

SI MUOVE

NÚMERO 15 - PRIMAVERA 2018

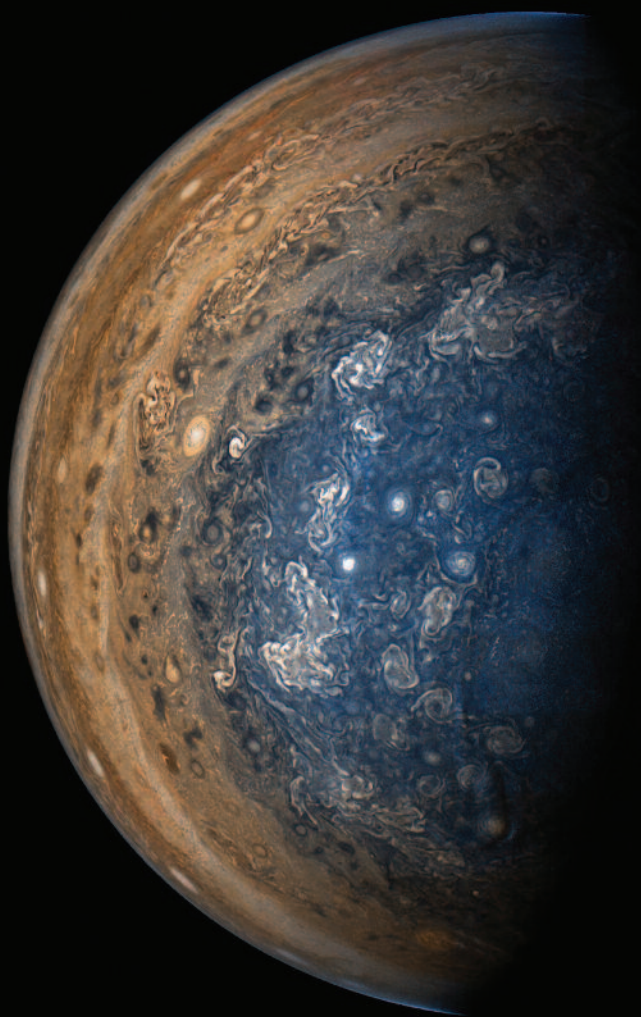




PÁGINA 23

LA CRISIS DE LA GRAN MANCHA ROJA

Sistema Solar



SI MUOVE

NÚMERO 15 - PRIMAVERA 2018

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
GABRIEL BENGOCHEA
DIEGO CÓRDOVA
MAXIMILIANO ROCCA
CARLOS COLAZO

COLABORADORES
Adriana Ruidíaz, Pablo Iskandar, Alberto
Russomando, Andrea Anfossi, Andrés
Vattuone, Alejandro Tombolini, Gastón
Ferreiros, Carlos Di Nallo, Cristian López,
Edgardo Sborlini, Edgardo Perea.

CORRECTORES
Walter Germaná, Natalia Jaoand.

FOTO DE TAPA
Eclipse total de Sol en Madras,
Oregon, EE.UU., 21-08-17.
Autores: Andrés Vattuone, Alejandro
Tombolini y Gastón Ferreiros (pág.18).

AGRADECIMIENTOS
NASA, JPL, HST, ESA.

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
Secretario de Ciencia, Tecnología e Innovación: Pedro A. Larre
Directora Gral. de Ciencia y Tecnología: Clara de Hertelendy
GO Planetario: Verónica Espino



Cristian López

EDITORIAL

En 2019 tendremos la posibilidad de disfrutar una serie de eventos que harán que los amantes de la astronomía recordemos este año de una manera especial. El nuevo año nos recibe con un eclipse de Luna que observaremos desde nuestro Planetario, en la noche del 20 de enero. El 2 de julio habrá un eclipse de Sol que, por sus características, será visible desde todo el país: de manera total en algunas ciudades y parcial en el resto del territorio. Pocos meses después, el 11 de noviembre, se producirá un tránsito de Mercurio por delante del Sol. Probablemente, muchos de nosotros tendremos, a lo largo de nuestra vida, la oportunidad de ver un eclipse total de Sol una única vez. Argentina no sólo tendrá la posibilidad de ver el eclipse de 2019, sino que tiene la chance de prepararse para otro gran eclipse en 2020.

Además, desde el Planetario Galileo Galilei estamos trabajando en nuevas funciones, preparando material para padres, docentes y alumnos, y nuevas actividades de divulgación para que todos seamos parte de esta fiesta astronómica. El año 2018 fue de cambios. Nuestro Planetario ahora forma parte del Ministerio de Educación e Innovación, y eso nos da la posibilidad de potenciar una tarea que realizamos desde hace más de 50 años: que la ciencia trascienda el mundo académico y sea accesible para todos. Miles de alumnos, desde sala de 4 años hasta universitarios, pasan cada mes por nuestra institución, y parte de nuestra misión es que tengan la posibilidad de disfrutar de un espectáculo que les aporte conocimiento y complementen el estudio que realizan día a día. Desde nuestro espacio seguiremos dando lo mejor para que cada uno de los visitantes sienta por la ciencia la misma pasión que sentimos nosotros.

Verónica Espino

Planetario de la Ciudad de Buenos Aires Galileo Galilei.

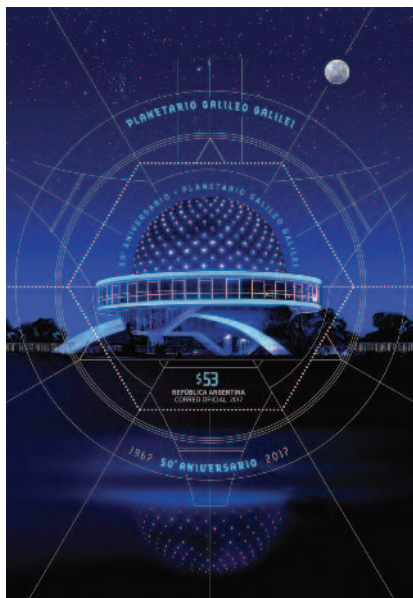


Código QR
Página web / Correo electrónico
www.planetario.gob.ar / revistaplanetario@buenosaires.gob.ar

SUMARIO

06

Nuevo
sello postal del
Planetario
Galileo
Galilei.



06 50 años del Planetario en la
filatelia argentina.

08 Actividades.

09 El mejor cielo del país ya tiene su
primer observatorio permanente.

11 El año de Marte. Efemérides.

19 Eclipse parcial de Sol.

23 La crisis de la Gran Mancha Roja.

28 Galería de Júpiter/Sonda Juno.

34 Supernova argentina.

35 ¿Es posible llegar a las estrellas?

41 Energía oscura: 20 años después.

47 La Luna: observación,
fotografía y filmación.

49 El desafío Janssen y Catena Davy.



19 Eclipse parcial de Sol.

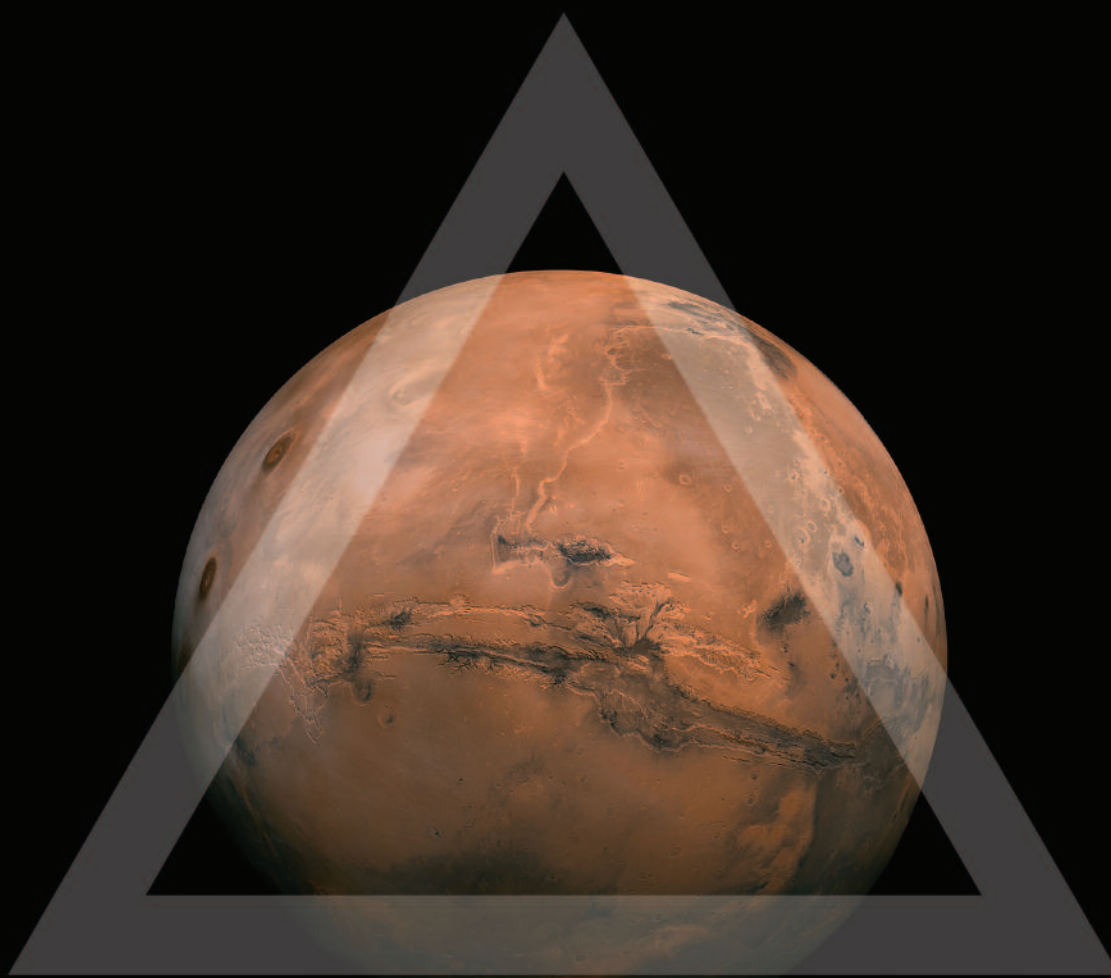
35 ¿Es posible llegar
a las estrellas?



41

Energía
oscura.





PÁGINA 11

EL AÑO DE MARTE

Efemérides 2018/2019

50 AÑOS DEL PLANETARIO EN LA FILATELIA ARGENTINA

Autor: Lic. Diego Córdova, prensaespacial.blogspot.com.ar y Planetario Galileo Galilei.

La celebración de los primeros cincuenta años de vida del Planetario de la Ciudad de Buenos Aires Galileo Galilei, ha llegado hasta el Correo Argentino. La iniciativa, que involucró a ambas instituciones, quedó plasmada en una hermosa pieza postal cuya emisión pasó a engrosar la lista de sellos dedicados a la astronomía y actualizó el único existente sobre el Planetario, que databa de 1970.

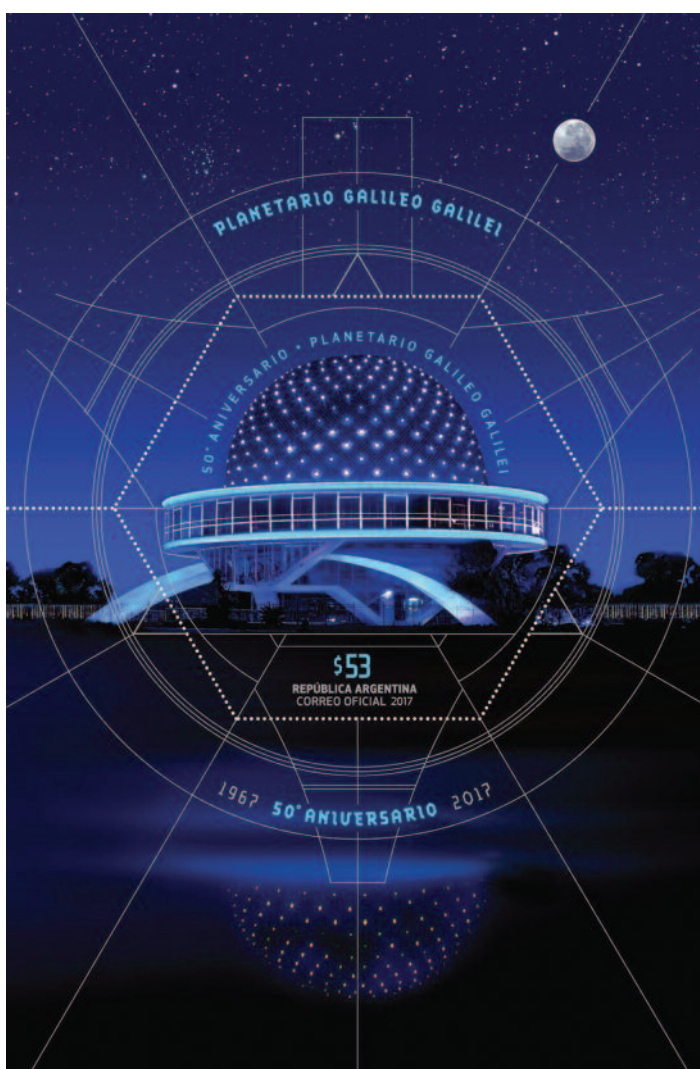
Si bien son tiempos de correos y mensajes electrónicos, donde las cartas ya casi no se usan para comunicar mensajes físicamente, las estampillas que respaldaban su valor de costo por envío hoy siguen siendo objeto de emisiones en nuestro país y en el mundo. Ofrecen, en su variedad de temas, un claro testimonio de hechos y acontecimientos notables. Por supuesto, la astronomía no es la excepción.

El Planetario recibió su primer medio siglo de vida con una renovación en su infraestructura que obedece a los estándares tecnológicos actuales, y a la exigencia de un público cada vez más numeroso y entusiasta por los temas astronómicos, que busca respuestas en esta institución.

Para conmemorar el 50º aniversario de la apertura del Planetario Galileo Galilei al público, el Correo Argentino puso en circulación una hoja en bloque donde puede verse el emblemático edificio, brillante e imponente, sobre un fondo nocturno. Esta fotografía, tomada por Alfredo Maestroni y Alberto Russomando, integrantes del Planetario, fue la base fundamental para el desarrollo del bloque, donde además se puede ver el plano de una de sus plantas, diseñado por el arquitecto Enrique Jan. La Luna resalta en el ángulo superior derecho.

