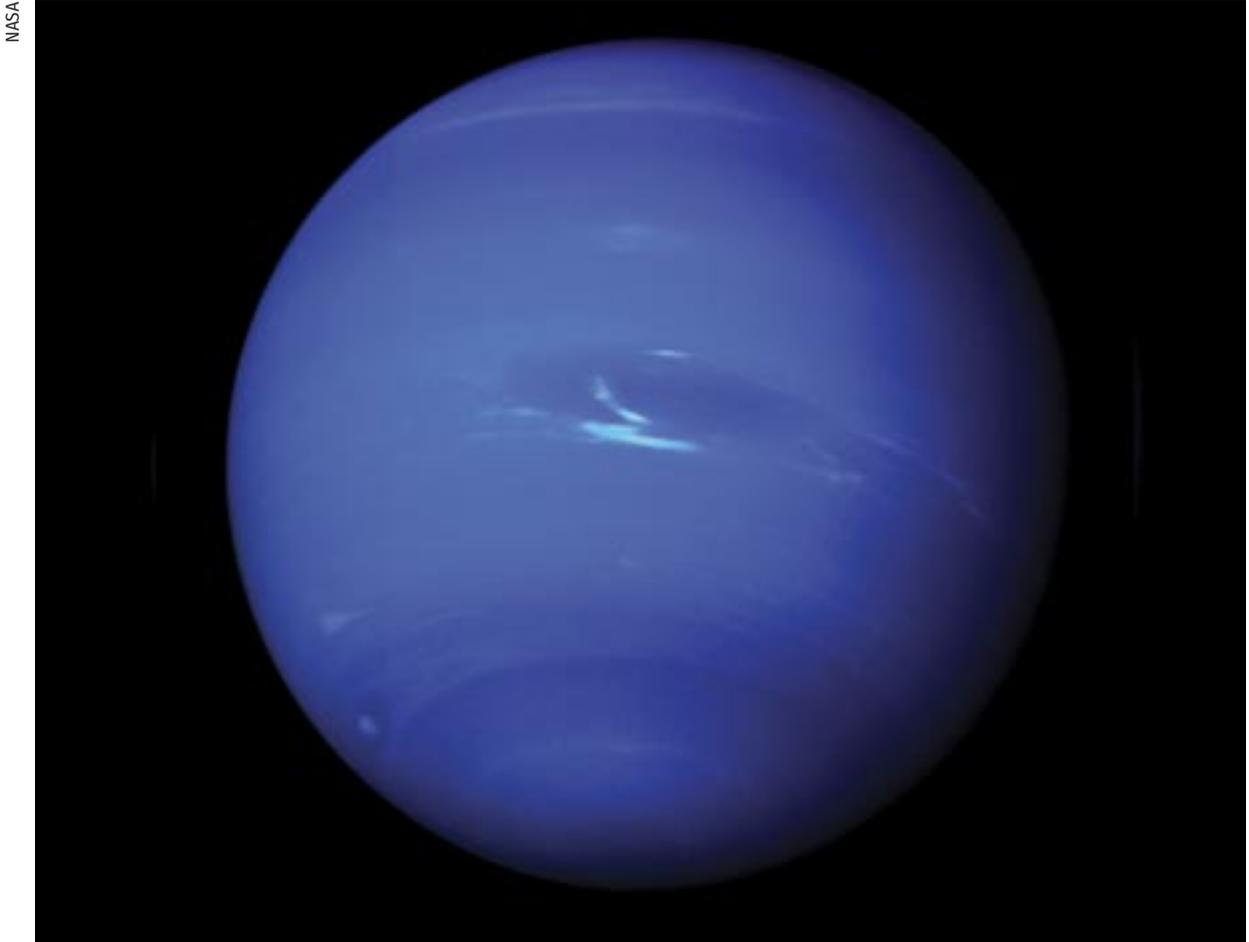




*Única visita*

# NEPTUNO: A 30 AÑOS DE VOYAGER 2

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



*Hace 30 años, la sonda Voyager 2 (NASA) llegaba por primera y única vez a Neptuno, la última estación planetaria del sistema solar. Fue un sobrevuelo tan cercano como fugaz, pero alcanzó para trazar un acabado perfil de aquel gigantesco planeta azul, diez mil veces más alejado que la Luna.*

El 25 de agosto de 1989, tras doce años de viaje, y habiendo visitado Júpiter (1979), Saturno (1981) y Urano (1986), la nave espacial Voyager 2 pasó a sólo 4950 kilómetros de Neptuno; un arañazo en términos astronómicos. Lo que hasta entonces no había sido más que una simple e insulsa bolita azulada aún para los mejores telescopios (de apenas 2" de arco de diámetro aparente), se reveló como un mundo absolutamente rico en detalles y dinámico por donde se lo mirara. Aquel día, los instrumentos de la nave "hirvieron" de ac-

tividad y transmitieron una catarata de imágenes y datos que, a la velocidad de la luz, demoraban 4 horas en llegar hasta las antenas receptoras del *Deep Space Network* de la NASA, en Estados Unidos, España y Australia.

Las fotos y mediciones de Voyager 2 revelaron que la atmósfera de Neptuno —su cara visible desde el espacio— no sólo es químicamente compleja (con predominio de hidrógeno y helio, apreciables cantidades de metano y ligeras dosis de otros compuestos), sino especialmente violenta. Se observaron pesadas y arremolinadas bandas

nubosas, paralelas al ecuador, empujadas por vientos que seguían alocados patrones: en las zonas polares, sopla en la misma dirección de giro del planeta; y en las zonas ecuatoriales, en sentido contrario. Allí hay vientos de más de 2000 km/hora, los más poderosos jamás medidos en cualquier planeta del sistema solar.

### Tormentas y calor interno

La Voyager 2 descubrió que en la zona ecuatorial de Neptuno se desparraman corrientes de metano ( $\text{CH}_4$ ) y etano ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ) que parecen brotar desde zonas más profundas de la atmósfera, y otras similares que se hunden en regiones polares; una circulación convectiva de gases que se calientan y enfrían continuamente.

La nave de la NASA también detectó delicadas nubes blancas, formadas por cristales de hielo, que flotan a la deriva. Pero los rasgos atmosféricos que más llamaron la atención fueron las grandes tormentas que, con forma de óvalos y círculos, manchan la azulada cara de Neptuno; muy especialmente, una: la Gran Mancha Oscura, una tormenta ovalada de 13.000 por 6000 kilómetros, una versión menor de la Gran Mancha Roja de Júpiter. Neptuno dejó estupefactos a los astrónomos planetarios. Todos esperaban encontrar algo parecido a Urano, un planeta que, a los ojos de la misma nave, se había mostrado atmosféricamente “aburrido”. A fin de cuentas, ambos se parecen mucho en tamaño, densidad y estructura. Además, al estar más lejos del Sol, Neptuno recibe menos radiación solar que Urano, por lo que cabría esperar muy poco en materia de actividad atmosférica.

Entonces: ¿por qué tanta “furia” en un planeta hundido en la penumbra y el frío? Para complicar aún más el panorama, Voyager 2 midió la temperatura externa de Neptuno, la de su atmósfera superior, en unos  $-210^\circ\text{C}$ ; la misma que Urano, que recibe más del doble de luz solar, y confirmó que Neptuno irradia tres veces más energía de la que recibe del Sol.

La respuesta a todas estas rarezas estaría escondida en el interior del planeta. Por razones no del todo claras, el corazón de Neptuno debe ser más caliente que el de Urano;

quizás, debido al calor residual de su formación y/o reacciones químicas con el metano y otros gases.

### Anillos y una superluna

La sonda también descubrió que el gigante azul tiene un modesto sistema de anillos: son pocos, oscuros, irregulares y están hechos de polvo, roca y hielo, los mismos materiales que forman las 14 lunas del planeta, de las cuales 6 (muy pequeñas) fueron reveladas por esta aventura espacial.

Entre esos satélites, hay uno que se destaca: **Tritón**. Cinco horas después de sobrevolar Neptuno, Voyager 2 se acercó a su mayor escolta y lo reveló en todo su gélido esplendor. Con 2700 kilómetros de diámetro, Tritón es la séptima luna más grande del sistema solar, y también, uno de los rincones más fríos: los instrumentos de la nave midieron  $-235^\circ\text{C}$  en su superficie.

Las imágenes revelaron que Tritón es un lugar sumamente interesante. Su superficie alterna terrenos rocosos con llanuras heladas y porosas, tiene relativamente pocos cráteres (lo que delata cierta juventud geológica y una renovación de materiales que brotarían de su interior), volcanes que lanzan chorros de nitrógeno helado y otros compuestos, y hasta una delgadísima atmósfera, también de nitrógeno. Por tamaño, densidad, composición y ubicación en el sistema solar, Tritón parece ser bastante parecido al planeta enano Plutón y otros integrantes del Cinturón de Kuiper, aquel anillo de escombros helados que comienza más allá de Neptuno. Es probable, incluso, que sea una suerte de exiliado de aquella zona: su órbita retrógrada (gira en sentido contrario a la rotación de Neptuno) sugiere que fue capturado por la gravedad del planeta.

Tras visitar Neptuno, Voyager 2 se hundió para siempre en las profundidades del espacio. Actualmente se encuentra a unos 20 mil millones de km de nosotros, más de 4 veces la distancia que nos separa del gigante azul. Tendremos que esperar unos cuantos años hasta volver a contemplarlo de cerca: la NASA tiene en sus borradores una misión que recién se lanzaría hacia 2030. A la luz de todo lo anterior, el legado científico de aquella aventura espacial de 1989 cobra una dimensión impactante. ■



PÁGINAS CENTRALES

## De Sol a Sol

La secuencia corresponde al eclipse total de Sol del 2 de julio, observado en Iglesia, San Juan, 6 km al norte de la línea del máximo. Fue realizada con una cámara Canon 300D (F = 18 mm, f/7.1, ISO-200), fija sobre trípode. Se tomó una imagen cada 4 minutos con filtro solar, y la de la totalidad se realizó sin filtro. La primera (arriba a la derecha) corresponde a las 16:23 h, y la última, a las 18:15. El paisaje de fondo es el que pertenece a la imagen de la totalidad del eclipse.

Autor: Enzo de Bernardini (Sur Astronómico / Próxima Sur).



## Huellas en la Luna

El Programa Lunar Apolo: descubriendo historias y derribando mitos

**Diego Córdova**

2019. Vázquez Mazzini Editores.

Huellas en la Luna nos transporta a los años '60 cuando, durante el mandato del presidente de Estados Unidos, John Kennedy, y con el solo fin de vencer a la Unión Soviética, puso proa a un objetivo descomunal y lejano. Más allá de las razones políticas, la llegada del hombre a la Luna representa un salto evolutivo para la humanidad toda. Diego Córdova -el historiador argentino más respetado y conocido del programa espacial tripulado- reconstruye la historia completa de las misiones Apolo a la Luna, capturando el espíritu de la que será recordada como la hazaña más importante del Siglo XX.

Este libro nos permite revivir el esfuerzo realizado por casi medio millón de personas que hicieron posibles los alunizajes, y contiene el primer compendio de la totalidad de las misiones Apolo. La dedicación, la precisión, los detalles y las anécdotas que Diego imprime en este libro, lo convierte en una amena lectura que atraparé público de todas las generaciones, los que lo vivieron y los más jóvenes. El resultado es impecable y los esfuerzos de su autor han producido un trabajo único.



## Vacaciones de invierno 2019

Espectáculos para todo público

Entre el 20 de julio y el 4 de agosto, el Planetario de Buenos Aires recibió más de 43.000 visitantes. Entre otras cosas, el público pudo apreciar tres espectáculos astronómicos *full dome*: "Somos estrellas", "Sol, tiempo de eclipses" y "Cuentos para no dormir". Además, se realizaron diferentes recorridos por el Museo interactivo, observaciones por telescopios, talleres y charlas de astronomía y robótica en Estación Federal. Entre las novedades que se presentaron este año, la tradicional función "Una de piratas" se vistió de azul para representar el símbolo que identifica el autismo: en nuestra sala de espectáculos se realizó una "función distendida" en la que niñas y niños con autismo, acompañados por sus familias, pudieron disfrutar de un show astronómico que respeta sus gustos y necesidades.

*Una incógnita que aún perdura*

# EL OLOR DE LA LUNA

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



Apolo 17 y su rover. NASA.

*Es una de las anécdotas más curiosas de la Era Espacial, y particularmente del legendario Programa Apolo que llevó a 12 astronautas a caminar sobre la Luna. Aunque haya pasado medio siglo, todavía no se sabe muy bien por qué el polvo lunar “**buele a pólvora quemada**”, tal como aseguraron aquellos héroes al quitarse los cascos tras regresar a sus módulos.*

“*Parece que alguien hubiese disparado una carabina aquí adentro*”, dijo Eugene Cernan, astronauta del Apolo 17, al quitarse el casco dentro del módulo de descenso Challenger. Cernan regresaba de una larga caminata lunar por la montañosa zona de Taurus-Littrow (a 20º grados de latitud norte) junto a su compañero, el geólogo Harrison Schmitt. Ambos sintieron un extraño aroma, seco y fuerte, que llenaba el pequeño habitáculo de la navecita. Era el 11 de diciembre de 1972, en una misión que mantuvo a Cernan y Schmitt tres días enteros en la superficie de la Luna, la última vez que alguien caminó por ese ceniciento suelo. Ya ha pasado casi medio siglo, y aunque algunas cosas están un poco más claras, aquel misterioso olor extraterrestre sigue dando que hablar.

## **Polvo lunar**

Ninguno de los doce hombres que se pasearon por suelo lunar entre 1969 y 1972 sintió olor alguno mientras estaba a la intemperie. Desde luego, no podían sen-

tirlo. Nuestro satélite no tiene aire, ni nada que pueda transportar aromas. Además, llevaban trajes y cascos que los aislaban completamente de ese ambiente horrosamente hostil: temperaturas diurnas de más de 100º C, una falta total de oxígeno y el constante bombardeo de radiación solar ultravioleta.

Pero todo cambiaba cuando los astronautas volvían de sus caminatas al reconfortante, aunque diminuto, habitáculo del módulo de descenso. Allí podían descansar, quitarse los cascos y los guantes, y respirar libremente. En ese ambiente de atmósfera artificial sí podían sentirse olores. Especialmente uno: el del polvo lunar, una arenilla grisácea, suave y escurridiza que, por más sacudidas y cepilladas que se dieran, siempre se les impregnaba por todas partes, especialmente en sus botas.

## **Olor (y sabor) a pólvora**

El histórico puñado de viajeros coincide: el aroma del polvo lunar era muy fuerte; tan fuerte que Schmitt tuvo un verdadero ataque de alergia extraterrestre. “*Cuando*



**01** Eugene Cernan luego de su caminata lunar en diciembre de 1972. Se observa la suciedad del polvo lunar en su traje espacial.

“Ese extraño aroma lo sentían los astronautas cuando llegaban al módulo y se quitaban sus cascos, con el traje y las botas sucias por el polvo lunar”.

*me quité el casco después de la salida que hicimos con Gene (Cernan), sentí algo raro en la nariz, y enseguida se me inflamaron los adenoides”* (las placas de cartílago de las paredes nasales). Curiosamente, la reacción del astronauta del Apolo 17 fue menos intensa en las siguientes salidas del módulo: *“Parece que fui adquiriendo cierta inmunidad al polvo lunar”*, recuerda con una sonrisa. Su compañero de aventuras definió muy claramente la particular fragancia: *“Olía a pólvora quemada”*, contaba Cernan, fallecido en 2017.

Pero hubo un astronauta que dio un paso más allá, porque se animó a saborear las partículas selenitas. Según Charlie Duke, del Apolo 16 (abril de 1972), ese polvo grisáceo no sólo tenía olor a pólvora quemada, sino también *“gusto a pólvora”*. Lógicamente, con aroma y

sabor parecidos, se podría pensar en cierta similitud química entre ambas cosas. ¿Pero la hay? No, en nada.

### Identikit químico

La pólvora moderna es una mezcla de nitrocelulosa [ $C_6H_8(NO_2)_2O_5$ ] y nitroglicerina ( $C_3H_5N_3O_9$ ), dos complejas moléculas orgánicas altamente inflamables. *“Pero en la Luna esas moléculas no existen”*, explica el Dr. Gary Lofgren, uno de los principales científicos que trabajan en el Laboratorio de Muestras Lunares del Centro Espacial Lyndon B. Johnson, de la NASA, en Houston, EE.UU. Para ser más gráfico, agrega: *“Si le acercamos una llama a ese polvillo, no pasa nada... al menos, nada explosivo.”*

Los análisis de las muestras traídas a la Tierra por los astronautas revelan que buena parte del polvo lunar está formada por partículas de dióxido de silicio, muy probablemente originadas por el continuo impacto de meteoroides que, como un martilleo triturador de rocas, sufrió nuestro satélite durante miles de millones de años; un impiadoso bombardeo cuyas colosales huellas saltan a la vista hasta con el más modesto de los telescopios. Los estudios de los geólogos también revelaron la presencia de hierro, calcio y magnesio, unidos a minerales como olivina y piroxeno. Nada que ver con la pólvora, ni fresca, ni quemada. ¿Y entonces?

### Un aromático misterio

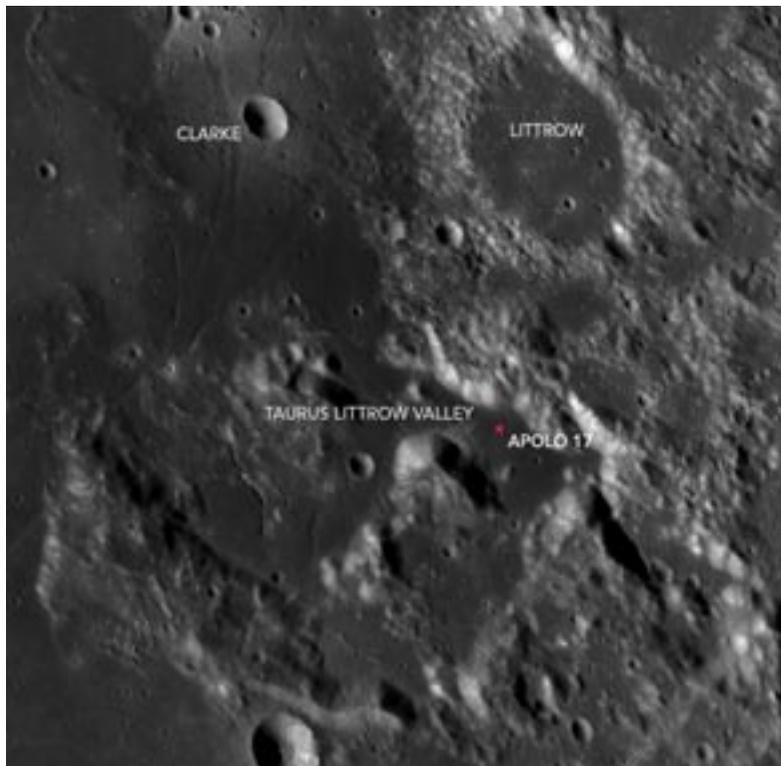
Para salir de este embrollo, los científicos han arriesgado algunas explicaciones. Una de ellas es simple y

razonable: tal vez, el polvo lunar se quemó al entrar en contacto con el oxígeno del interior de los módulos. No hay que olvidarse de que el oxígeno es altamente reactivo, y pudo haberse combinado gracias a enlaces químicos sueltos presentes en aquella rara sustancia.

*“Sería una oxidación demasiado lenta para provocar llamas o humo —explica Lofgren—, pero aún así, la reacción podría producir un aroma más o menos parecido al de la pólvora quemada.”*

Pero aquí no se termina el aromático misterio. Para complicar aún más las cosas, existe otro dato curioso: las muestras guardadas en laboratorios terrestres, como el del Centro Espacial Johnson, no tienen olor. Lofgren asegura que ha tenido en sus propias manos kilos y kilos de polvo y rocas de la Luna, los ha olfateado... y nada.

*“Esos materiales probablemente se han vuelto inertes”,* arriesga Lofgren. Deben



**02** La montañosa región de Taurus-Littrow, donde alunizó el Apolo 17. En la página 35 se ve el mismo lugar en la imagen ampliada, junto a la zona de alunizaje del Apolo 11.

**03** Harrison Schmitt junta rocas con un instrumento y polvo lunar con sus botas.

**03**

Apolo 17. NASA.



haber entrado en contacto con el aire húmedo y rico en oxígeno de las naves que volvían a la Tierra, y luego siguieron interactuando aquí. Y reaccionaron: cualquier proceso químico aromático habría cesado a principios de los años '70. Pero se supone que eso no debía ocurrir: la idea era que los astronautas de las misiones Apolo trajeran las muestras vírgenes. Para eso llevaban una suerte de termos herméticos. Pero, según Lofgren, los bordes filosos de las rocas y las partículas lunares abrieron diminutas grietas en esos envases. Así, durante

los cuatro días que demoraba el regreso a la Tierra, buena parte de esa preciosa carga entró en contacto con el oxígeno y el vapor de agua de las naves.