Como bien expresa el dicho, el tiempo y las personas pasan, pero las instituciones quedan; al igual que las emisiones filatélicas que, a lo largo de su historia, ofrecen un testimonio de la época en que fueron impresas.

Con respecto al tema astronómico, las emisiones nacionales fueron muy escasas comparadas a las de otros países. Sin ir más lejos, la única pieza postal que en estos cincuenta años hacía alusión al Planetario era un sello, de bajo valor facial¹, donde aparecía un dibujo del edificio junto a otro del proyector Zeiss (modelo



IV), que ahora es una orgullosa pieza en el museo. Hacía falta una renovación, y el aniversario fue la excusa perfecta para ello.

Astronomía en la filatelia argentina

La mayoría de las piezas filatélicas astronómicas fueron

emitidas en **2009**, el Año Internacional de la Astronomía, donde la más notoria fue el bloque en el que aparece Galileo Galilei, debajo de una imponente constelación de la Cruz del Sur, más una serie de cuatro valores con el Observatorio Astronómico Félix Aguilar, el Complejo Astronómico El Leoncito (CASLEO), el Instituto Argentino de Radioastronomía y el Observatorio Astronómico de La Plata. Un valor adicional se emitió, ese mismo año, en alusión al Observatorio de la Universidad Nacional de Córdoba, que actualizó uno muy parecido emitido en **1971**, para conmemorar el centenario de su creación.

Tanto este valor adicional como el bloque de Galileo Galilei, formaron parte de sobres de primer día de emisión², con su correspondiente matasello³ alusivo al año de la astronomía.

Algunos de estos cuatro sellos volverían a utilizarse en 2010, en otro sobre de primer día de emisión, con motivo del eclipse solar observado en la Patagonia el 11 de julio de ese año, con un matasello especial que resaltaba la fecha del eclipse y las regiones donde pudo ser visto: Patagonia argentina y Polinesia francesa, bajo el título “donde la Luna encuentra al Sol”.

Entre otras emisiones anteriores correspondientes al año 2007, existe una que trata sobre la región comprendida entre Santiago del Estero y Chaco, conocida como Campo del cielo, regada con numerosos fragmentos de un objeto metálico, caído hace unos 4000 años aproximadamente. La estampilla en bloque (que publicamos en la edición número 2 de *Si Muove*), muestra uno de los fragmentos más



En conmemoración por los 50 años del Planetario, el Correo Argentino presentó su emisión filatélica especial durante un evento de lanzamiento y matasellado.

notorios, el meteorito El Chaco, y fue impresa con una novedosa técnica para ser visualizada con los clásicos anteojos 3D. La otra, es un pequeño sello dedicado al observatorio de rayos cósmicos Pierre Auger de Malargüe, Mendoza.

Lamentablemente, no hay mucho más material al respecto. Tan sólo un matasello para sobres de primer día de emisión, que conmemora el 50° aniversario del Instituto Argentino de Radioastronomía, editado en 2016.

De todas formas, el hecho de que la filatelia argentina le haya dedicado un sello al 50° aniversario del Planetario Galileo Galilei, demuestra el interés que hoy tiene el Correo Argentino de comunicar, a través de sus emisiones regulares, la importancia de la divulgación astronómica en nuestro país. ■

1970



1971



2009



1 El valor facial es el precio que figura impreso en la estampilla.

2 Un sobre de primer día de emisión es aquel que contiene estampillas mataselladas el primer día que salen a la venta. Generalmente ese matasello tiene un diseño artístico alusivo al tema de la estampilla o del día en que sale a la venta.

3 Un matasello es una marca de cancelación del valor facial para que la estampilla no vuelva a ser utilizada.



Conferencia/Encuentros de ciencia

En este espacio habitual en el que especialistas, divulgadores, profesionales y expertos comparten sus conocimientos y descubrimientos con el público del Planetario, el ingeniero Hernán Pablo Socolovsky, del Departamento de Energía Solar de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), presentó cómo funciona una celda solar y cómo pueden utilizarse los paneles solares para la generación de energía eléctrica en viviendas urbanas y rurales, o en las bases antárticas. La radiación solar es una fuente inagotable y limpia de energía cuyas aplicaciones varían desde el calentamiento de agua hasta la generación de energía en misiones espaciales. Se mostraron las actividades de investigación y desarrollo que lleva adelante el Departamento de Energía Solar de la CNEA en sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica y en el desarrollo de paneles solares para uso espacial en las misiones satelitales argentinas.

Perros de la Calle en el Planetario

Se transmitió en vivo desde el Planetario una edición especial del programa Perros de la Calle, de Radio Metro 95.1, conducido por Andy Kusnetzoff y con la participación de Gabriel Schultz, Nicolás "Cayetano" Cajg y Harry Salvarrey. El programa fue realizado por completo en el Planetario e incluyó, además de sus segmentos habituales, una banda en vivo tributo a Soda Stereo, llamada "Sobredosis de Soda"; una entrevista a Mariano Ribas, coordinador del área de divulgación científica del Planetario; y la participación de Dj Fernández Sáenz, el ex tenista Gastón Gaudio y la analista política María O'Donnell.



La música del universo

Gabriela González, integrante del equipo que ganó el Premio Nobel de Física en 2017, compartió con el público del Planetario los secretos de los sonidos provenientes del espacio como resultado de la colisión de dos agujeros negros a más de mil millones de años luz de la Tierra. Hace más de 100 años, Albert Einstein predijo que el espacio-tiempo era dinámico, y que había ondas gravitacionales que viajaban a la velocidad de la luz. En 2015 los observatorios LIGO detectaron por primera vez una señal debida a esas ondas gravitacionales, producidas hace 1300 millones de años por la interacción de dos agujeros negros. La Dra. en física, investigadora y profesora argentina Gabriela González nos contó, además, la historia de estos descubrimientos y el futuro de este nuevo campo de la astronomía.

Tolar Grande, Salta

EL MEJOR CIELO DEL PAÍS YA TIENE SU PRIMER OBSERVATORIO PERMANENTE

En el norte de Chile existe una serie de observatorios internacionales que fueron montados para aprovechar uno de los mejores cielos del mundo. Muy cerca, en el lado argentino, las condiciones climáticas, la altitud y la pureza del cielo son similares, aunque no existe la infraestructura necesaria. A partir del año 2000, se investigó la zona para proponer la Puna salteña como posible sitio de emplazamiento para el E-ELT, European Extremely Large Telescope, pero -finalmente- fue destinado a ser construido en Chile. Sin embargo, uno de los sitios preseleccionados, en el filo del Cordón Macón, en Salta, también reúne las características necesarias para albergar observatorios astronómicos que respondan a las rigurosas exigencias científicas y técnicas. Y es el lugar en el que existen ya los proyectos de tres observatorios locales con colaboraciones internacionales.

Autor: Carlos Alberto Colazo, Observatorio Astronómico Córdoba, Ministerio de Educación de la Provincia de Córdoba. cacolazo@hotmail.com



01

La Puna salteña, en el noroeste de Argentina, cuenta con uno de los mejores cielos del mundo. La proximidad con el desierto de Atacama y su altura sobre el nivel del mar colaboran para que sea uno de los firmamentos menos contaminados, con menor humedad y mayor número de noches despejadas. Varios proyectos internacionales buscan aprovechar esas óptimas condiciones y, en los próximos años, prevén instalar allí observatorios de gran envergadura. No obstante, desde mediados de 2017 funciona en esa región el Observatorio Astronómico Tolar (OAT), una iniciativa más modesta y con un equipo de menores dimensiones, pero que ya está operando. Si bien el OAT está a menor altura de la que aprovecharán los grandes telescopios, se ubica en un lugar más ac-

cesible: Tolar Grande, el último poblado del desierto antes de llegar al Salar de Arizaro, en la provincia de Salta. El proyecto es financiado por el Instituto de Astronomía Teórica y Experimental (IATE) de Córdoba y la Universidad Nacional de Salta, con ayuda del Ministerio de Ciencia y Técnica del gobierno de la provincia de Cór-

01 El domo está aún en Córdoba, y luego de terminar los detalles será enviado a Tolar Grande.

02 El Observatorio Municipal de Tolar Grande se utilizará para difusión y se pondrá en marcha este año.



doba y de la Municipalidad de Tolar Grande.

El OAT cuenta con un telescopio de 41 centímetros de diámetro, que es usado con fines científicos por estudiantes universitarios y aficionados a la astronomía. Provisoriamente está emplazado en la terraza del edificio municipal de Tolar Grande. Su gran ventaja radica en su ubicación, ya que las condiciones para la observación astronómica son ampliamente superiores a las que deben afrontar la mayoría de los observatorios del país. Todos los meses, integrantes de dos grupos de las universidades nacionales de Córdoba y Salta se trasladan hasta Tolar Grande para realizar observaciones durante nueve noches consecutivas. Registran tránsitos de exoplanetas, ocultaciones de asteroides, desplazamientos de cuerpos menores del sistema solar, variación de brillo de estrellas y muchos otros fenómenos. Las imágenes que capturan en cada jornada luego son analizadas minuciosamente, con el propósito de aportar datos útiles a la comunidad científica local e internacional.

Automatización e instalación definitiva

En el predio del Observatorio Astronómico de Córdoba, actualmente técnicos del IATE trabajan en la automatización del domo, que fue donado junto al teles-

copio del OAT por el ingeniero cordobés Bernardo Flood. Esa cúpula será trasladada en los próximos meses a Tolar Grande. Será instalada en una montaña cercana al pueblo, cuya cima fue aplanada por la municipalidad local. En su interior, el domo albergará de forma definitiva al telescopio.

Actualmente el OAT es operado de manera remota desde las oficinas del Centro Astronómico Macón. Cuando se mejoren las conexiones de Internet, será posible comandar el equipo desde cualquier otro lugar del país. En esa línea, se prevé capacitar a los jóvenes de esa localidad salteña e integrarlos a las tareas que desarrollan los observadores de las universidades involucradas en el proyecto. ■



Google Maps

Efemérides 2018/2019

EL AÑO DE MARTE



Mariano Ribas

Este año todas las miradas estuvieron puestas en el Mundial de Rusia, ya que no se esperaba mucho en cuanto a eventos astronómicos predecibles. Nunca se sabe cuándo aparecerá un gran cometa, o si el Sol desplegará una actividad inesperada de manchas, como en septiembre del año pasado (ver fotos de la página 17). En cambio, 2019 será espectacular, ya que vendrá acompañado de dos grandes eclipses totales, uno de Sol y otro de Luna, ambos visibles desde nuestro país, más un tránsito de Mercurio por delante del Sol. Mientras, en 2018 pudimos disfrutar de dos “eclipsitos” visibles parcialmente y, sobre todo, de la mejor oposición de Marte en los últimos 15 años (curiosamente, el mismo día del eclipse de Luna), a lo que se sumaron las oposiciones de Júpiter y Saturno, también, en óptimas condiciones de observación.

Eclipses: es lo que hay, en 2018

El eclipse anular de Sol del 26 de febrero de 2017, visto en Chubut, fue espectacular. Igualmente prometen serlo los próximos eclipses totales: el de Sol del 2 de julio de 2019, visible en buena parte de nuestro país; y el de Luna del 21 de enero de 2019, visible por completo en toda América. Pero 2018 no fue un gran año en materia de eclipses: hubo un eclipse parcial de Sol y un eclipse total de Luna visible parcialmente desde nuestro país. De todas formas, siempre son fenómenos dignos de observar para cualquier aficionado. Y también podemos disfrutar de una increíble imagen del eclipse total de Sol observado en Estados Unidos

el 21 de agosto de 2017 (foto de tapa y página 18).

El **15 de febrero de 2018** se produjo un **eclipse parcial de Sol** visible desde algunas partes de nuestro país, Chile y la Antártida. No resultó un eclipse cómodo para ver, ya que desde Buenos Aires y alrededores, además de que la Luna apenas tapó un **17%** del diámetro solar, el Sol se encontraba muy bajo sobre el horizonte, cerca de ocultarse. Más al sur y al oeste el eclipse resultó un poco mejor, aunque en ningún lado fue total: del 22% en la Costa Atlántica, 28% en Comodoro Rivadavia y 36% en Ushuaia.

Desde Buenos Aires (huso horario -3) el eclipse comenzó a las 18:36; el máximo ocurrió a las 19:12,

“El 27 de julio hubo un eclipse de Luna visible parcialmente. Desde Buenos Aires, cuando la Luna asomó ya estaba completamente eclipsada. Los próximos eclipses totales visibles desde nuestro país serán en 2019: de Luna, el 21 de enero, y de Sol, el 2 de julio”.

cuando el Sol estaba a una altura de 6° sobre el horizonte; y finalizó a las 19:44. El Sol se ocultó tres minutos después. Por razones obvias, había que buscar un lugar con el horizonte oeste despejado de obstáculos, lo más alto posible (ver página 19).

Por otro lado, el **27 de julio de 2018** hubo un **eclipse de Luna** visible parcialmente desde nuestro país (el evento completo se observó desde parte de Asia y África, y la Antártida). Aunque desde aquí no podíamos apreciar todo el eclipse (y, además, en Buenos Aires estuvo muy nublado), fue algo muy particular: en el momento de asomarse, la Luna estaba ya completamente eclipsada. El máximo del eclipse se produjo un rato antes, a las 17:22, con la Luna bajo el horizonte de Buenos Aires. Pero como la totalidad duró 1 hora 47 minutos, en el momento de salir la Luna aún estaba eclipsada totalmente. (Lamentablemente, en Capital Federal y alrededores estuvo nublado y eso impidió la observación). Seis minutos después de la salida de la Luna, con el cielo comenzando a oscurecerse, la totalidad finalizó mientras la Luna iba saliendo lentamente de la sombra de la Tierra, hasta el final, lo que ocurrió a las **19:19**. Desde allí

hasta las 20:28 sólo quedó la etapa de penumbra. Hacia el oeste de nuestro país, donde las condiciones climáticas fueron mejores, pudo observarse parte del evento. Pero por cuestiones de ubicación y horario, se apreció sólo el final del eclipse y nada de la totalidad.