Con sus claros y sombras, el aromático misterio todavía perdura. Schmitt, el de la primera alergia extraterrestre, sigue ansioso por resolver el pleito: *“Hay que ir y estudiar ese extraño polvo in situ.”*

Y así será: todo indica que dentro de unos años, otros seres humanos volverán a caminar en la Luna, y ensuciarán sus trajes y sus botas con esa fina, pegajosa y grisácea tierra selenita. ■

## Cuestión de (huso) horario

Por Lic. Diego Córdoba

En la edición anterior de Si Muove, en el artículo acerca del 50° aniversario de la llegada a la Luna del Apolo 11, hubo un pequeño error: en la nota dice que Neil Armstrong puso un pie en la superficie lunar a las 23:56 del 20 de julio, de acuerdo a la hora de Argentina. Sin embargo, la realidad es que, de acuerdo al huso horario del momento, eran las **22:56**.

Según la línea de tiempo del Apolo 11, la NASA usa con buen criterio el tiempo universal (UTC), cuyo origen se toma desde el meridiano de Greenwich (hora 0). Se la puede ver en [https://history.nasa.gov/SP-4029/Apollo\\_11i\\_Timeline.htm](https://history.nasa.gov/SP-4029/Apollo_11i_Timeline.htm)

El renglón del momento sublime dice:

**"1st step taken lunar surface (CDR). 'That's one small step for a man... one giant leap for mankind'." 109:24:15/02:56:15/21JUL1969.**

Es decir: **"Primer paso en la superficie lunar (Comandante). 'Éste es un pequeño paso para un hombre... un salto gigante para la humanidad.'"**

En tiempo UTC, ese momento corresponde al 21 de julio a las 02:56 AM, y de acuerdo a nuestro huso horario actual (UTC -3), serían las 23:56 del 20 de julio. Pero hemos sido tan díscolos en el cambio de horario a lo largo de la segunda mitad del siglo XX, que debimos chequear varias veces los tiempos equivalentes a fines de la década del '60.

Durante el programa Apolo, en Argentina se cambiaba continuamente de huso horario. Llegamos a utilizar UTC -2 sólo en medio país, hacia el este; y en la otra mitad, el UTC -3; cuando lo natural era UTC -4. Entre abril y octubre de 1969 estábamos en UTC -4, por lo tanto, **en el momento en el que Armstrong puso un pie en la superficie lunar y pronunció sus famosas palabras, en Argentina eran las 22:56 del 20 de julio de 1969.**

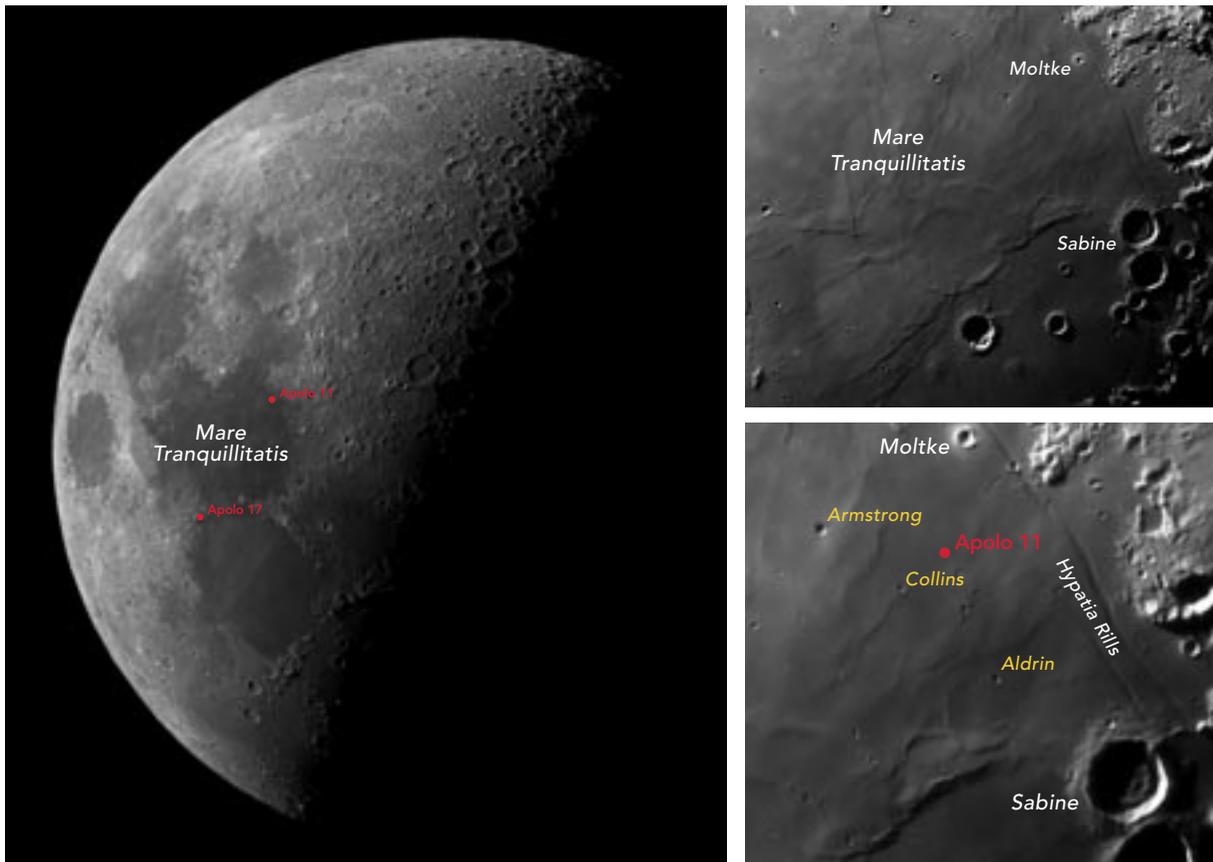
Apolo 11. NASA.



**LA ANTISELFIE.** La Tierra y todo lo que había en ella el 20/21 de julio de 1969 aparecen sobre el horizonte de la Luna en esta foto tomada por Collins desde el módulo de mando, mientras Armstrong y Aldrin se acercan en el módulo lunar para emprender el regreso.

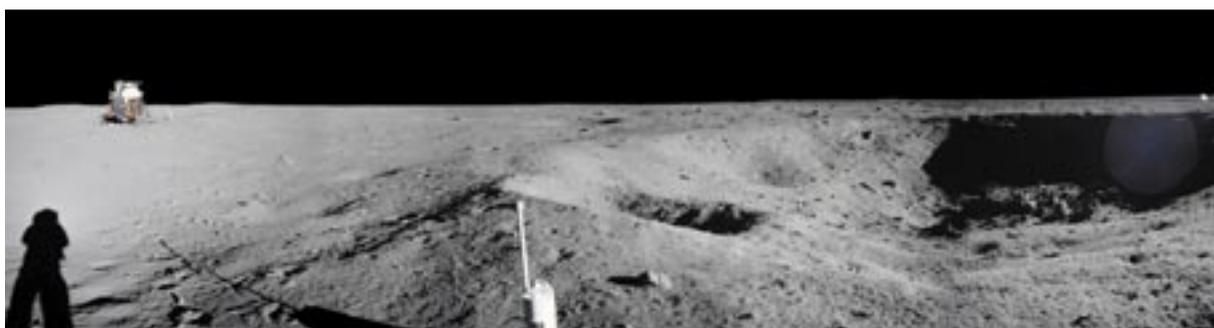
# Los cráteres Armstrong, Aldrin y Collins

Por Lic. Mariano Ribas

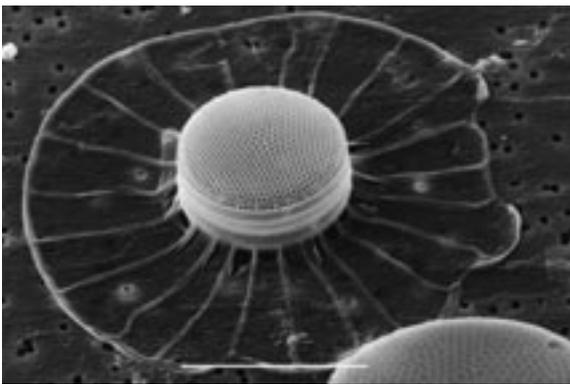


**LOS TRES CRÁTERES.** A la izquierda, la Luna cerca del Cuarto creciente, donde vemos los lugares de descenso del Apolo 11 y Apolo 17. A la derecha, imágenes ampliadas con los cráteres que llevan los nombres de la tripulación del Apolo 11.

Algunas veces pensamos que ya hemos visto todo lo que la Luna tiene para ofrecernos. Pero siempre hay algo más, algún desafío pendiente. Por ejemplo, los tres minicráteres de impacto que rinden homenaje a la tripulación del Apolo 11, y la identificación precisa del lugar de la hazaña de la que se acaba de cumplir medio siglo, en aquel histórico rinconcito del Mar de la Tranquilidad. Muy cerca se puede identificar el punto donde descendió el módulo *Eagle*: *Statio Tranquillitatis* (Base Tranquilidad). Para eso utilizamos un telescopio Meade LX90 de 12 pulgadas y una cámara ZWO ASI 385. Los cráteres son muy pequeños: Armstrong mide 4,6 km de diámetro; Aldrin, 3,4 km; y Collins, 2,4 km. Este último tiene un tamaño angular de 1,2" (segundos de arco), aproximadamente, y está casi al límite de lo que podemos llegar a resolver con un buen telescopio en condiciones atmosféricas promedio. En la imagen también aparece el gran cráter Sabine (30 km), el no tan grande pero "útil" Moltke (6 km), y las impresionantes fisuras superficiales de Hypatia Rills.



NASA



### Diatomeas a escala

Las diatomeas son un grupo de algas unicelulares, del que existen unas 20.000 especies que forman parte del fitoplancton, por lo que resultan fundamentales para la cadena alimenticia marina y como indicadores de las condiciones ambientales, actuales y pretéritas. Pueden vivir en forma de célula individual o como colonias filamentosas con formas muy variadas, en agua dulce o salada, en mares, ríos, lagunas o agua estancada. Algunas soportan temperaturas y salinidad extremas. En general miden entre 2 y 200 micrones. Un micrón es la milésima parte de un milímetro. Si todo el edificio de nuestro Planetario midiera 10 micrones (como la diatomea de la imagen), toda la Tierra debería medir unos 6 metros, mientras que el diámetro del Sol sería de 700 metros y se encontraría a 75 km de distancia.

### Planeta vivo

La sigla PACE, del inglés *Plankton, Aerosol, Cloud, ocean Ecosystem*, dio nombre a una próxima misión de la NASA que enviará una sonda al espacio con el fin de estudiar la salud de los océanos y su interacción con la atmósfera, especialmente, para verificar los niveles actuales de intercambio de dióxido de carbono. PACE podrá observar el fitoplancton de los océanos y su capacidad para producir alimento a sus habitantes, los efectos de los aerosoles en la atmósfera y su contacto con la superficie del mar. En la imagen (de la ISS), una representación de la sonda pasa por encima del estuario del Río de la Plata.



ISS y NASA

Yo, Tycho

# EGO, TYCHO

**Autor:** Tycho Brahe, corresponsal especial de Si Muove en Praga a comienzos del siglo XVII.



The Royal Society

*Sobre el final de su vida, en 1601, el más grande observador astronómico antes de la invención del telescopio, examinó su historia y repasó los momentos más trascendentes de su carrera: la pérdida de su nariz, la observación de una supernova, la medición de un cometa y la coalición con el joven Kepler, uno de los encuentros más importantes para la ciencia que estaba por empezar a transformarse.*

Nadie podrá decir que he vivido en vano. Y ahora que me propongo repasar mi vida, intentaré explicar por qué.

Mi verdadero nombre es Tyge, pero la versión latinizada Tycho, que se pronuncia *Tijo*, es la que conocerá la historia. Nací el 13 de diciembre de 1546, en Knudstrp, Escania, provincia sometida a Dinamarca<sup>1</sup>, y mi hermano gemelo falleció durante el parto. Esto último re-

vocó la promesa de mi padre de entregarme en adopción a un poderoso vicealmirante del rey Federico II, mi “tío” Jörgen, quien de cualquier modo se apoderó de mí unos años después, al nacer mi otro hermano, y se convirtió en mi tutor.

Cuando contaba yo con 13 años de edad, mientras estudiaba en Copenhague, se produjo un hecho que le daría un vuelco a mis ambiciones y un arrebato a mis sentidos. A mediodía del 21 de agosto de 1560 tuvo lugar un eclipse parcial de Sol, tal como había sido predicho años antes. Me di cuenta de que era algo divino que los hombres pudieran conocer los movimientos de los astros con anticipación. Ése fue el momento en el que me involucré personalmente en esos sucesos. Compré las obras de Tolomeo (el mayor astrónomo de la antigüedad, cuya concepción del universo dominó el pensamiento científico hasta mi época) y adquirí las Efemérides Astronómicas. No pude dejar de percibir numerosas imperfecciones en algunas de sus predicciones. Los griegos eran pésimos observadores del cielo.

Más tarde, en agosto de 1563, observé una extraña conjunción en la que Júpiter y Saturno estaban tan cerca uno de otro que parecían un solo astro<sup>2</sup>. Medí la distancia angular con instrumentos que yo mismo había construido y descubrí errores insoportables. Me di cuenta de que entre las *Tabulae Prutenicae*<sup>3</sup> y la máxima aproximación aparente había varios días de diferencia.

El problema a resolver de manera urgente era la falta de observaciones precisas y sistemáticas. Era necesaria una serie de observaciones constantes, día tras día, mes tras mes, año tras año. La creciente navegación en mar abierto comenzaba a requerir una mayor exactitud en la medición de las posiciones de los astros, y de eso dependía, en gran medida, la reputación de la nueva ciencia. Entonces comprendí que mi gran aporte a la astronomía sería mejorar la exactitud en las observaciones.

## Noble nariz

Siempre me aburrí la nobleza. Vengo de una noble familia de estadistas y administradores. De joven debía esconderme para estudiar astronomía, como lo debieron hacer mis colegas en otros lugares de Europa, quienes padecían la persecución de la Inquisición. Mi padre era el alcalde del castillo de Helsingborg (donde nació el príncipe Hamlet), y pensaba que su hijo no podía andar perdiendo el tiempo mirando el cielo. La nobleza, incluso, se opuso a mi matrimonio, porque la hija de un clérigo no era apta para esposa de un noble. De cualquier modo, Kirsten Jörgensdatter me dio ocho hijos; tres varones y cinco mujeres.



*La Isla de Hven, propiedad del Reino de Dinamarca, luego pasaría a formar parte de Suecia.*

**01** Mapa de la Europa en la que viví, en el siglo XVI.

**02** El eclipse de Sol que vi el 21 de agosto de 1560. Fue parcial en Hven y total en la Península Ibérica y parte de África.

**03** Un retrato mío en el que se nota mi nariz artificial, hecha de una aleación de oro, plata y cobre.

De la nobleza heredé los recursos económicos como para conseguir la instrumentación necesaria y realizar mis propios trabajos. Así adquirí un globo celeste para reconocer las constelaciones. Pero eso fue sólo el principio; comencé a construir nuevos aparatos, como un astrolabio con barras de dos metros de largo y una escala graduada en minutos.

Al evocar mi juventud, no puedo dejar pasar un hecho que me marcó físicamente para siempre. Mi horóscopo me atormentaba anunciando una deformación facial, y está claro que no se puede ir en contra de las estrellas. Siempre creí que los astros influyen en el carácter y el destino de los hombres.

A los 20 años, cuando estaba en la Universidad de Rostock, se produjo una discusión con un caballero llamado Manderup Parsberg por cuestiones de matemática y geometría. Ambos nos exaltamos, terminamos en un duelo del cual resulté herido y perdí gran parte de mi nariz. Por el resto de mi vida debí llevar una pieza metálica que yo mismo construí gracias a mis conocimientos de metalurgia; una nariz artificial hecha de una aleación de oro y plata, con una cierta cantidad de cobre para darle un color similar al de la piel. Solía andar con una cajita con ungüento para pegármela, y con el tiempo aprendí a colocármela tan bien que parecía una nariz verdadera.

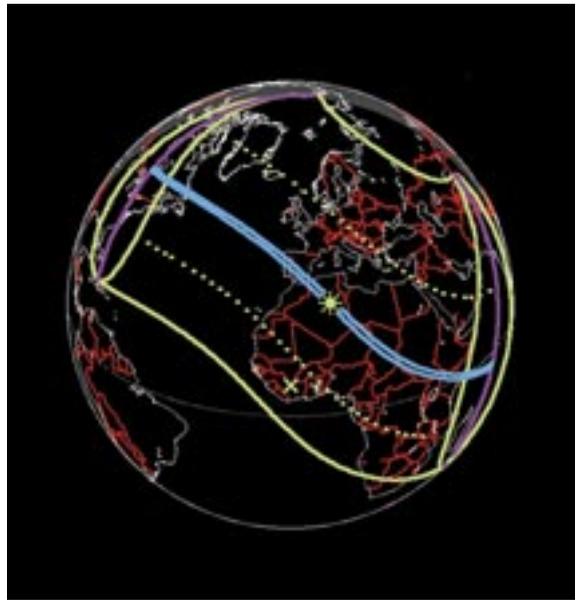
### Una nueva estrella

En la noche del 11 de noviembre de 1572, mientras caminaba por las afueras de la abadía de Heridsuag, observé una estrella muy brillante en la constelación de Casiopea (ver recuadro, pag. 40). “¡Esa estrella sobra! –grité–. Nunca la había visto allí. Es una estrella nueva.” Sorprendido, desconcertado y estupefacto, permanecí quieto con los ojos intensamente fijos en ella. Cuando me convencí de que ninguna estrella de esa clase había brillado nunca antes, caí en tal perplejidad que empecé a dudar de mis propios sentidos. Inmediatamente llamé a unos campesinos para constatar que vieran lo mismo que yo veía, y luego corrí a buscar a mi tío, el custodio de la abadía. Horas más tarde noté que la estrella nueva era visible, incluso, a plena luz del día.

Observé la estrella nueva desde su aparición hasta que fue perdiendo brillo y dejó de verse por completo, en marzo de 1574, dieciséis meses después del descubrimiento. Verifiqué que no estaba situada más cerca que la Luna (lo que me hizo descartar que se tratara de un cometa sin cola, o de algún objeto relativamente próximo a la Tierra), ni en alguna órbita de los planetas, sino en la octava esfera, entre las estrellas fijas. Nunca, en todo ese tiempo, la estrella presentó movimiento alguno ni paralaje; no avanzó ni un solo minuto de arco del lugar en el que la observé por primera vez.

Esto puso en duda la inmutabilidad de los cielos. ¿Ya no estaban exentos de cambios? El libro en el que detallé todo acerca de la *Nueva Estrella* fue editado al año siguiente de la aparición, y eso me convirtió en el principal astrónomo europeo.

En 1577 llegué a resolver un viejo problema para los astrónomos. Observé un cometa, uno de esos extraños astros que aparecen sorpresivamente y que desde la época



de Aristóteles se consideraban fenómenos atmosféricos. Gracias a la medición de la paralaje entre las localidades de Hven y Praga, haciendo la triangulación del objeto, estableciendo su posición noche tras noche y comparando sus datos con los registrados en ambas ciudades en las mismas fechas, confirmé que los cometas son objetos que están más alejados que la Luna.

Cómo quisiera poder observar más allá; contar con ojos que pudieran ver todos esos objetos alejados con mayor precisión y detalle.

### La isla encantada

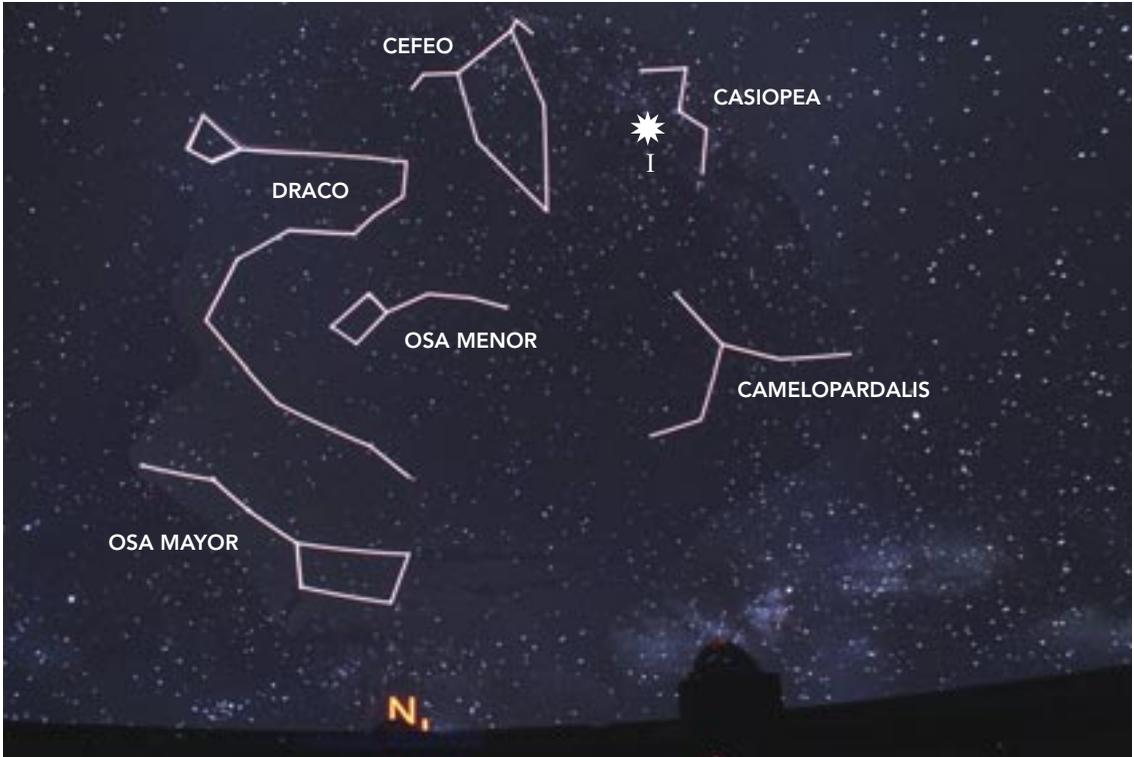
El tío Jörgen había muerto de neumonía luego de arrojar a un río para salvar al rey Federico II cuando regresaban de una batalla. En reconocimiento, el rey me concedió una formidable suma para montar un observatorio y me brindó la isla de Hven (o Ven), en el estrecho entre Elsinore y Landskrona<sup>4</sup>, donde en 1580 se finalizó la construcción del primer y más grande observatorio moderno: *Uraniborg*, el Castillo del Cielo.