Como si esto fuera poco, casualmente el mismo día del eclipse de Luna se produjo la **oposición de Marte** (ver *Marte al rojo vivo*), y el planeta se vio al lado de la Luna. No nos hacemos responsables por la cantidad de fantasías que hayan dicho astrólogos, conspiranoicos y socios de la Tierra plana, una curiosa “ideología” medieval que va ganando adeptos alrededor de todo el globo. Curiosamente, al analizar las efemérides astronómicas y los programas de reproducción del cielo, podíamos saber de estos eventos astronómicos desde hace años. Sin embargo, los perseguidores de mitos no hablaron de esto hasta pocos días antes de que ocurrió, cuando se enteraron a través de los medios. Es que los amantes de las supersticiones no suelen observar la naturaleza para intentar comprenderla.

Además, el 13 de julio tuvo lugar un eclipse parcial de Sol visible desde el sur de Australia y la Antártida; y el 11 de agosto, otro eclipse parcial de Sol visible desde parte de Canadá, Groenlandia, norte de Europa y norte de Asia.

Marte al rojo vivo

Las oposiciones de Marte, es decir, los momentos en los que se produce su mayor acercamiento a la Tierra, se repiten cada 26 meses. Pero como las órbitas de los planetas son elípticas y están descentradas unas respecto de las otras, la distancia a la que Marte se acerca a nuestro planeta (y por lo tanto, el brillo con el que lo vemos en el cielo) varía considerablemente. En algunas oposiciones, Marte se nos acerca a “sólo” 56 millones de km; pero en otras, la distancia que nos separa puede llegar a ser del doble. En esta oportunidad, la oposición de Marte fue altamente favorable, ya que no había una oposición tan cercana desde agosto de 2003. A fines de julio de 2018 Marte se encontraba a “sólo” 57,6 millones de km de la Tierra, y brillaba en el cielo con una magnitud de -2,8, es decir, más que Júpiter. A simple vista, Marte llamaba muchísimo la atención, no sólo por su brillo sino, especialmente, por su color rojizo/anaranjado.

Estas oposiciones (llamadas perihélicas) son las mejores para observar Marte no sólo a simple vista, sino especialmente con telescopios de aficionados. Habitualmente son pocos los detalles que se pueden apreciar en este planeta, ya que si bien está mucho más cerca que Júpiter o Saturno, es mucho más pequeño. Pero en estas oposiciones favorables se pueden llegar a ver algunas diferencias de coloración en su superficie, tormentas de polvo y, especialmente, sus casquetes polares congelados (ver página 11). Para entender la diferencia de distancia en las oposiciones, hay que mirar el gráfico 1.

EQUINOCCIOS Y SOLSTICIOS (EN HORA ARGENTINA, HUSO -3)

Solsticio de invierno 2018:
21 de junio - 07:07 h

Equinoccio de primavera 2018:
22 de septiembre - 22:53 h

Solsticio de verano 2018:
21 de diciembre - 19:22 h

Equinoccio de otoño 2019:
20 de marzo - 18:58 h

GRÁFICO 1



Oposiciones favorables y desfavorables de Marte

Aquí se representa la oposición de Marte del 27 de julio de 2018 con la letra **A**. Allí, la distancia entre la Tierra y Marte es la mínima posible en los últimos 15 años. Igualmente, puede haber unas mínimas diferencias entre estas oposiciones favorables. Por ejemplo, en la oposición de agosto de 2003 la distancia mínima fue de 55,76 millones de km; y en ésta de 2018, de 57,6 millones de km.

Como se puede apreciar, las órbitas son elípticas y están descentradas, aunque aquí no están a escala y las proporciones se han exagerado para que todo resulte más claro.

Una vez que la Tierra vaya saliendo, día a día, de la posición **A**, la distancia con Marte se irá agrandando y su brillo en nuestro cielo comenzará a decaer. Al año siguiente, cuando la Tierra vuelva a estar en **A**, Marte se encontrará en **B**. Un año después, la Tierra volverá a **A**, pero Marte estará en **C**. Dos meses después, se volverán a encontrar en **D**. Eso ocurrirá 26 meses después de la oposición de 2018, y será el 13 de octubre de 2020. Pero la distancia será mayor que en 2018, de 63 millones de km.

La siguiente oposición será el 8 de diciembre de 2022 (**E**), a 82 millones de km; la siguiente, el 16 de enero de 2025 (**F**), a 96 millones de km; y la siguiente, el 19 de febrero de 2027 (**G**), a 101 millones de km, en lo que será la oposición más lejana de este ciclo. Luego, en cada oposición la distancia se irá achicando. En la oposición del 25 de marzo de 2029 (**H**) estarán a 97 millones de km; el 4 de mayo de 2031 (**I**), a 84 millones de km; el 28 de junio de 2033 (**J**), a 64 millones de km; y el 15 de septiembre de 2035 (**K**), a 57 millones de km, en lo que será la mejor oposición desde 2018.

"El 27 de julio Marte estuvo en oposición, su distancia a la Tierra fue la mínima desde 2003 (58 millones de km) y brillaba más que Júpiter.

Ese día Marte salió por el este al anochecer, curiosamente, al lado de la Luna llena durante la totalidad de un eclipse.

Su próxima oposición será en octubre de 2020".

GRÁFICO 2



Oposiciones de los planetas exteriores

Para facilitar la explicación, imaginemos que el planeta exterior está quieto y que sólo la Tierra se mueve. Cuando la Tierra se encuentra en la posición **A**, el Sol está en el medio y no nos permite ver el planeta. La distancia que nos separa del planeta será la máxima posible. Días más tarde, mientras nuestro planeta se va moviendo hacia la posición **B**, la alineación se va perdiendo, ya que, si bien el planeta exterior también se mueve, lo hace más lentamente que la Tierra. Cada día que pase, el planeta exterior estará más separado de la posición del Sol y un poco más cerca de nosotros. Cuando la Tierra llegue a **C**, volverá a haber una alineación, y la distancia entre el planeta y la Tierra será la mínima posible. Si todo este proceso dependiera solamente del movimiento de la Tierra, duraría un año, pero los planetas también se mueven, por lo que el tiempo que le lleve a un planeta exterior completar este ciclo y repetir una oposición dependerá de la velocidad a la que se mueva alrededor del Sol. Así, si la Tierra se encuentra con un planeta en oposición, al año siguiente, cuando nuestro planeta vuelva a la misma posición (**C**), el planeta se habrá corrido, y la oposición se producirá más adelante. En el caso de Marte las oposiciones se repiten cada 26 meses; en el de Júpiter, cada 13 meses, y en el de Saturno, cada un año y 13 días.

Los planetas exteriores

Desde el punto de vista de un observador en la Tierra, un planeta se encuentra en oposición cuando se produce una alineación Sol-Tierra-planeta. En ese caso, vistos desde la Tierra, el Sol y el planeta se encuentran opuestos: el planeta saldrá sobre el horizonte este cuando el Sol se esté ocultando por el oeste. El planeta recorrerá el cielo de este a oeste durante toda la noche, y se ocultará por el oeste al amanecer, cuando el Sol esté saliendo por el este. Además, dadas estas circunstancias, cuando un planeta está en oposición, se encuentra más cerca de la Tierra (ver gráfico 2), por lo que las condiciones para su observación son las mejores: se verán más brillantes en el cielo y más grandes a través de telescopios. Sólo pueden producirse oposiciones con los planetas más alejados del Sol que la Tierra.

Los planetas interiores

Mercurio y Venus son planetas cuyas órbitas son interiores a la de la Tierra. Por encontrarse más cerca del

Sol que la Tierra, estos dos planetas nunca pueden alcanzar la oposición como lo hacen los más alejados (Marte, Júpiter y Saturno, entre los que se ven a simple

PRÓXIMAS OPOSICIONES DE LOS PLANETAS EXTERIORES

Oposición de Júpiter: 10 - 6 - 2019

Oposición de Saturno: 9 - 7 - 2019

Oposición de Neptuno: 10 - 9 - 2019

Oposición de Urano: 28 - 10 - 2019

Oposición de Marte: 13 - 10 - 2020

vista). Eso hace también que siempre veamos Mercurio y Venus cerca de la posición del Sol, antes de su salida o después de su puesta (ver gráfico 3).

Llamamos **máxima elongación** al momento en el que uno de estos dos planetas se encuentra más “separado” aparentemente del Sol con respecto a la Tierra, lo que hace que su observación sea ideal. En el caso de Mercurio, esas posiciones favorables duran pocos días, pero en el caso de Venus se dan durante varios meses. A continuación detallamos los mejores momentos para observar estos dos planetas durante 2018 y 2019, justamente, en torno a las fechas de sus máximas elongaciones. Cuando el planeta se halla al este del Sol se lo puede observar tras el ocaso; y cuando se halla al oeste, se lo ve al amanecer.

Máxima elongación de Venus

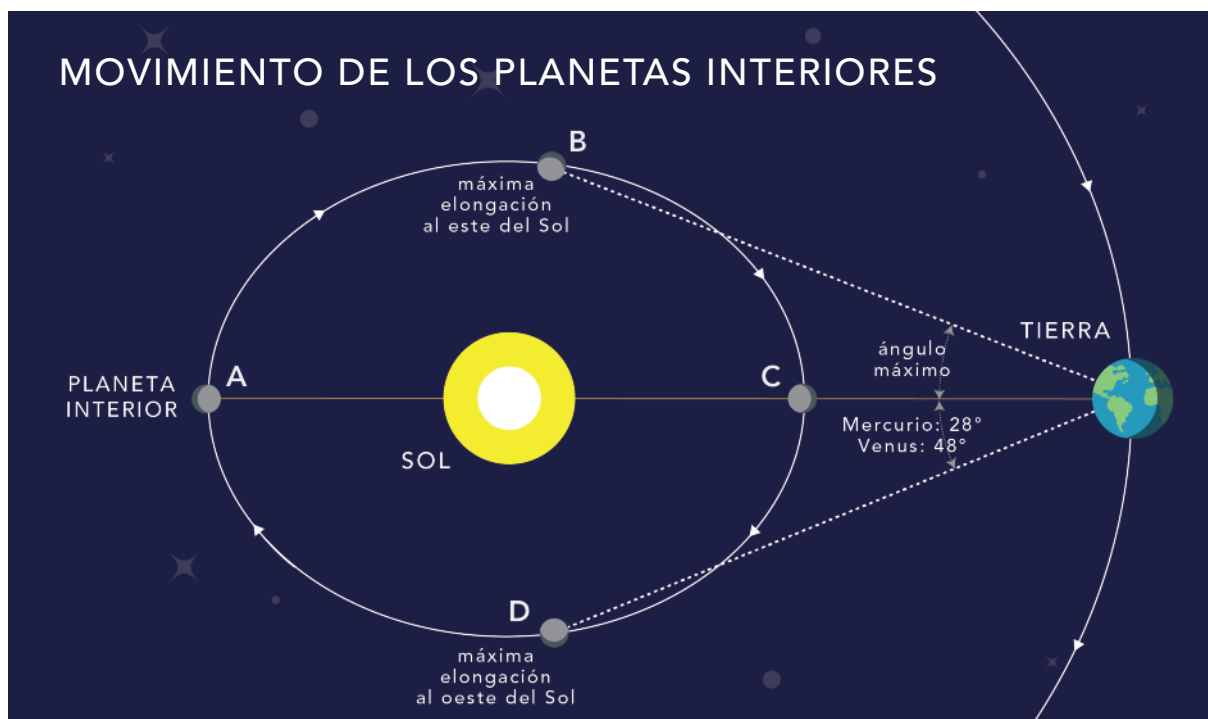
A principios de 2018 Venus pasó por detrás del Sol con respecto a la Tierra (ver posición **A** en el gráfico 3), por lo que no resultó visible hasta febrero, cuando comenzó a verse tras la puesta del Sol, muy bajo cerca del horizonte. A partir de esos momentos, cada día se lo fue viendo más separado de la posición del Sol, más elevado

y más brillante. Allí se encontró hasta el mes de octubre. El 17 de agosto Venus alcanzó su máxima elongación al este del Sol (ver posición **B** en el gráfico 3) y se dieron las mejores condiciones para observarlo al anochecer. En octubre pasó por delante del Sol (posición **C**, visto siempre desde la Tierra) y a partir de noviembre comienza a observarse al amanecer. El 6 de enero será su máxima elongación al oeste del Sol, y será visible al amanecer hasta junio de 2019. ■

MÁXIMAS ELONGACIONES DE MERCURIO

- 15 de diciembre, 2018 - al oeste del Sol
(al amanecer)
- 27 de febrero, 2019 - al este del Sol
(al anochecer)
- 11 de abril, 2019 - al oeste del Sol
(al amanecer)
- 23 de junio, 2019 - al este del Sol
(al anochecer)

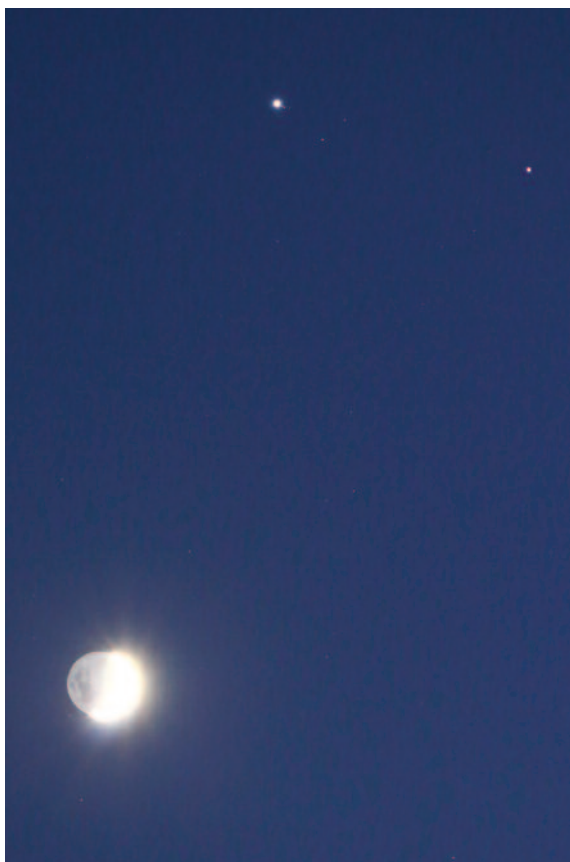
GRÁFICO 3



Movimiento de los planetas interiores

En este gráfico se muestran las diferentes posiciones que adquiere un planeta interior con respecto a la Tierra. Para simplificar la explicación se muestra una Tierra estática, pero hay que tener en cuenta que mientras el planeta interior se mueve, también lo hace la Tierra, y eso influye en los tiempos en los que se repetirán las posiciones. Por ejemplo, Mercurio tarda 88 días en completar una vuelta alrededor del Sol, es decir que el año en Mercurio dura 88 días terrestres. Pero el tiempo que le lleva a Mercurio partir desde la posición **A** (es decir, por detrás del Sol con respecto a la Tierra), dar una vuelta y regresar a la posición **A**, no será de 88 días, porque cuando Mercurio regrese a la posición **A**, la Tierra no estará en la misma posición que en la vuelta anterior de Mercurio; sino que en esos 88 días la Tierra habrá recorrido un cuarto de su órbita (lo que recorre en prácticamente 3 meses). Entonces, la posición **A** (o cualquier otra) de Mercurio se repetirá cada 4 meses terrestres. Para el caso de Venus, que está más alejado del Sol que Mercurio y por lo tanto su órbita es más abierta, su año equivale a 225 días terrestres (140 días menos que nuestro año). Entonces, las mismas posiciones de Venus con respecto a la Tierra se repetirán cada 19 meses terrestres (570 días).