*Uraniborg* era una especie de fortaleza con altos muros y muchas terrazas, con los vértices orientados según los puntos cardinales y rodeada por un gran jardín. Entre los instrumentos se encontraba un enorme sextante, un cuadrante de acero, una esfera armilar con dos círculos graduados para leer las coordenadas ecuatoriales de las estrellas, relojes, instrumentos paralácticos, etc. En un globo celeste de bronce de un metro y medio de diámetro, la verdadera vanidad del observatorio, se ubicaban las estrellas a medida que se hacía el relevamiento del cielo.

Poseía también un laboratorio de química donde yo mismo preparaba medicamentos, entre otras cosas, y realizaba experimentos alquímicos; una imprenta con su propia fábrica de papel; cotos de caza privados, setenta estanques con peces, un bosque con 300 especies y hasta

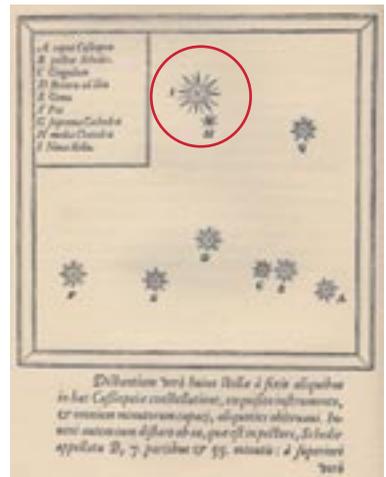
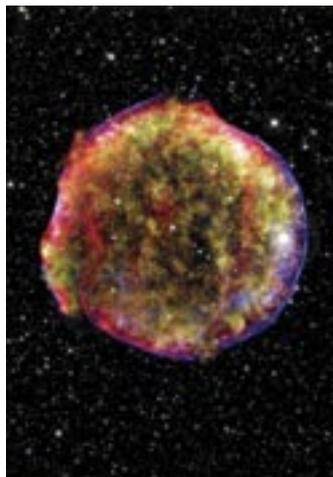
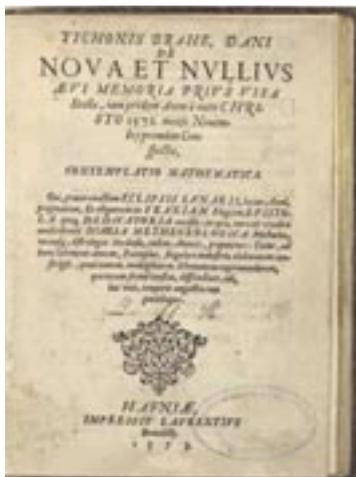
03





El cielo que observé desde Dinamarca durante el anochecer del 11 de noviembre de 1572 y el dibujo que publiqué en mi libro (abajo a la derecha), en el que se indica con una letra "I" la posición de la estrella nueva. La constelación de Casiopea es circumpolar para los habitantes del hemisferio norte, a la latitud de Dinamarca está por encima del horizonte durante las 24 horas del día y resulta visible durante todo el año. Eso quiere decir que la nova dejaba de verse solamente cuando el cielo estaba nublado.

**(Nota del director periodístico).** Lo que Tycho observó, en realidad, fue la explosión de una supernova, cuyos restos se denominan hoy SN 1572 (3C 10 en el catálogo de Cambridge). Recién en 1960 fue descubierto el remanente de esta explosión: una nebulosidad extremadamente débil fue detectada a través de emisiones de radio desde el observatorio de Monte Palomar, en los Estados Unidos. Posee un diámetro de 19,5 años luz, se encuentra a 7824 años luz de nuestro sistema solar y sus gases se están expandiendo a una velocidad de 9000 kilómetros por segundo. La imagen (abajo, en el medio) fue creada a partir de varias observaciones con instrumentos que detectan diferentes longitudes de onda, especialmente del Observatorio Espacial de Rayos X Chandra y del Telescopio Infrarrojo Spitzer, ambos de la NASA.



una cárcel privada en la que encerraba a aquellos revoltosos que no querían obedecer.

En una parte bien visible del observatorio se ubicaban tres reglas de madera que habían pertenecido a Kopernik, y entre ocho enormes murales con los astrónomos más grandes de la historia estaba, por supuesto, el de Tycho Brahe. A su lado yacía un lugar vacío a la espera de “Tychónides”, un descendiente aún no nacido digno de su gran antepasado.

Algo que aprendí de la nobleza es que el lujo y la ostentación son una forma de vida. En *Uraniborg* lo llevamos al extremo. Gobernaba sobre el campesinado local, quienes trabajaban bajo mis órdenes en las observaciones, y pude sentirme como un rey en los veinte años que permanecí allí.

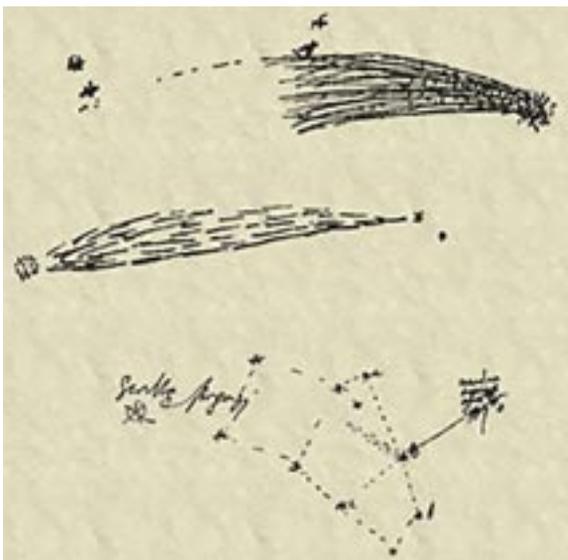
Teníamos agua corriente en las habitaciones y no necesitábamos salir para ir al retrete, como ocurría en todas las casas de la época. Existían tuberías para hablar desde un lugar a otro del castillo; comunicadores internos que servían, entre otras cosas, para realizar interesantes bromas, unos de mis antojadizos pasatiempos. Ante la presencia de algún visitante al que quería impresionar, mencionaba el deseo de comer determinada cosa; entonces movía unos hilos ocultos y al instante aparecía un criado con la comida. Eso hizo que se corriera la voz acerca de mis poderes sobrenaturales.

Allí se consumían exquisitos manjares, y los banquetes en los que abundaba la bebida estaban a la orden del día. Me divertía arrojándole los restos de comida a un enano llamado Jepp, que andaba siempre detrás de mí y que se dedicaba a hacer sobresaltar a algún comensal desprevenido con sus irrupciones por debajo de la mesa. Si lo habrá sufrido el pobre Kepler...

Sólo me faltaba mi exótica “mascota”, un alce que murió en viaje a *Uraniborg* cuando se escapó de su jaula, bebió un barril de cerveza, se cayó y se quebró las patas.

Más tarde construí otro edificio, al que llamé *Stakbor*,

04



05



06



Castillo de las Estrellas, cuyas instalaciones subterráneas servían para colocar instrumentos en posiciones más estables que en las terrazas.

### Las observaciones

He pasado mi vida realizando todo tipo de observaciones: desde las infantiles y dudosas en mi época de estudiante; las juveniles y mediocres; hasta las viriles, precisas y absolutamente exactas, realizadas en *Uraniborg*. Por eso es que soy considerado el reformador de la astronomía práctica.

Mis observaciones son exactas gracias a que no las reali-

**04** Gracias a la medición de la paralaje entre las localidades de Hven y Praga, confirmé que los cometas son objetos que están más alejados que la Luna.

**05 y 06** Mi castillo de *Uraniborg*, en la isla de Hven, desde donde realicé mis mejores observaciones, y el observatorio adyunto de *Stakbor*, el Castillo de las Estrellas.

07



zaba esporádicamente, como lo hicieron mis antecesores, sino de manera rigurosamente sistemática como nunca antes se había hecho. Medí la duración del año con un error de sólo un segundo. Percibí la refracción de la luz en la atmósfera terrestre e introduje, por primera vez, este efecto en los cálculos anteriores sobre la posición de los astros. Descubrí también una irregularidad en el movimiento de la Luna (llamada luego variación) y que la

**07** Entre mis más preciados instrumentos de medición astronómica se encuentra la esfera armilar y un enorme sextante.

**08** El “Sistema de Tycho”: la Tierra, una masa tosca y poco apta para el movimiento, se mantiene en el centro. Los planetas giran en torno al Sol, y éste, junto con su séquito, en torno a la Tierra.

**09** Tycho junto a Johannes Kepler, en Praga.

inclinación de su órbita sobre la eclíptica no es fija, sino que oscila regularmente.

Deseaba realizar observaciones en zonas más australes, como Italia o Egipto, con el fin de verificar si se había producido alguna sensible variación en la oblicuidad de la eclíptica desde los tiempos de Tolomeo. Intenté contactar a Galileo Galilei, pero la corte toscana, quizás aconsejada por el mismo Galileo, que era un incipiente copernicano, no me dio el apoyo necesario.

### Rompiendo las esferas

Así fue como comencé a destruir las opiniones de Aristóteles. Todas mis observaciones condujeron a replantear los esquemas cosmológicos de la época. Para explicar los movimientos de los planetas, desde hacía mucho tiempo se creía en la existencia de esferas sólidas transparentes que los contenían. Fui yo quien arrojó la primera piedra que rompió esas esferas.

He notado que el antiguo sistema de Tolomeo es completamente antinatural y demasiado embrollado. Pero no puedo aprobar la innovación de Kopernik, el forjador de otro sistema planetario que he descartado por ser demasiado complicado y abstracto. Kopernik colocó el Sol en el centro del sistema, agrandó el universo a un tamaño inverosímil e insensato, y aseguró que los movimientos de los planetas y las estrellas están íntimamente relacionados a los movimientos de la Tierra.