Mariano Ribas

**CONJUNCIÓN LUNA, MARTE Y JÚPITER**

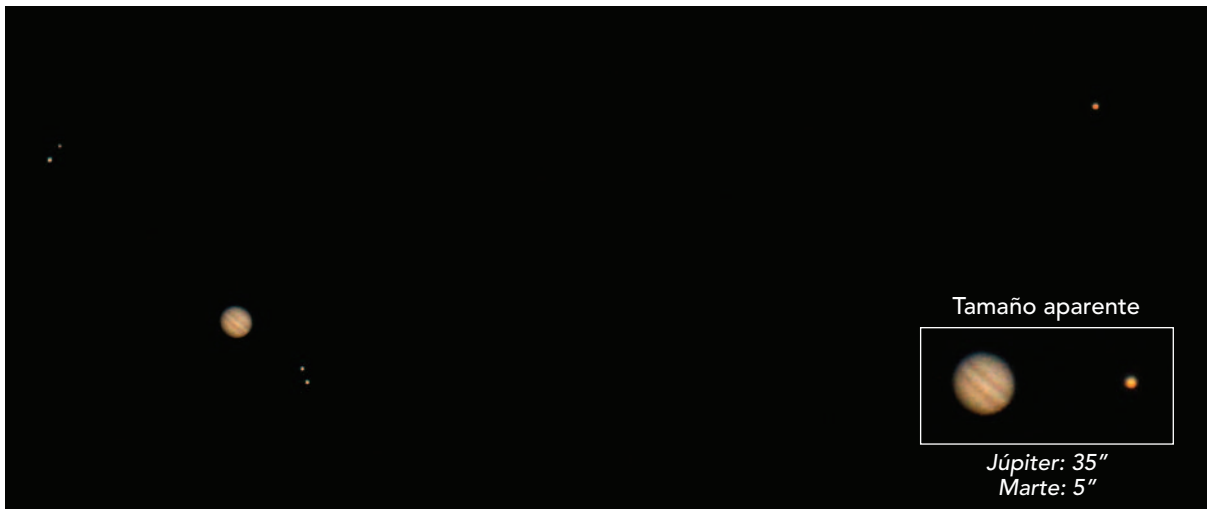
11/01/2018

CONJUNCIÓN JÚPITER-MARTE

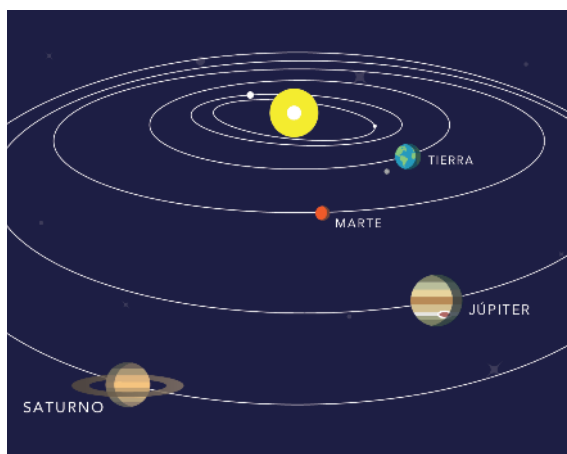
7/01/2018

A través de telescopios podía observarse ambos planetas (más los satélites de Júpiter) en el mismo campo del ocular. En la imagen ampliada se aprecian mejor algunos detalles y se compara el tamaño aparente de cada planeta, en segundos de arco.

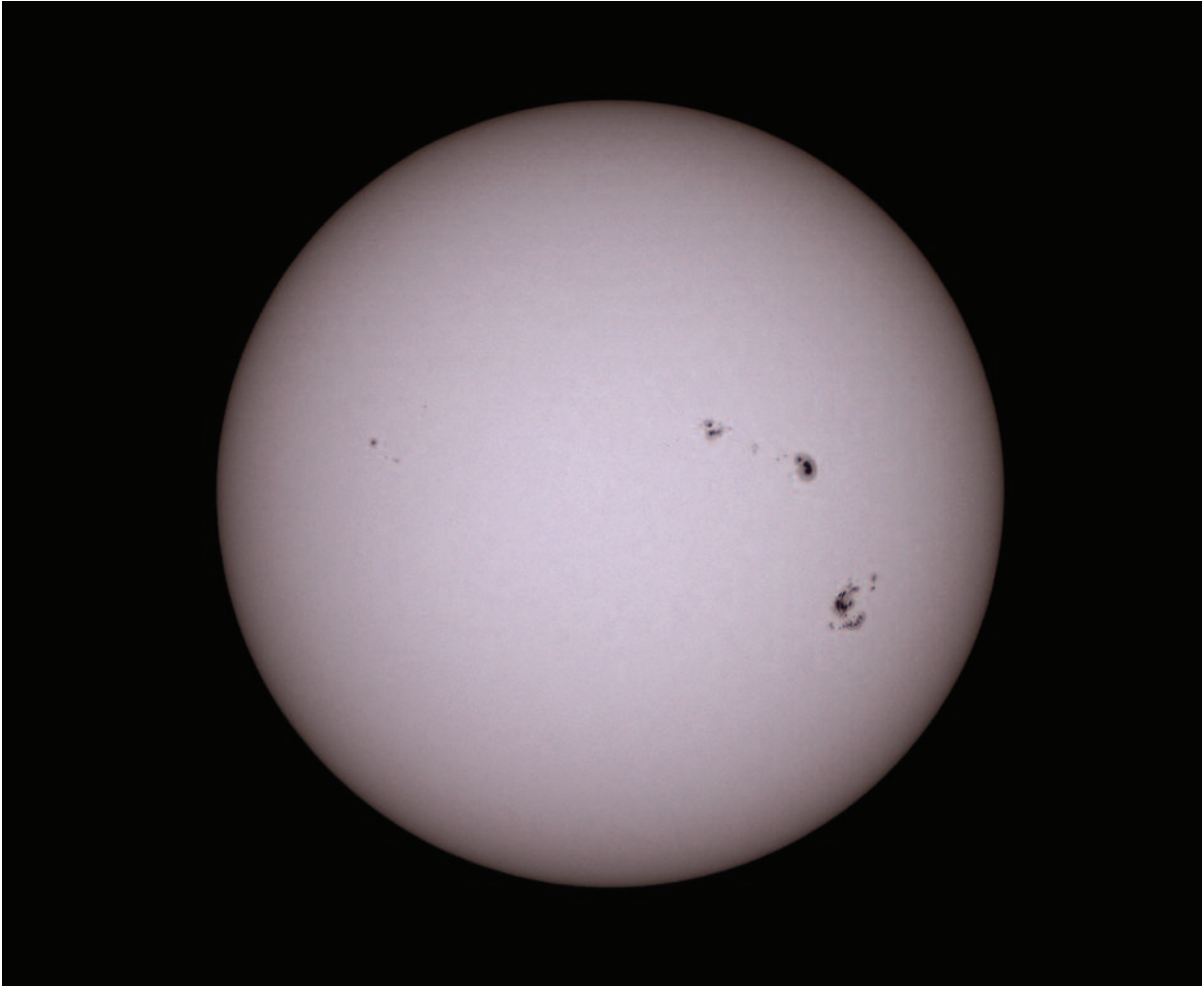
Mariano Ribas

**Conjunciones**

Llamamos conjunción a un “acercamiento” aparente de dos o más astros en un sector pequeño del cielo, aunque en realidad se encuentran a diferentes distancias de nosotros y entre sí. Son fenómenos de perspectiva para nada extraños, bastante habituales y muy llamativos para ver a simple vista y con binoculares. Por tratarse de astros brillantes, entre los que muchas veces se encuentra la Luna, son ideales para observar entre las luces crepusculares, y proporcionan unos de los paisajes celestes más interesantes. Se producen varias por año, y en 2018 la más atrayente fue la de la madrugada del 7 de enero, que tuvo como protagonistas a Marte y Júpiter separados por apenas 14 minutos de arco, casi la mitad del diámetro aparente de la Luna. Otra conjunción interesante se dio el 2 de abril entre Marte y Saturno (ver gráfico 4).

GRÁFICO 4

Vistos desde la Tierra, Marte y Saturno aparecieron el 2 de abril uno al lado del otro. Pero, en realidad, cada uno está a distancias muy diferentes y es sólo un juego de perspectivas.



EL SOL EN LLAMAS

La mancha solar más grande y compleja de 2017, llamada AR 2674 y fotografiada el 5 de septiembre, tuvo unos 230.000 km de largo. Esta enorme “isla” de magnetismo poseía una parte principal, la que se ve más redonda y oscura, acompañada por una “cola” de decenas de manchas menores. Mientras nos sorprendíamos con esta inmensa mancha, se le sumó otra, la AR 2673, que durante unos días parecía apenas una pequeña compañera de la primera, pero que en 24 horas multiplicó su superficie más de 10 veces, y que alcanzó un diámetro de unos 100.000 km. Ambos grupos de manchas podían verse a simple vista con los anteojos para observar eclipses.

Estos grupos de manchas formaron un impresionante dúo que permaneció visible por más de una semana. Pocas veces hemos sido testigos de semejante par de manchas en forma simultánea y relativamente cerca una de otra. Estas fotos finales, realizadas por Mariano Ribas, son el resultado del apilado y procesado de cuatro tomas individuales de alta resolución para cada una, con un telescopio refractor acromático de 120 mm. Las imágenes están orientadas según el estándar mundial, con el norte del Sol arriba y el ecuador solar en la horizontal.

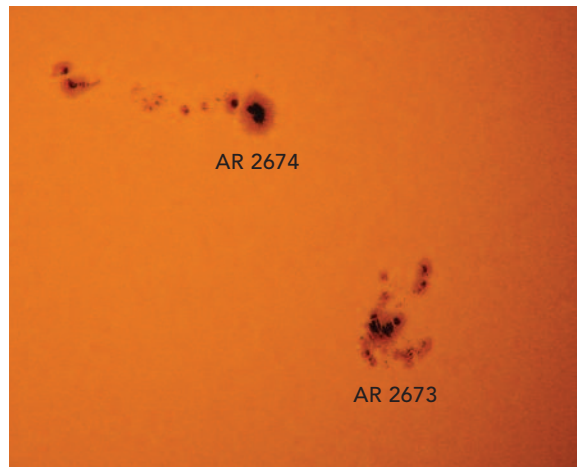
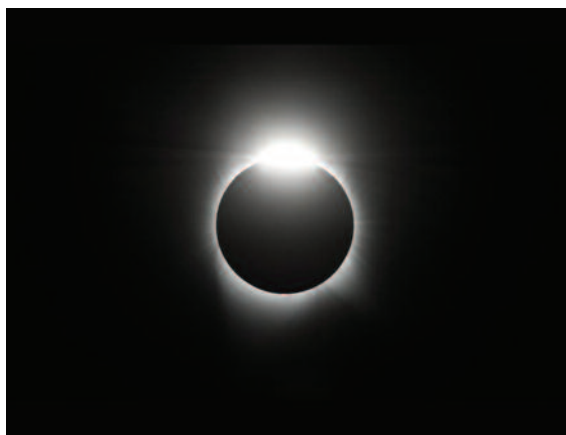


FOTO DE TAPA

La corona y la luz cenicienta vistas desde Madras (Oregon, EE.UU.), durante el eclipse total solar del 21 de agosto de 2017. La composición es el resultado de 75 tomas individuales con varios tiempos de exposición diferentes. Las exposiciones de duración más prolongada, 15 en total, revelan al mismo tiempo la luz cenicienta (el reflejo en la Luna de la luz del Sol que “rebota” en la Tierra) y las regiones más alejadas y tenues de la corona, la capa más externa del Sol. Tanto las tomas más largas como las más cortas fueron centradas durante el máximo del eclipse para enmarcar mejor la Luna durante el procesado de la imagen. En el centro de esta página se ve la misma foto, rotada en su posición original. La estrella a la izquierda es Regulus, la más brillante de la constelación de Leo. Este impresionante trabajo fue realizado por Andrés Vattuone, Alejandro Tombolini y Gastón Ferreirós, de *Próxima Sur*.



Andrea Anfossi

El “**anillo de diamantes**”, como se suele llamar a ese efecto que se produce unos segundos antes y después de la totalidad de un eclipse de Sol.

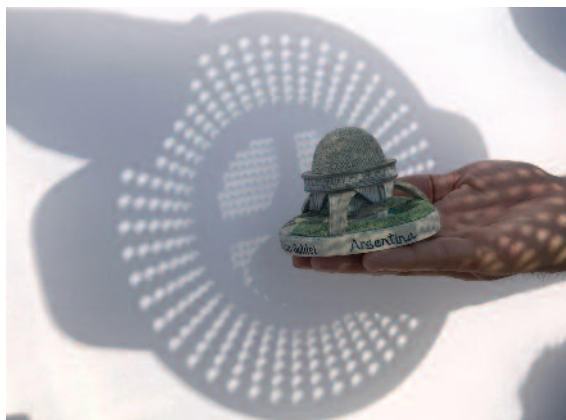
Andrés Vattuone, Alejandro Tombolini y Gastón Ferreirós



Datos técnicos de la imagen de tapa: Cámara Nikon D800, objetivo Nikkor 200–500 mm 1:5,6; fijo en 500 mm - f/8. Cantidad de tomas: HDR de 75 tomas, 6 x (1/800, 1/400, 1/200, 1/100, 1/50, 1/25, 1/13, 1/6, 1/3, 1/1,6 segundos) más 15 x 1,3 segundos, todas a ISO 800. Programa de captura: *Eclipse Orchestrator*. Programa de procesado: *PixInsight*.