Yo creo que en el caso de que la Tierra se moviese alrededor del Sol, en seis meses recorrería una distancia tan grande que las estrellas fijas deberían cambiar su posición aparente en el espacio. En todas las cosas debe haber armonía. El Creador gusta del orden. Mi objeción al sistema copernicano se basa en la ausencia de paralajes estelares. Las estrellas fijas deben estar un poco más allá de Saturno. Sería absurdo creer en espacios tan grandes desprovistos de estrellas y planetas. Las formas de las constelaciones permanecen inmutables de una estación a otra, aunque la Tierra (según Kopernik) se desplace 320 millones de kilómetros. Este movimiento debería provocar algún cambio visible en las constelaciones<sup>5</sup>.

Esta masa tosca y pesada, tan poco apta para el movimiento, no está en condiciones, como otros cuerpos celestes, de trasladarse y moverse de tres maneras distintas sin violar las leyes de la física. Creo que hay que colocar la Tierra en el centro del universo. Admito que los cinco planetas regulares giran alrededor del Sol, pero de esto no se deduce que también lo haga la Tierra. Hay una tercera posibilidad: un sistema que sea una solución intermedia para los “conservadores modernos” (figura 8).

Expuse mi sistema en 1587 en la obra *Sobre los Novísimos Fenómenos del Mundo Eterno*. Mantuve a la Tierra en el centro, coloqué a Mercurio y Venus girando alrededor del Sol, y al Sol en torno a la Tierra<sup>6</sup>. Aunque casi ninguno de los astrónomos importantes de la época aceptó mi sistema geo-heliocéntrico, éste significó un paso fundamental para la determinación de la inconsistencia del sistema de Tolomeo.

### La gran mudanza

La fama y la reputación no siempre son manejables. Tras la muerte del rey Federico II, mis nobles enemigos se encargaron de que le llegara a su joven sucesor, Cristián IV, las más viles habladurías acerca de mi “tirano dominio y maltrato” hacia los habitantes de mi isla. Es cierto que encerraba a quienes no obedecían o se quejaban, y que a veces hasta era necesario emplear el látigo.

Uno de mis acusadores era el senador Walckendorp, con quien había mantenido una acalorada discusión durante su visita a *Uraniborg* en compañía de Cristián. Walckendorp, que no soportaba los ladridos de mis perros (dos perros ingleses que me había obsequiado el rey Jacobo VI), los pateó y yo tuve que defenderlos vehementemente. Ese hecho, seguramente, lo llenó de resentimiento y comenzó una campaña en mi contra.

Los tiempos estaban cambiando. Entonces decidieron bajar mis ingresos y beneficios. Algo aburrido ya y, sobre todo, incomprendido, decidí marchar, junto a todo mi séquito, en un largo peregrinar que duró dos años, con todos mis instrumentos, animales, bibliotecas, muebles, parientes y amigos, además del enano Jepp. Abandoné el ingrato territorio danés, hasta que en junio de 1599 entramos en Praga, donde el emperador Rodolfo II, archiduque de Austria, rey de Bohemia y Hungría, y emperador del Sacro Imperio, me reconoció nombrándome astrónomo real y otorgándome el castillo de Benatek para montar allí mi nuevo observatorio. Pero el clima en Bohemia no era el mejor, rodeado de guerras civiles y una intensa y convulsiónada situación política y religiosa.

### El joven Kepler

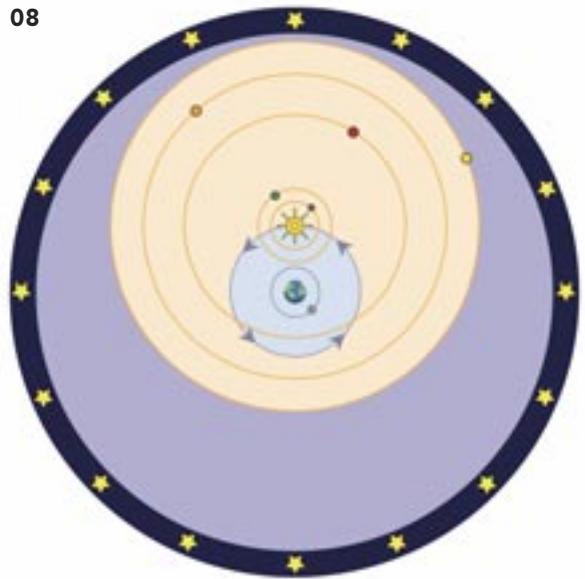
Allí se produjo un encuentro que resultaría fundamental para toda la historia de la ciencia venidera. De no haberme conocido, el nombre de Kepler se hubiera perdido en la penumbra. Pero debo reconocer que, quizás, sin su aporte, mis trabajos hubieran permanecido encerrados en las tinieblas.

Antes de partir de la isla, las relaciones entre quienes allí convivíamos fueron tornándose tirantes, y mis mejores colaboradores me habían abandonado. Yo no era matemático, y ya en Praga me vi en la necesidad de algún ayudante especial.

Convoqué al joven Johannes Kepler, un matemático obstinado que había sido expulsado de Graz<sup>7</sup> por las persecuciones religiosas, del que me habían hablado mucho y de quien me había llegado su libro, *Misterio Cosmográfico*, en el que exponía una interesante pero extraña teoría acerca de las distancias planetarias. También me llegaron comentarios acerca de que Kepler ansiaba conocerme para ampliar sus estudios y que anhelaba mi tesoro observacional. Kepler necesitaba mis observaciones.

Lo invité al castillo de Benatek en calidad de ayudante, y allí llegó el 4 de febrero de 1600. Enseguida notamos que Kepler y yo teníamos en común solamente la genial pasión por la astronomía. Kepler no era un observador como yo,

08



sino un teórico, y le horrorizaban mis costumbres.

Recuerdo cómo me refería a él cuando escribía a mis colegas: “*Me cansan sus constantes peticiones y molestias, y él no soporta mi despótica y ostentosa forma de vida. Kepler es un inadaptado fugitivo, endeble y enfermizo. Las ganancias de toda su vida no alcanzarían para pagar el globo celeste de Ura-*

09



Andrea Anfossi

“Cómo quisiera poder observar más allá; contar con ojos que pudieran ver todos esos objetos alejados con mayor precisión y detalle”.

*niborg. Pero es un brillante e incisivo matemático; un astrónomo rival al que no le facilitaré mis descubrimientos ni las observaciones que guardo celosamente. Él cree ser el arquitecto que use todo eso de acuerdo a su propio esquema.”*

Lo mandé a estudiar el planeta Marte, que yo sabía presentaba una dificultad casi insuperable. Hacía mucho tiempo que su órbita ofrecía a los astrónomos grandes conflictos. Las cifras de mis observaciones indicaban que Marte no siempre tenía velocidades iguales. Sólo la agudeza de un genio (y en ese momento no creía que ese joven desgarbado lo fuera) y casi 20 años de trabajo resolverían la cuestión.

Luego de cada discusión, Kepler amenazaba con marcharse, con la intención de que le cediera algo de mis datos; hoy, en la comida, el apogeo de un planeta; mañana, el nodo de otro. Ahora que estoy repasando mi vida y mis recuerdos, pienso que deberíamos habernos llevado mejor. Las memorias suelen encerrar algo de ficción.

### Epílogo

El 13 de octubre de 1601 asistí a un banquete con el emperador Rodolfo II. A pesar de haber bebido demasiado, creí que por respeto al soberano no debía abandonarlo para ir al baño, y retuve las aguas más de lo recomendable. Al volver a casa sufrí un desvanecimiento, seguido de períodos de fiebre, delirio, insomnio y dolores que duraron varios días. Es entre uno de esos intervalos que escribo estas memorias.

Otras veces he visto pasar de cerca a la muerte, pero ahora los demonios regresan con un nuevo embate de fiebre. Mi cuerpo se ha debilitado. Los planetas se hallan en similares posiciones a las que se encontraban cuando nací, hace ya 54 años. Y es así como yo, Tycho Brahe, el más grande observador astronómico antes de la invención de instrumentos ópticos, he repasado mi vida. Quisiera creer que cuando muera seguiré vivo de alguna forma. En todo caso, que no se diga que he vivido en vano. ■

### Anexo a la versión original

La muerte de Tycho Brahe se produjo el 24 de octubre. Fue sepultado en Praga, tras una gran ceremonia en la parroquia de Teyn, donde se encuentran aún hoy sus restos, al pie de un monumento que se erigió en 1604.

Poco después, Kepler ocupó su lugar como astrónomo y

matemático imperial. Pese a que la familia de Tycho no le quiso dar sus instrumentos y trabajos a Kepler, éste conservó las observaciones sobre Marte, algo fundamental para descubrir que su órbita no es circular sino una elipse. Kepler llegó a consumir sus tres leyes de los movimientos planetarios por sus propias conclusiones, pero basándose en las mediciones precisas de Tycho.

Mentes novelescas han dibujado la posibilidad improbable de que Kepler envenenó a Tycho. En un análisis realizado en 1996 se encontraron altos niveles de mercurio en la zona del foliculo del cabello de Tycho, lo que indica que ese elemento llegó allí transportado por la sangre. Este hecho sugiere que Tycho ingirió una gran dosis de mercurio mientras realizaba experimentos alquímicos o a través de medicamentos que consumía y que él mismo fabricaba, lo que le causó la muerte algunos días después.

La frase que abre y cierra estas memorias, “*Ne frustra vixisse videtur*” (“No he vivido en vano”), fueron las últimas palabras de Tycho Brahe, repetidas varias veces en sus últimas horas de vida.

### Aclaración

El autor de estas memorias desea agradecer la colaboración desinteresada de Diego Luis Hernández, del Planetario de la Ciudad de Buenos Aires Galileo Galilei.

### Notas

- 1 Actualmente el sur de Suecia.
- 2 El próximo 21 de diciembre de 2020 ocurrirá algo muy parecido, y será visible poco después del atardecer.
- 3 Estas *Tablas Prusianas*, confeccionadas por el astrónomo Erasmus Reinhold en 1551 a través de los datos del *De Revolutionibus* de Nicolás Copérnico, fueron las primeras en las que se marcaban las posiciones de los planetas. En ellas se basaron las reformas del calendario gregoriano.
- 4 Entre las actuales Dinamarca y Suecia.
- 5 Copérnico había refutado esta apreciación años antes con la observación de que las estrellas están demasiado lejos como para que se note un cambio aparente en su posición.
- 6 Las fases de Venus, descubiertas pocos años después de la muerte de Tycho gracias a la invención del telescopio, pueden ser explicadas tanto por el modelo de Copérnico como por el de Tycho, pero no por el de Tolomeo.
- 7 En la actual Austria.