El Planetario y su sombra

No es recomendable observar un eclipse de Sol a simple vista sin protección, pero existen muchos métodos caseros para reflejar la imagen del Sol tapado por la Luna. Uno de ellos es ver qué ocurre con las sombras y la luz solar que atraviesa diferentes superficies, como las hojas de un árbol, los rulos de una cabellera, un cartón con un agujero o, como en este caso, un colador de fideos. Los pequeños agujeros dejan pasar la imagen del Sol que, además, ya viene eclipsada. En esta foto realizada por Andrea Anfossi en Madras, Oregon, EE.UU., el 21 de agosto de 2017, puede verse que, de alguna forma, nuestro Planetario estuvo también allí presente.



Andrea Anfossi

Pasachoff en el Planetario

¡GRACIAS PARCIALES!



Mariano Ribas

*Durante el atardecer del 15 de febrero pasado se produjo un eclipse parcial de Sol, en el que la Luna tapó un 17% del diámetro solar, y que resultó visible desde buena parte de nuestro país. Con el Sol muy bajo cerca del horizonte, desde Buenos Aires tuvimos que buscar un lugar elevado para poder observar con comodidad todo el evento, que finalizó apenas unos minutos antes de que se oculte el Sol. Ese lugar fue la terraza del hotel Hilton en Puerto Madero, y allí pudimos observarlo y fotografiarlo junto a una verdadera eminen-
cia de la astronomía.*

El día anterior al eclipse parcial de Sol, el astrónomo estadounidense Jay M. Pasachoff, profesor de astronomía de la Universidad de Harvard y presidente del Grupo de Trabajo de Eclipses Solares de la Unión Astronómica Internacional, dictó una conferencia en nuestro Planetario. Pasachoff vino a la Argentina para observar su eclipse número 67, y aunque éste fue sólo del 17%, nos contó que “*todo eclipse es*

fantástico y nos ayuda a comprender un poco más cómo funciona el Sol. Es importante también para practicar las diferentes técnicas e ir probando los filtros y los aparatos”.

Según Pasachoff, el eclipse anular de febrero de 2017 y los próximos eclipses totales de 2019 y 2020, todos visibles desde nuestro país, “*son importantísimos para probar los satélites que observan el Sol y para hacer*



mediciones con radiotelescopios. No es lo mismo observar un eclipse real que uno artificial provocado con instrumentos, como los que realizan los satélites artificiales a través de coronógrafos. La corona solar es mil veces más intensa en el 'borde' que en el 'interior', y a través de los eclipses naturales se puede aprender a interpretar esos fenómenos”.

-¿Podemos decir que comprendemos muy bien el comportamiento del Sol o aún estamos lejos de eso?

-Las dos cosas. Por ejemplo, hay unas diez teorías diferentes para explicar por qué la corona solar es muchísimo más caliente que la parte más superficial, la fotosfera (la temperatura media de la fotosfera es de 5800° K, mientras que la de la corona es de uno a tres millones de grados). Y a través de los eclipses solares totales podemos observar y estudiar eso. Tengo ocho alumnos en esas tareas cada vez que hay un eclipse total, y hay que prepararlos bien antes, porque la totalidad dura uno, dos o

tres minutos, según cada eclipse, y hay que aprovechar al máximo ese tiempo.

Viajar por todo el mundo observando eclipses le ha permitido a Pasachoff conocer profesionales y aficionados que comparten esta pasión y sus conocimientos. El



astrónomo ha estado varias veces en nuestro país y ha observado también el eclipse anular del 26 de febrero de 2017 en Chubut. *“Ese eclipse resultó muy interesante para estudiar cómo cambia el tiempo en la región durante la anularidad, para comprender fenómenos atmosféricos, vientos y el descenso de la temperatura, y también para estudiar el ciclo de manchas solares”.*

Junto a Pasachoff recordamos que durante el eclipse del año próximo (2 de julio de 2019), la totalidad se dará con el Sol muy bajo, cerca de ocultarse. Mientras más al oeste vayamos, por ejemplo, a San Luis o San Juan, mayor será la elevación del Sol en ese momento, aunque de todos modos estará cerca del horizonte. *“Allí hay siempre mucha turbulencia, lo que va a dificultar la observación de algunos detalles precisos en el Sol”.*

Pero el eclipse total del 14 de diciembre de 2020 se dará con el Sol muy alto, cerca del mediodía, y eso será muy favorable. *“Hay que preparar con tiempo*



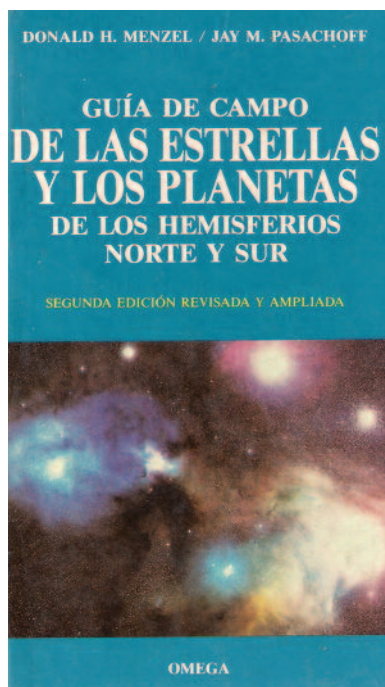
Alberto Russomando



Alberto Russomando

01 Pasachoff brindó una conferencia en el Planetario un día antes del eclipse.

02 Integrantes del Planetario Galileo Galilei observan el eclipse con anteojos especiales.



Un verdadero guía de campo

Además de los numerosos trabajos profesionales y de docencia realizados en el *Harvard College Observatory*, en la Universidad de Hawái, en el Instituto Astrofísico de París y en el *California Institute of Technology* (CALTECH), entre otros, Jay M. Pasachoff es autor, junto a otro astrónomo estadounidense, Donald H. Menzel (1901-1976), de un libro inolvidable para quienes comenzamos a observar el cielo en la década del '80: **“Guía de campo de las estrellas y los planetas de los hemisferios norte y sur”**, un título curiosamente largo pero absolutamente fiel a su contenido. Fue una ayuda inigualable para aprender a encontrar estrellas, constelaciones, planetas, cometas, etc. Sus mapas fueron de gran utilidad para observar tanto a simple vista como con telescopios de aficionados, para empezar a encontrar objetos como cúmulos estelares, nebulosas, galaxias, estrellas dobles, cráteres lunares, etc. Además de las cartas celestes para cada época del año para cada hemisferio, contenía gráficos para ubicar cada planeta durante muchos años. Era un libro de tamaño pequeño (19 cm) pero con unas 600 páginas, y quienes lo supimos valorar lo llevábamos a todos lados. Eso se reflejaba en su estado, percutido, golpeado, humedecido por el rocío, con manchas de café o mate en su interior, con anotaciones al margen y encima de cada mapa. Una extraordinaria guía de campo para viajar por el cielo.

Diego Hernández, Edgardo Perea



04

Cristian López



03 Un carancho (*caracara plancus*), especie abundante en Buenos Aires y alrededores, pasó delante del Sol mientras fotografiábamos el momento máximo del eclipse parcial.

04 Instantes previos a la finalización del eclipse, con el Sol a punto de ocultarse en Buenos Aires.

05 El astrónomo estadounidense Jay Pasachoff observa su eclipse número 67, junto a los integrantes de nuestro Planetario y de *Próxima Sur*, en la terraza del hotel Hilton.

los filtros, los telescopios, las cámaras, y hacer una buena divulgación desde mucho tiempo antes. Será muy importante para que toda la gente pueda observarlo bien, para que muchos viajen al sur, ya que en Buenos Aires no se verá la totalidad". En CABA la Luna cubrirá un 80% del Sol, y los mejores lugares para observar la totalidad de este eclipse serán entre Bariloche y Las Grutas, Río Negro.

-Suponemos que vendrá nuevamente a visitarnos pronto.
-Sí, ya tengo reservado el hotel en Las Grutas para fines de 2020. ■

05

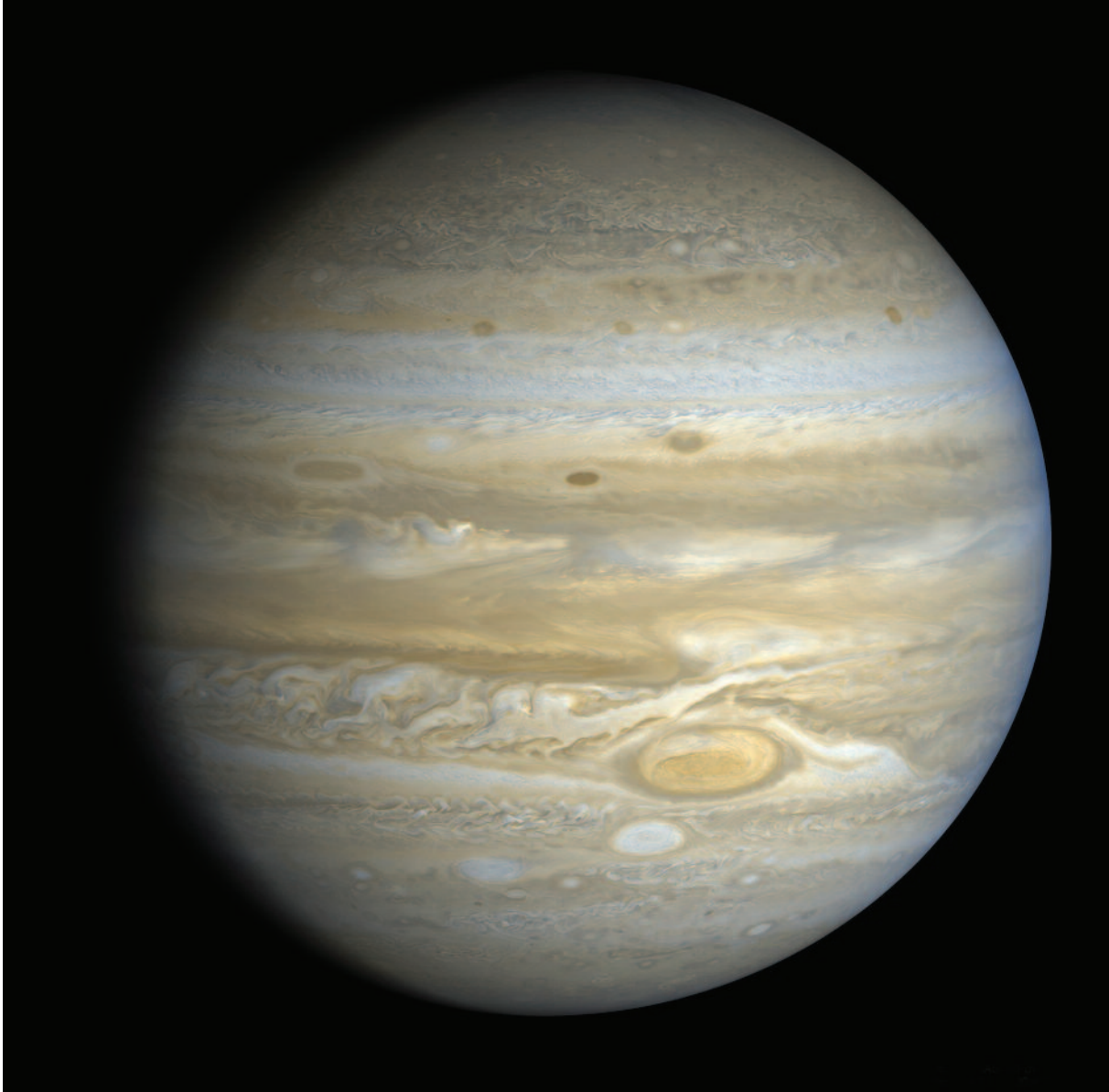


Andrés Vattuone

Historia, perfil y novedades de la extraordinaria tormenta de Júpiter

LA CRISIS DE LA GRAN MANCHA ROJA

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



Sonda Voyager 2, NASA/JPL (1979).

La mayor tormenta planetaria de todo el sistema solar está cambiando. A fines del siglo XIX, la famosa Gran Mancha Roja de Júpiter medía más de 40.000 km de diámetro. Desde entonces, su tamaño se ha ido reduciendo gradualmente, e incluso ha cambiado de color más de una vez. Durante los últimos años su ritmo de contracción se ha acentuado a tal punto que recientes observaciones del Telescopio Espacial Hubble y de la sonda Juno ya la ubican en su mínimo tamaño histórico. ¿Qué le está pasando (y qué le pasará) al fenomenal vórtice joviano?

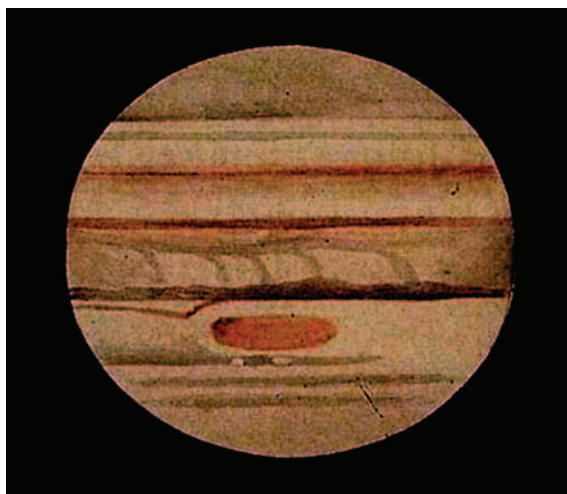
Comparado con la Gran Mancha Roja de Júpiter, el más poderoso de los huracanes terrestres parecería una suave brisa matinal. No sólo por su tamaño, furia e intensidad, sino también por su extrema longevidad. Ese colosal remolino de gases es la característica más emblemática del planeta gigante; un fenómeno observado y estudiado por varias generaciones de astrónomos desde, al menos, mediados del siglo XIX.

Pero la Mancha Roja está en crisis. En realidad, siempre lo ha estado. Su propia naturaleza y su propio contexto la obligan a cambiar de tamaño, forma y color; una tendencia al achique que se ha mantenido hasta nuestros días, a ritmo lento pero sostenido. Y no sólo eso: su tradicional forma oval ha ido mutando hacia la circularidad; y su color rojizo, por momentos, viró a tonos rosados y hasta anaranjados.

Durante los últimos años, la NASA ha publicado imágenes y datos del Telescopio Espacial Hubble que confirman que la Gran Mancha Roja alcanzó su mínimo tamaño registrado, justo en momentos en que la sonda Juno, en órbita de Júpiter desde 2016, ha tomado las imágenes más cercanas y detalladas, como las que vemos en las páginas siguientes.