### Bibliografía

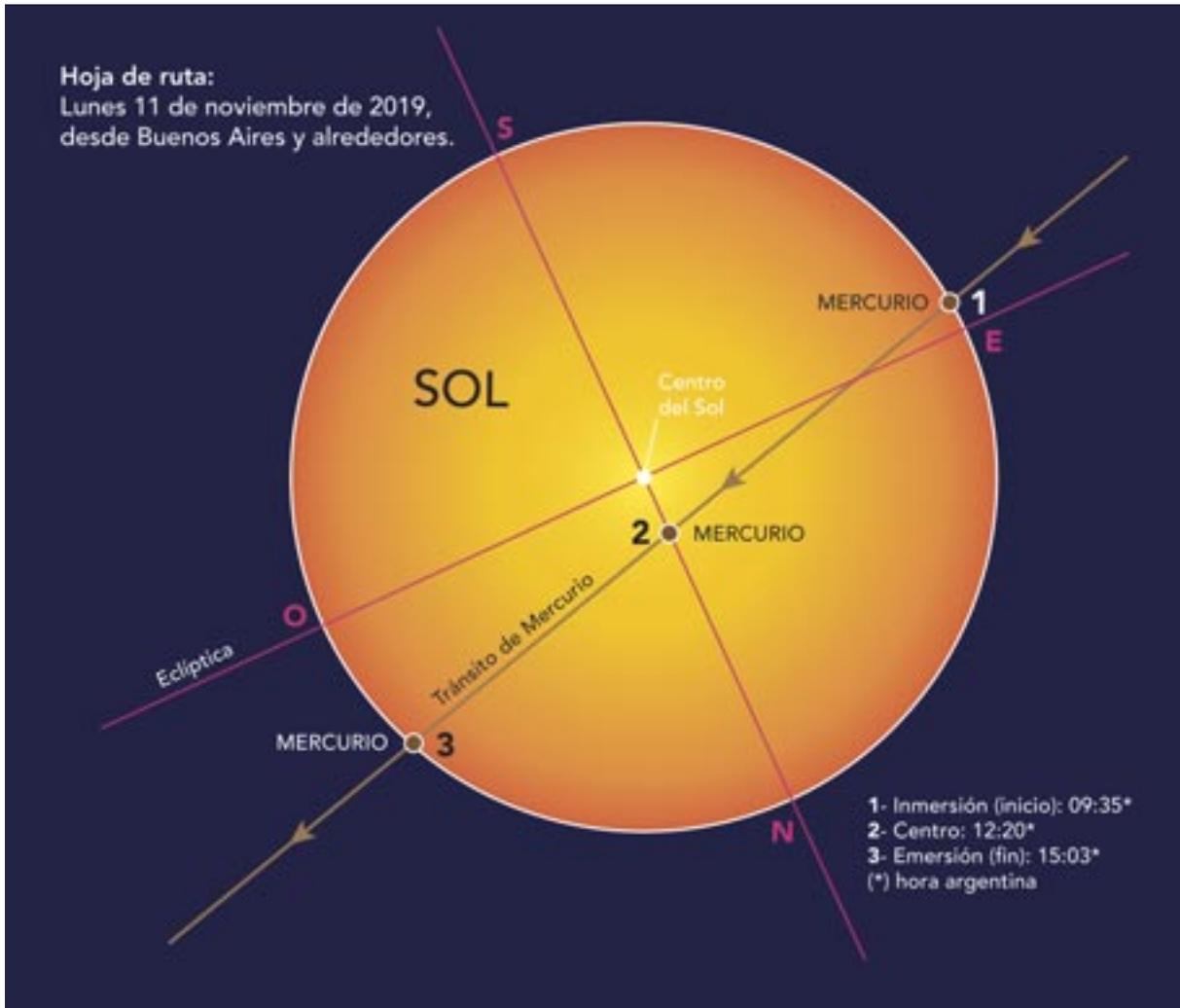
- Toulmin, Stephen; Goodfield. *La Trama de los Cielos*. (Lectores de Eudeba; v. 35). Buenos Aires: Eudeba, 1971.
- Wilson, Colin. *Buscadores de Estrellas*. Buenos Aires: Planeta, 1983.
- Abetti, Giorgio. *Historia de la Astronomía*. (Brevarios, v 118). México: Fondo de Cultura Económica, 1956.
- Gurev. *Los sistemas del Mundo*. Buenos Aires: Problemas, 1947.
- Arago, Domingo Francisco. *Grandes Astrónomos Anteriores a Newton*. (Colección austral) Buenos Aires: Espasa-Calpe, 1944.
- Ferris, Timoty. *La Aventura del Universo: de Aristóteles a la Teoría de los Cuantos*. (Drakontos) Barcelona: Crítica, 1999.
- Flammarion, Camille. *Historia del Cielo*. París: Bouret, 1984.
- Koestler, Arthur. *Los Sonámbulos*. (Biblioteca Científica Salvat; v. 51/52) Barcelona, 1986.
- Gangui, Alejandro. *El Big Bang: la Génesis de Nuestra Cosmología Actual*. Buenos Aires: Eudeba, 2005.
- Gassendi, Pierre. *Tychonis Brahe, Equitis Dani, Astronomorum Coryphaei, Vita*. 1654.
- Rodríguez, Antonio Orlando. *Chiquita, Alfaguara*, 2008.

11 de noviembre de 2019

# HABLEMOS DEL TRÁNSITO

*Un año repleto de eventos astronómicos de gran relevancia se cerrará con el paso del planeta más pequeño por delante del Sol; otro fenómeno visible por completo en nuestro país.*

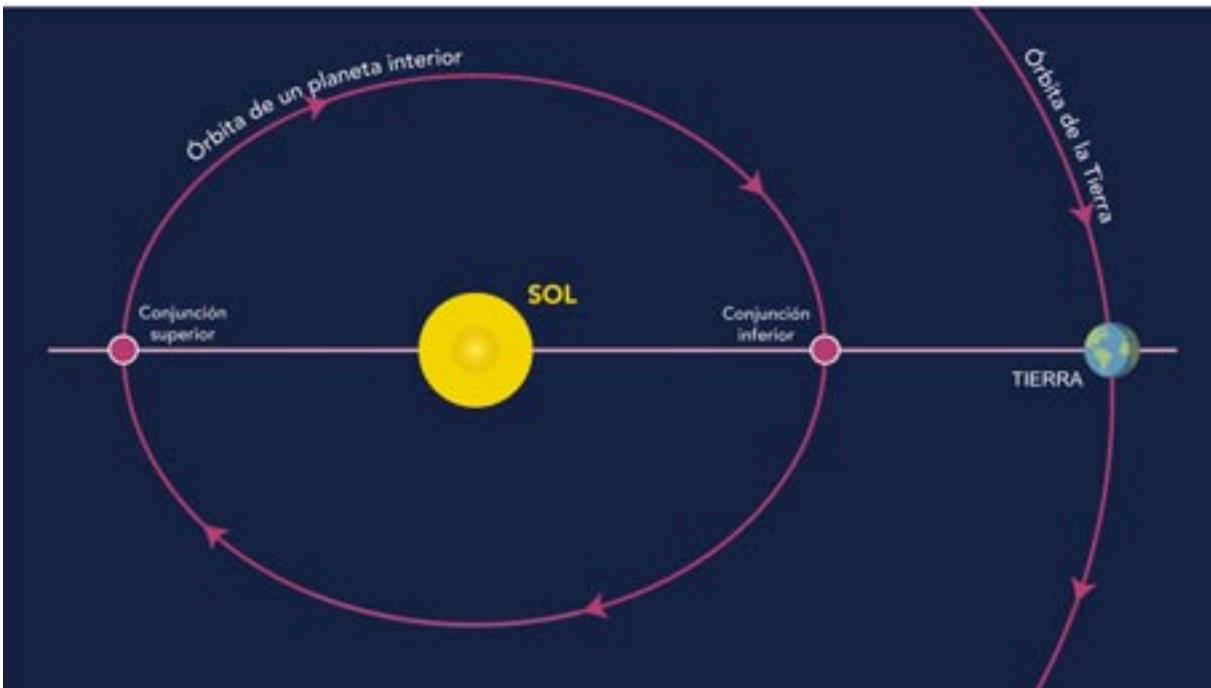
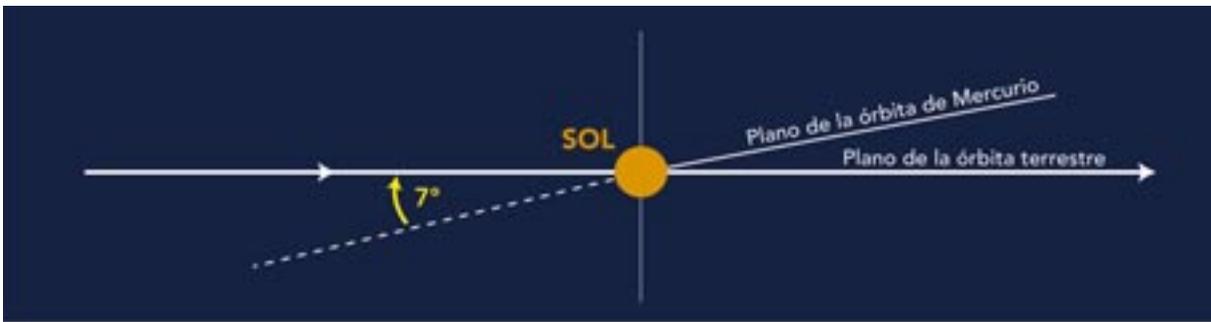
01



Por ser planetas interiores, es decir, más cercanos al Sol que la Tierra, en algunas oportunidades Mercurio y Venus pasan, aparentemente, justo por delante del Sol, vistos desde nuestro planeta. En astronomía, a eso llamamos **tránsito**.

El próximo lunes 11 de noviembre habrá un tránsito de Mercurio visible por completo desde nuestro país y desde toda Sudamérica, que durará cerca de cinco horas y media. La inmersión, es decir, el inicio del fenómeno, se dará a las 09:35 (hora argentina), con el Sol a unos 46° de altura sobre el horizonte este. El centro del tránsito ocurrirá a las 12:20, y la emersión, a las 15:03 (ver gráfico 1, en esta página).

**01** Observado desde nuestro planeta, el tamaño aparente de Mercurio es muy pequeño con respecto al del Sol: 10" para Mercurio vs 32' 18,6" para el Sol en la fecha del tránsito. Las manchas solares más pequeñas suelen sobrepasar fácilmente el tamaño de Mercurio. Por eso, para observar el tránsito habrá que utilizar telescopios adaptados especialmente a la observación solar, mediante filtros o a través de la técnica de proyección. En este caso, cualquier telescopio de aficionado puede servir, pero hay que tener la precaución de no observar nunca directamente hacia el Sol.



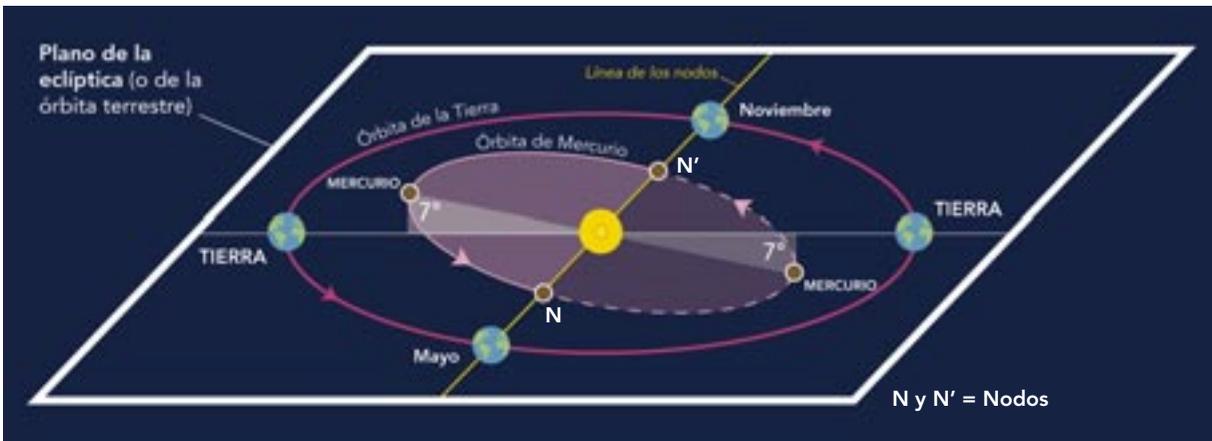
### Cómo se produce

Cada vez que Mercurio y la Tierra se encuentran perfectamente alineados con el Sol, se produce un tránsito, el paso de Mercurio por delante del Sol. La órbita de Mercurio está inclinada unos  $7^\circ$  con respecto al plano de la órbita de la Tierra alrededor del Sol (llamado eclíptica), y es por eso que no ocurre un tránsito cada vez que Mercurio se encuentra entre el Sol y la Tierra, en la posición conocida como conjunción inferior (ver gráfico 2), que representa también los momentos en los que Mercurio se puede acercar más a nuestro planeta (cerca de 100 millones de km en promedio).

Visto desde la Tierra, la mayoría de las veces Mercurio, cuando se encuentra en la conjunción inferior, pasa un poco por “encima” o por “debajo” del Sol. Para que un tránsito se produzca, Mercurio tiene que estar cerca de alguno de los dos nodos entre su órbita y la de la Tierra. Los nodos son los dos puntos en los que una órbita corta un plano de referencia, por ejemplo, el de la eclíptica (ver gráfico 3). La Tierra atraviesa los nodos de la órbita de Mercurio entre el 8 y 9 de mayo y entre el 10 y 11 de noviembre, respectivamente. Cuando coincide una conjunción inferior de Mercurio con la fecha en la que la

**02** La órbita de Mercurio alrededor del Sol está levemente inclinada con respecto a la órbita de la Tierra. Por eso, aunque Mercurio se encuentre en conjunción inferior, no siempre pasa exactamente por delante del Sol.





Tierra atraviesa esos nodos, se produce un tránsito, el paso del planeta por delante del Sol durante algunas horas.

En promedio, hay unos trece tránsitos de Mercurio por siglo, en intervalos de 3, 7, 10 y 13 años, y son más frecuentes que los tránsitos de Venus (que se producen de a pares: dos en ocho años, y luego un intervalo de 105 años. Los últimos fueron en 2004 y 2012; y los próximos serán en 2117 y 2125).

El último tránsito de Mercurio ocurrió en mayo de 2016, el siguiente será el 13 de noviembre de 2032, y los restantes durante este siglo serán en 2039, 2049, 2052, 2062, 2065, 2078, 2085, 2095 y 2098.

Quizás, en comparación con los eclipses totales de Sol y

**03** Una alineación perfecta entre ambos planetas con el Sol se da solamente cuando Mercurio y la Tierra se encuentran sobre la línea de los nodos. Si además, Mercurio está en conjunción inferior (gráfico 2), puede darse un tránsito de Mercurio como el del próximo 11 de noviembre.

de Luna (como el de la imagen en esta misma página) vividos este mismo año, el tránsito de Mercurio parezca poca cosa. Pero nunca hay que subestimar un fenómeno celeste. Siempre pueden sorprendernos. ■



Eclipse total de Luna  
del 21 de enero.

*16 de julio de 2019*

# TEMPORADA DE ECLIPSES



Andrea Anfossi

*Dos semanas después del eclipse total de Sol del 2 de julio se produjo un eclipse parcial de Luna. No es casualidad que esto ocurra; algunas veces se da así, y en otras, podemos tener un eclipse de Luna y, dos semanas después, un eclipse de Sol. Aunque, como muchas veces ocurre, no siempre estamos en el mejor lugar para observar ambos fenómenos.*

Para que se dé un eclipse de Sol tiene que haber Luna nueva; y para que haya un eclipse de Luna, tiene que haber Luna llena. Pero no siempre que hay Luna nueva ocurre un eclipse de Sol; y no siempre que hay Luna llena hay un eclipse de Luna.

Para que haya eclipses se tienen que dar ciertas condiciones, en algunos puntos, similares a las que ya explicamos en el caso del tránsito de Mercurio. La órbita de la Luna alrededor de la Tierra está inclinada casi  $6^\circ$  con respecto al plano de la órbita de la Tierra alrededor del Sol. Eso hace que la mayoría de las veces en las que hay Luna nueva, visto desde la Tierra, nuestro satélite pase un poco por “encima” o un poco por “debajo” de la posición del Sol, sin provocar un eclipse. Asimismo, la mayoría de las veces en las que hay Luna llena, nuestro satélite pasa un poco por “encima” o un poco por “debajo” del cono de sombra terrestre.

El pasado 16 de julio se dio un eclipse parcial, en el que la Luna no ingresó por completo en el cono de sombra de la Tierra, sino en un 65% de su diámetro, y además, desde Buenos Aires y alrededores el fenómeno comenzó con la Luna aún por debajo del horizonte.

A las 17:55 asomó la Luna sobre el horizonte este-sudeste, al mismo tiempo que el Sol se ocultaba por el lado opuesto, casi una hora después de que había empezado la etapa de parcialidad del eclipse. Muy cerca de la Luna estaba el planeta Saturno, ambos en la constelación de Sagitario.

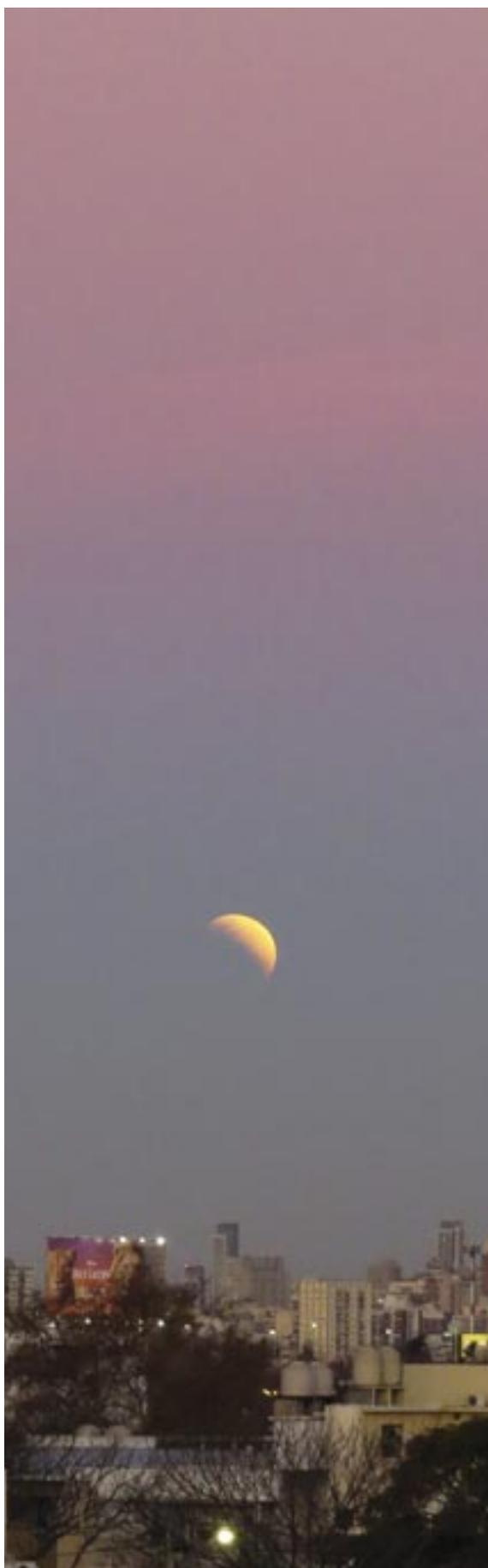
Debido a la baja posición de la Luna, había que buscar un lugar con el horizonte este despejado de obstáculos. Fue muy curioso ver salir la Luna, con los colores típicos con los que se tiñe debido a la refracción atmosférica de la luz; colores que no estaban afectados por el eclipse, sino que ocurren cada vez que la Luna asoma sobre el horizonte y que varían según la hora,

ECLIPSE PARCIAL DE LUNA

Diego Hernández



Natalia Jaoand



## ECLIPSE PARCIAL DE LUNA



Mariano Ribas



Diego Galperin

la luminosidad y la turbulencia atmosférica.

A las 18:31 se dio el máximo, con la Luna oculta en un 65% por la sombra terrestre. El fenómeno finalizó a las 19:59, y luego quedó sólo la etapa penumbral, sin demasiada relevancia.

El próximo eclipse lunar no ocurrirá hasta 2020, aunque

los cuatro que se producirán ese año sólo serán eclipses penumbrales, que son mucho más débiles que los eclipses parciales o totales. No habrá otro eclipse lunar total hasta mayo de 2021, que será visible desde nuestro país parcialmente cerca del amanecer. El próximo visible por completo desde aquí será el 16 de mayo de 2022. ■



María Paula Pía



# SOMOS ESTRELLAS



## SOMOS ESTRELLAS

Un espectáculo que busca responder algunas de las preguntas más importantes de todos los tiempos: ¿de qué estamos hechos? ¿de dónde vino todo? Una experiencia full dome para curiosos con ganas de explorar los secretos de nuestra química cósmica y nuestros explosivos orígenes.



# DE LA TIERRA AL UNIVERSO

Espectáculo inclusivo narrado en castellano,  
subtitulado e interpretado por Personas Sordas  
en Lengua de Señas Argentina (LSA).



CAS  
CONFEDERACION  
ARGENTINA DE  
SORDOS

 COPIDIS

  
PLANETARIO  
Galileo Galilei - Buenos Aires



Buenos Aires Ciudad



Vamos Buenos Aires