Primeras observaciones

No está claro quién descubrió la Gran Mancha Roja. No fue Galileo, ya que sus telescopios eran demasiado rudimentarios. Hacia 1665 el astrónomo italiano Giovanni Cassini observó una “*mancha permanente*” en Júpiter, y la dibujó a lo largo de los años hasta 1713. Sin embargo, no mencionó su color. Evidentemente, Cassini vio algo,



pero no podemos saber si era la Gran Mancha Roja. Recién en 1831, el astrónomo amateur alemán Samuel Heinrich Schwabe hizo un dibujo de Júpiter con un gran óvalo en el hemisferio sur, en la misma región donde hoy está la Gran Mancha Roja, y la mencionó simplemente como un *hollow* (hueco) en el disco del planeta. Su nombre más tradicional comenzó a usarse a partir de 1878, cuando fue observada y estudiada en detalle por el estadounidense Carr Walter Pritchett. Tres años más tarde, su colega británico Thomas Gwyn Elger, realizó un fino dibujo en colores, donde la Mancha aparece enorme y muy roja. ¿Cuán grande? Ocupaba 35 grados en longitud y 11 a 12 grados en latitud; es decir, unos 41.000 km de diámetro horizontal y unos 12.000 a 14.000 km de diámetro vertical; más de tres veces el diámetro de la Tierra, su *mayor tamaño* observado.



Días de campo, eventos,
estadias, visitas guiadas.
Observación de aves y
estrellas.

Talleres y charlas:
construcción natural, permacultura,
techos vivos, huerta orgánica,
tecnologías apropiadas, astronomía.

Consultas por e-mail a: info@yamay.com.ar o más información en: www.yamay.com.ar

YAMAY
TURISMO SOCIAL Y
AMBIENTALMENTE RESPONSABLE



01 Dibujo de Júpiter del británico Thomas Gwyn Elger, en 1878.

02 Imagen realizada por la Sonda Juno en 2016.

03 Plano general de la Gran Mancha Roja en 2004, y cómo se fue achicando desde 1995.

La Mancha menguante

Durante el siglo XX, tras su máximo esplendor registrado, la Gran Mancha Roja fue mutando, con algunos vaivenes, pero con una tendencia general: fue perdiendo diámetro horizontal, aunque mantuvo esencialmente su mismo diámetro vertical. Se fue haciendo cada vez más chica y, a la vez, menos ovalada y más circular.

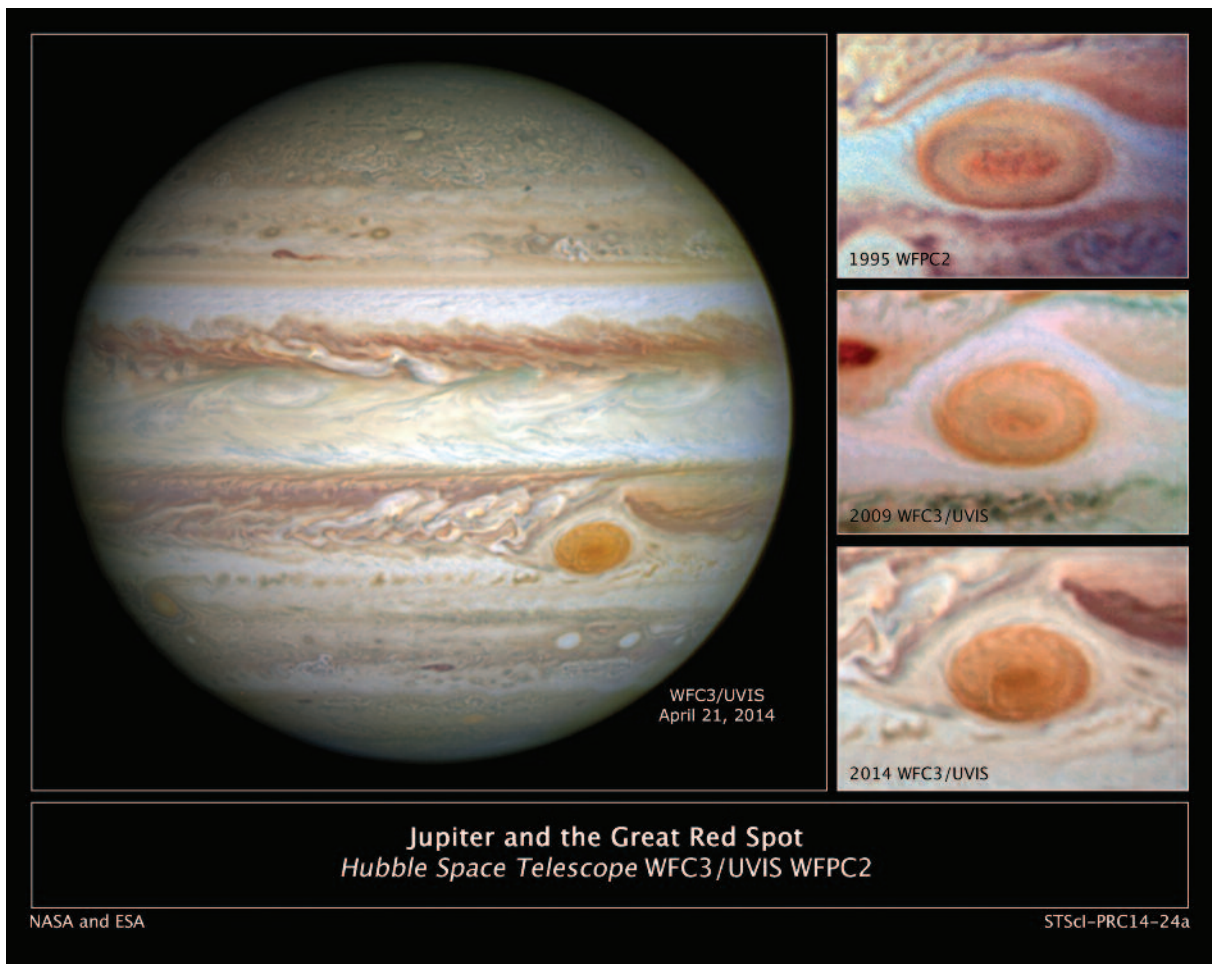
Así la vieron las primeras naves espaciales que visitaron Júpiter: las Pioneer 10 y 11, en 1973 y 1974; y en mucho mayor detalle, las Voyager 1 y 2, en 1979. Las fotos que ambas misiones de la NASA transmitieron a la Tierra mostraron la Gran Mancha Roja como nunca antes, al igual que otros tantísimos rasgos de la pesada y convulsionada atmósfera joviana: detalles muy finos de las “zonas” y los “cinturones”, las franjas nubosas paralelas al ecuador del planeta. Las imágenes de las Voyager revelaron que la tormenta medía casi 25.000 km de diámetro. No era poco, pero había perdido más de un tercio del diámetro horizontal que tenía un siglo antes.

La tendencia menguante continuó en los años siguientes. En 1995, cuando la sonda espacial Galileo (NASA) comenzó la exploración de Júpiter, su diámetro ecuatorial rondaba los 21.000 km. Cinco años después, la nave Cassini (NASA/ESA), en su camino hacia Saturno, realizó un fugaz sobrevuelo por Júpiter, y obtuvo algunas de las vistas más extraordinarias del planeta, donde la Gran Mancha Roja luce verdaderamente espléndida... pero más chica, de “apenas” 20.000 km de diámetro.

Cambios de color y vientos más veloces

A comienzos de la década pasada, astrónomos amateurs de todo el mundo comenzaron a notar otro cambio significativo: poco a poco, la Mancha dejó de ser rojiza y empezó a tomar un color más suave, acercándose al rosa salmón. Esta nueva tonalidad, sumada a su tamaño cada vez menor, hizo que algo que décadas atrás resultaba relativamente fácil de observar con telescopios de aficionados, pasara a ser un desafío visual. En los últimos años ha vuelto a tomar su clásico tono rojizo.

Mientras, los astrónomos notaron otro interesante cambio. Su período de giro se ha hecho cada vez menor: en los años '60 daba una vuelta completa sobre sí misma en unos nueve días; en los '80 había bajado a una semana; y hacia el año 2000 estaba en torno a los cinco días. Los



poderosos vientos que la impulsan son cada vez más veloces, y superan los 400 km/hora.

Parece haber una relación lógica entre la reducción de tamaño y del período de giro, y el aumento en la velocidad de los vientos. Para entenderlo mejor, hace algunos años el astrónomo Glenn Orton (NASA), uno de los mayores expertos mundiales en el tema, hacía un interesante paralelismo: del mismo modo en que una patinadora sobre hielo gira cada vez más rápido al contraer sus brazos, la Gran Mancha Roja va aumentando su velocidad de giro al achicarse.

El Hubble y el récord mínimo de tamaño

En 2012, el astrónomo John Rogers, de la Asociación Astronómica Británica (que compila cientos de observaciones e imágenes de astrónomos amateurs de todas partes), confirmó que la Mancha apenas arañaba los 18.000 km de diámetro horizontal, y que su período de giro había bajado a sólo cuatro días, lo que implicaba que los vientos que la hacían girar ya rozaban los 500 km/hora. Desde entonces, los astrónomos (profesionales y amateurs) han notado una marcada aceleración en el ritmo de contracción: viene perdiendo casi 1000 kilómetros de diámetro por año.

Además, como mantiene esencialmente igual su diáme-

tro vertical (polar), cada vez se parece más a una pelota... de fútbol; no de rugby, como en sus viejos tiempos. Por si fuera poco, ya ni siquiera es de color rosa salmón (como hace unos años), sino cada vez más anaranjada. En 2014, la NASA publicó nuevas imágenes tomadas por el Telescopio Espacial Hubble, en el marco de una investigación a cargo de un equipo de científicos liderados por Amy Simon-Miller, una astrónoma del *Goddard Space Flight Center* que estudia los avatares atmosféricos de Júpiter desde hace casi veinte años. Fue ella quien anunció el mínimo histórico de la legendaria tormenta: *“Las observaciones del Hubble confirmaron que el diámetro de la mancha está justo por debajo de los 16.500 km, su menor diámetro jamás medido”*.

Desde entonces, se ha mantenido en torno a ese tamaño, con ligeros vaivenes. De algo que tenía el tamaño de más de tres tierras en fila, pasamos a algo que, actualmente, ni siquiera llega a una tierra y media; de los 35° en longitud joviana, a unos pobres 14°. La Gran Mancha Roja ya no es tan “Gran”, y está más cerca del círculo que del óvalo. ¿Qué le está pasando?

Causas de la metamorfosis

No está muy claro cuáles son los mecanismos y la fuente de energía que se esconden detrás de este monstruoso fe-

nómeno atmosférico. “No sabemos bien qué es lo que la sostiene, ni tampoco por qué esta tormenta ha durado tanto tiempo. Ése es uno de los mayores misterios de la Gran Mancha Roja”, dice Simon-Miller.

Sin embargo, hay ciertas sospechas sobre la causa (al menos parcial) del marcado aceleramiento en su contracción y velocidad de giro. “Las imágenes del Hubble mostraron una serie de pequeños remolinos que pasan cerca del cuadrante sudeste de la Mancha”. Al parecer, esos diminutos torbellinos podrían haberla acelerado. “Estas pequeñas manchas tienen su propio giro y, por lo tanto, pueden acelerarla o desacelerarla, lo que depende del modo en que giren. Nuestra hipótesis es que todos esos pequeños remolinos podrían ser responsables del acelerado cambio observado, y de alterar la dinámica interna de la Gran Mancha Roja”, explica la científica de la NASA.

No es raro, entonces, que Simon-Miller y sus colegas estén especialmente concentrados en el estudio de esas “manchitas negras”, para entender mejor su posible rol en la metamorfosis de su colosal vecina. Mientras tanto, el actual período de rotación de la legendaria mancha de Júpiter está en torno a los tres días y medio, con vientos periféricos de alrededor de 520 km/hora.

Juno y el futuro de la Mancha

Son tiempos especialmente interesantes en la “vida” de la mayor tormenta del sistema solar. “La información que nos aporta el Telescopio Espacial Hubble es verdaderamente

grandiosa: sus imágenes tienen una resolución de unos 150 km, lo suficiente para poder crear un mapa de los vientos a lo largo y cerca del margen externo de la Mancha”, dice la astrónoma. Pero desde 2016 hay otro “ojo” examinándola: la sonda Juno (NASA), en órbita polar en torno a Júpiter, que ha logrado las imágenes más cercanas que existen del planeta.

Pero, ¿podría llegar a desaparecer la Gran Mancha Roja en los próximos años? Los científicos consideran que eso es altamente “improbable, pero no imposible”. Por otro lado, ¿podríamos esperar un lento resurgir? Los especialistas no descartan en absoluto esa otra posibilidad. Quizás, el comportamiento de la Mancha sea más o menos cíclico, y en un futuro no tan remoto la actual tendencia podría frenarse y revertirse, y devolverle su antiguo esplendor. La sonda Juno podría aportar valiosas pistas que, tal vez, nos acerquen a la respuesta.

Además, parece que ya está apareciendo un posible sucesor, el *Óvalo BA*, más conocido como *Red Spot Jr.* (Mancha Roja Junior), otra gran tormenta del tamaño de la Tierra que se formó a partir de la fusión de otras menores hacia el año 2000.

La crisis de la Gran Mancha Roja es un capítulo apasionante de la astronomía contemporánea. La suerte final de la legendaria tormenta está escondida en los turbulentos y complejos mecanismos atmosféricos que aún la sostienen. Ya no tan grande, ya no tan ovalada, pero todavía está poderosa y maravillosamente “viva”. ■

El súper anticiclón de Júpiter

Meteorológicamente hablando, la Gran Mancha Roja de Júpiter es un colosal anticiclón, es decir, una estructura gaseosa de alta presión, cuyo sentido de giro es contrario a la agujas del reloj. Se extiende varios kilómetros por encima de las capas nubosas más altas del planeta, y si bien no es la única, es, por lejos, la más grande, duradera y compleja de la, a su vez, complejísima atmósfera joviana; un manto de miles de kilómetros de espesor, que envuelve las estructuras más internas y densas de este monumental planeta de 143.000 km de diámetro. Un mundo que, en pocas palabras, podemos definir como una bola de gas (casi todo hidrógeno y helio) con un pequeño núcleo sólido. A la largo de su historia conocida, la Gran Mancha Roja se ha mantenido siempre en torno a los 22° de latitud sur de Júpiter, apenas por “debajo” de su Cinturón Ecuatorial Sur, una de sus franjas nubosas más emblemáticas e impresionantes. Sin embargo, va derivando lentamente en longitud. Actualmente mide unos 16.000 km de diámetro ecuatorial, por unos 13.000 km de diámetro polar, y los vientos que la contornean soplan a más de 500 km/hora, haciéndola dar un giro completo sobre sí misma cada tres días y medio.

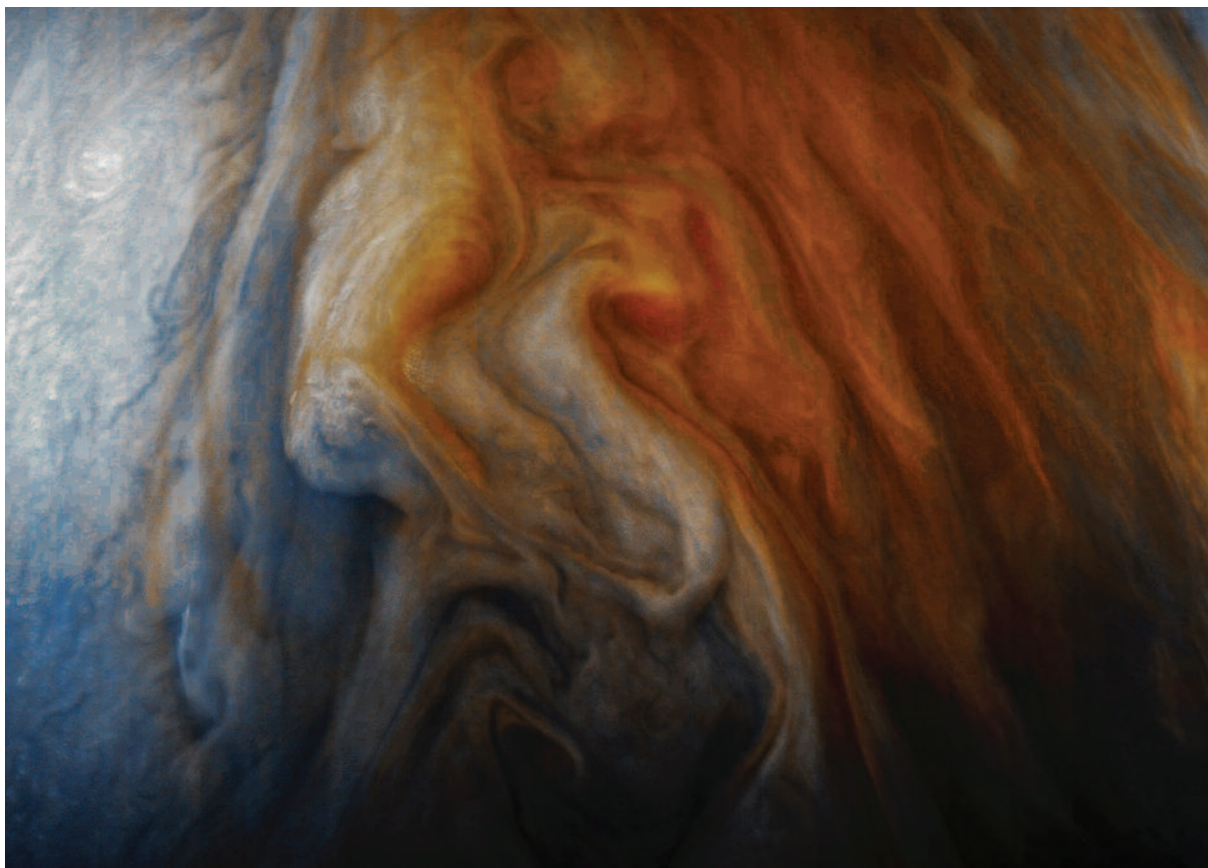
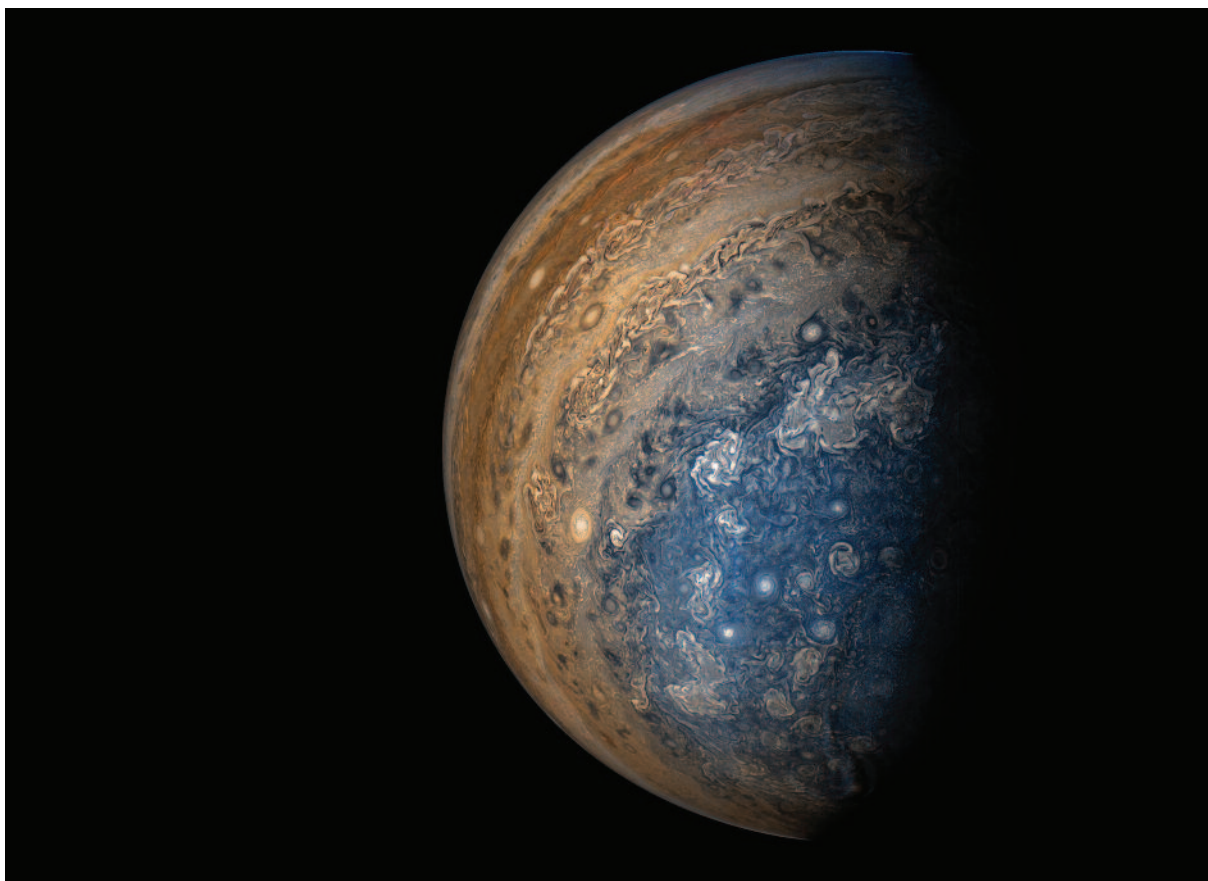
Al parecer, el “motor” de esos y de los demás vientos jovianos serían las fuertes corrientes de convección verticales generadas por el calor interno del planeta. Su extrema longevidad es resultado, justamente, de su enorme tamaño.

Su color rojizo no siempre fue el mismo. Hay registros aislados que sugieren que algunas veces fue grisácea, y hasta casi blanca, lo que, lógicamente, la hizo muy difícil de observar con telescopios, dado su bajo contraste con respecto al fondo de la atmósfera joviana. En base a diferentes modelos y experimentos de laboratorio, es probable que el rojo predominante esté asociado a complejas moléculas orgánicas, a compuestos de fósforo y/o azufre, o a todo eso junto. Diferentes sustancias podrían provenir de zonas más internas de Júpiter y reaccionar fotoquímicamente en su atmósfera externa. En suma, todo un prodigio astrometeorológico que, después de tanto tiempo, nos sigue maravillando cada vez que observamos Júpiter con un telescopio.

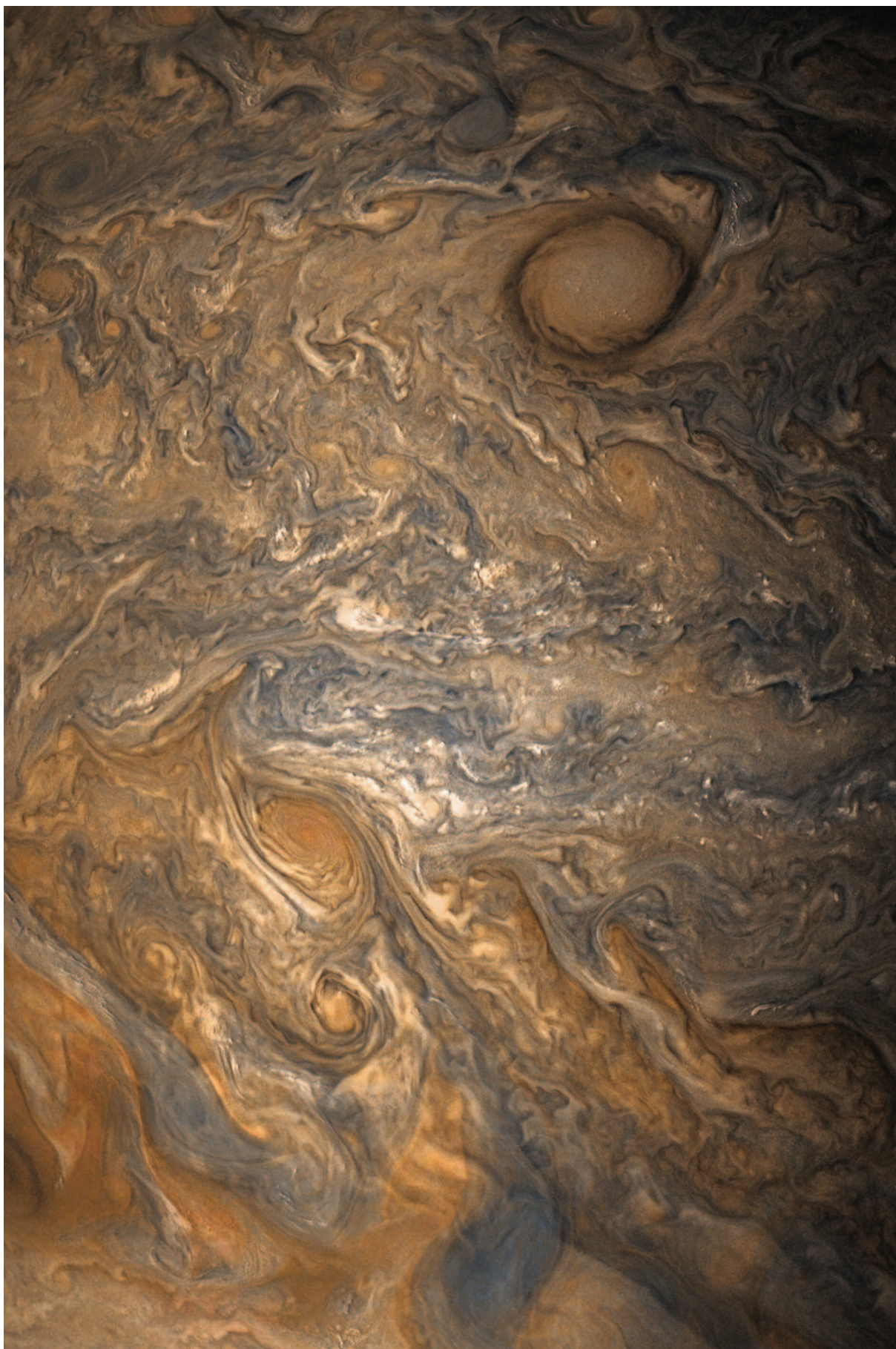
Cara a cara con el gigante

La sonda Juno, de la NASA, fue lanzada en agosto de 2011 y llegó a Júpiter en julio de 2016. A diferencia de otras misiones, no envió imágenes al instante de su arribo, ya que sus propósitos eran otros: estudiar la composición y circulación de la atmósfera del planeta, investigar dentro de las nubes que lo envuelven, medir sus campos magnético y gravitatorio, y develar su composición interna. La única cámara que lleva la sonda tuvo como objetivo aprovechar el acercamiento al planeta para tomar imágenes durante el trayecto en órbitas polares, y logró mostrar regiones que nunca antes habían sido vistas, ya que ninguna nave anterior había logrado una buena visión de los polos. En estas páginas vemos algunas de ellas. Juno tardó 11 días en completar cada órbita polar en torno a Júpiter, y requirió 33 de esos períodos para mapear por completo el planeta, lo que le demandó más de un año. Se acercó a unos 5000 km de las nubes más superficiales, lo que equivale a una distancia similar a unos 5 milímetros si Júpiter tuviera el tamaño de una pelota de fútbol. Entre otras cosas, Juno ha revelado que existen en Júpiter precipitaciones desde la atmósfera superior, probablemente, de hielo de amoníaco mezclado con hielo de agua; que posee un núcleo enorme bajo las gruesas capas de gases, mucho más grande de lo que se pensaba, y que podría disolverse parcialmente en algunos sectores. También descubrió diferentes grupos de ciclones en torno a los polos, un campo magnético mucho más potente que el de los demás planetas del sistema solar, y que genera auroras polares muy pronunciadas. Luego de finalizada la misión, Juno se introducirá en la atmósfera de Júpiter, lo que terminará desintegrando la nave debido a la presión y al enrarecimiento de los gases.

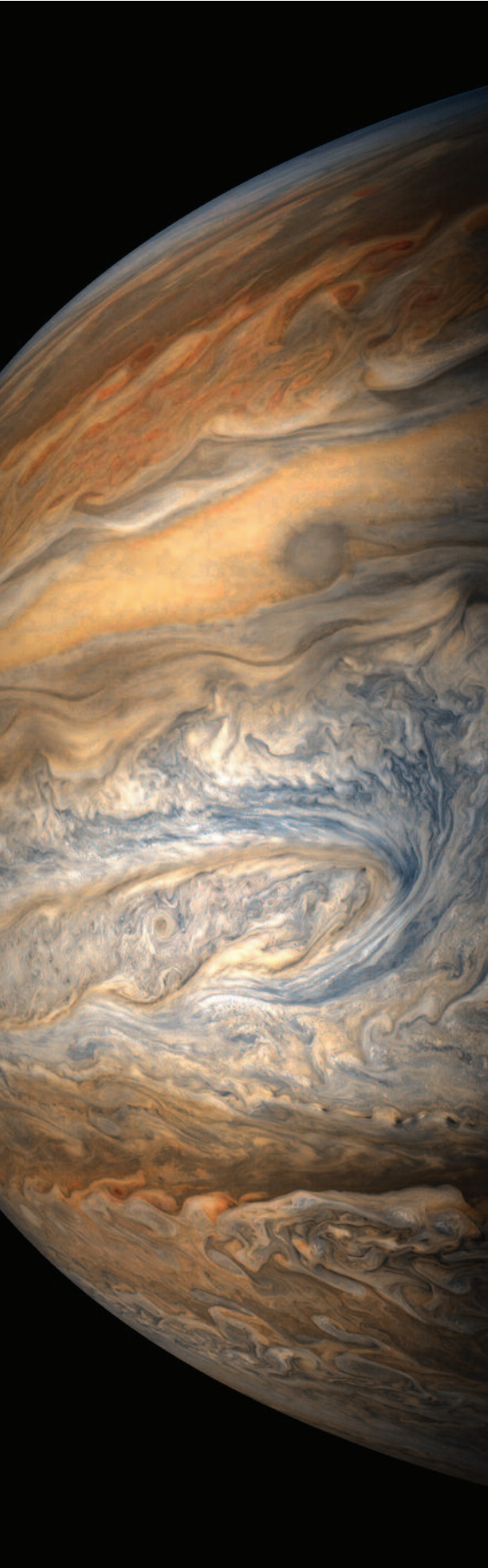




Sonda Juno, NASA/JPL



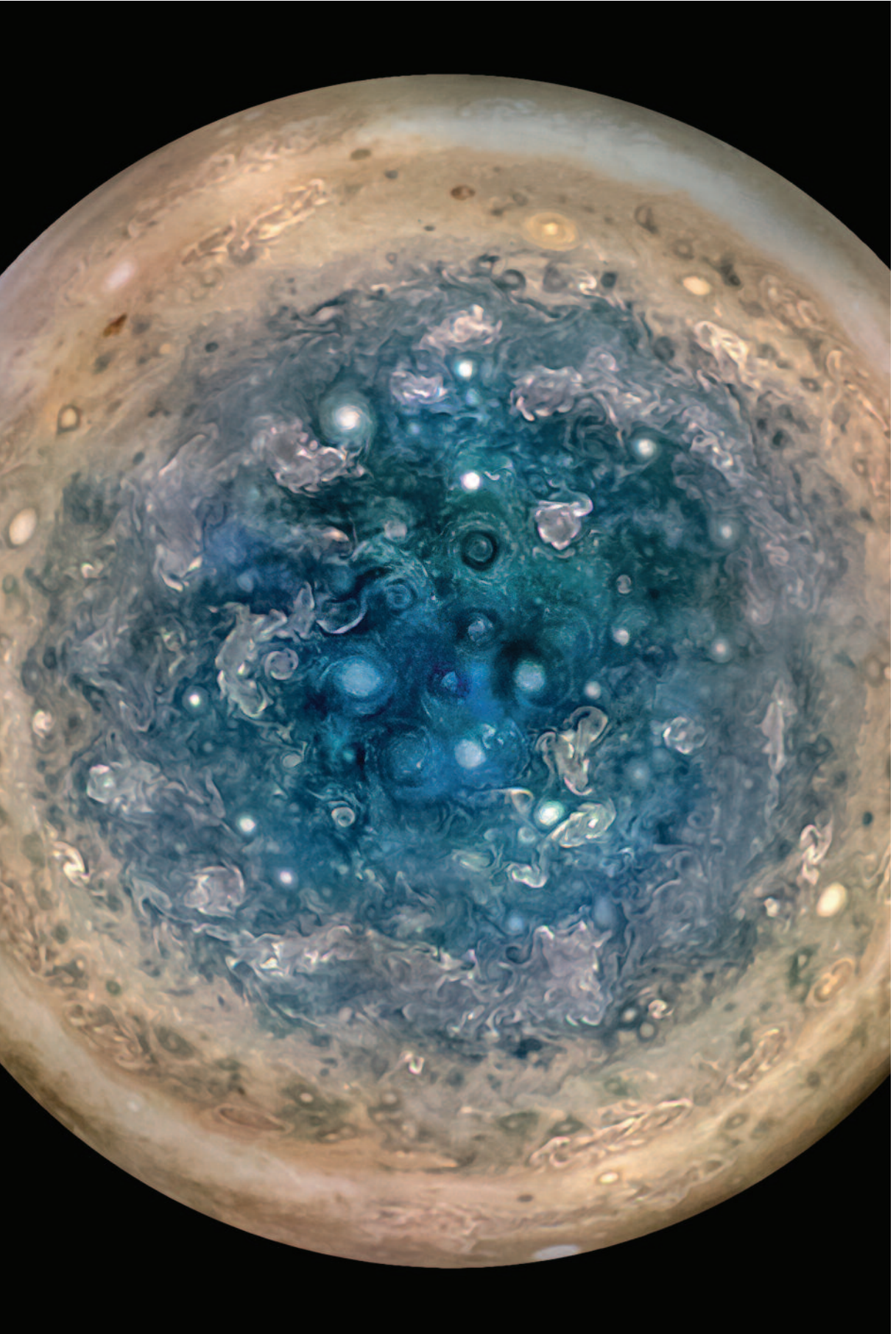
Sonda Juno, NASA/JPL



Sonda Juno, NASA/JPL







De un astrónomo aficionado argentino

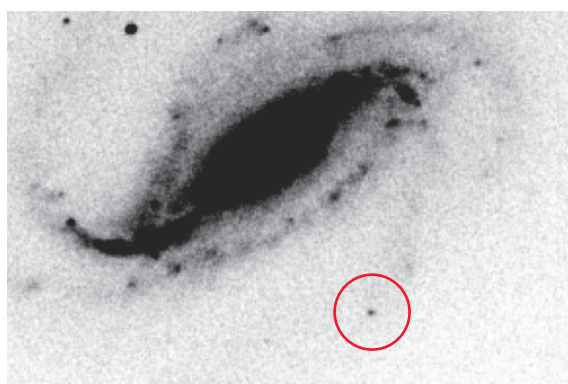
HISTÓRICA DETECCIÓN DE UNA SUPERNOVA

Se realizó en nuestro Planetario un Encuentro de Ciencia en el que se presentó Víctor Buso, un astrónomo amateur que observó por primera vez en la historia una supernova en el preciso momento de la explosión.



Como en la mayoría de las noches en las que el cielo de Rosario está despejado, el 20 de septiembre de 2016 Víctor Buso utilizó su propio equipo desde su observatorio de aficionado, y fotografió una galaxia con fines científicos: detectar supernovas. Una supernova, es decir, la explosión de una estrella supergigante y masiva tras sufrir un colapso gravitatorio, puede ocurrir en cualquier momento y en cualquier lugar del cielo, en una galaxia distante o en la propia Vía Láctea; y es imposible de predecir.

Cuando se fotografía una galaxia distante, en la línea visual aparecen estrellas que, en realidad, están mucho más cerca de nosotros, dentro de la Vía Láctea. Cuando se toma otra imagen de la misma galaxia y aparece un “punto” que en la imagen anterior no figuraba, es probable que sea una supernova, ya que el brillo que produce este evento es extraordinario. Detectar supernovas



de esta manera es relativamente habitual, pero observar y fotografiar este evento en el preciso momento en que se produce, es prácticamente imposible.

Buso vio, en el momento en el que tomaba una primera imagen de la galaxia NGC 613, a unos 70 millones de años luz de la Tierra, que un píxel aumentaba de brillo, por lo que decidió tomar unas 40 imágenes en pocos segundos. Con su experiencia y su mirada experta, además, estaba seguro de que se trataba de algo importante.

Las imágenes fueron analizadas por Melina Bersten y Gastón Folatelli, científicos del Instituto de Astrofísica de La Plata, CONICET, y docentes de la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, quienes lideraron las investigaciones sobre el descubrimiento. El trabajo se presentó en *Nature*, una de las revistas científicas más prestigiosas del mundo. Fue aceptado y publicado en marzo de este año.

Si bien se han descubierto muchas supernovas, no existía hasta el momento un registro secuencial del momento de la explosión, ya que las posibilidades de tomar ese instante son mínimas. El descubrimiento de Víctor Buso pudo haber tenido algo de casualidad, pero sin su experiencia y eficacia a la hora de identificar el hecho, hubiera pasado desapercibido. ■

Proyectos futuristas y dificultades

¿ES POSIBLE LLEGAR A LAS ESTRELLAS?

Autor: Maximiliano C. L. Rocca, The Planetary Society, Pasadena, EE.UU. y Planetario de la Ciudad de Buenos Aires Galileo Galilei. maxrocca2010@gmail.com

01



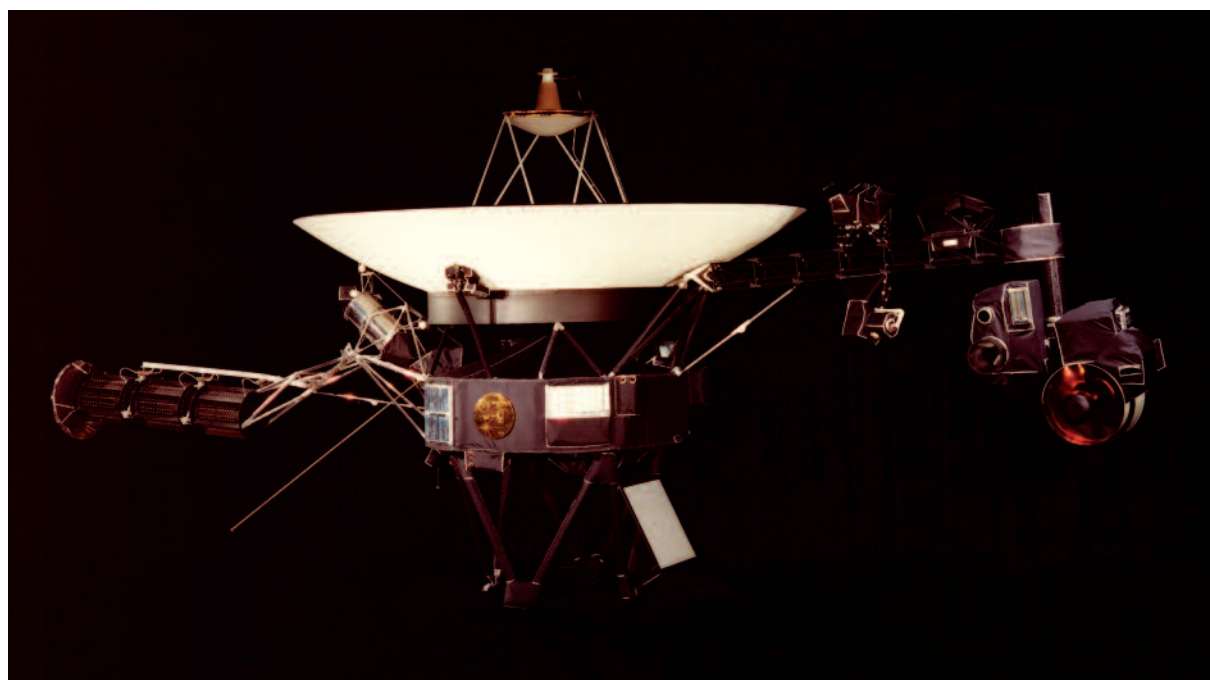
Viajar a las estrellas es un viejo sueño de la Humanidad. Pero las distancias interestelares son enormes. En la actualidad parece imposible por los impedimentos físicos, tecnológicos y por los terribles costos económicos. Pero existen varias ideas para diseñar naves interestelares, en todos los casos, no tripuladas. Aquí contamos algunos de esos proyectos y las dificultades que cada uno encontraría.

Las distancias estelares son tan grandes que nuestras medidas habituales, como los centímetros, metros y kilómetros, no sirven en astronomía. Esas enormes distancias se miden con una unidad llamada año luz. Un año luz representa la distancia que recorre la luz en un año, viajando a casi 300.000 km por segundo; y equivale a 9.460.528.000.000 de km, o sea, 9,5 billones de km.

Para dar una idea de lo grande que es esa distancia, digamos que la Tierra y la Luna están separadas tan sólo por 384.000 km, y que la luz tarda poco más de un segundo en viajar de la Luna a la Tierra. La luz del Sol, a unos 150.000.000 de km, tarda 8 minutos en llegar. Del planeta Neptuno, situado a unos 4000 millones de km, la luz tarda más de 4 horas en llegar. La estrella más cercana al Sol es Alpha Centauri, la más

brillante de la constelación austral del Centauro. Aunque a simple vista se vea como una sola estrella, Alpha Centauri es, en realidad, un sistema triple: consta de tres estrellas llamadas A, B y C. El conjunto está a aproximadamente 4,3 años luz de nosotros. Esto equivale a unos 43 billones de km (43.000.000.000.000 de km). Su luz tarda cuatro años y cuatro meses en llegar hasta nosotros.

Al presente, las naves espaciales más veloces construidas por el ser humano son las sondas no tripuladas de la NASA Voyager 1 y Voyager 2, y la sonda New Horizons que visitó el sistema de Plutón en 2015. Ellas viajan a una velocidad de unos 30 km por segundo. Desgraciadamente, estas naves son, a nivel interestelar, muy lentas, y tardarían más de 40 mil años en llegar hasta Alpha Centauri.



NASA

De todas formas, desde hace tiempo existen varios proyectos de diseño de naves interestelares que podrían alcanzar estrellas cercanas más rápidamente, aunque con la tecnología actual, seguramente, no pueda concretarse a lo largo del siglo XXI. Veamos cuáles son esos proyectos y las dificultades que deberían sortear.

Proyecto Orión

Sin contar las propuestas fantasiosas y de ciencia ficción, es el proyecto serio más longevo. Estudiado en Estados Unidos durante la década de 1950, se trata de un vehículo que sería propulsado por energía atómica. Para eso se harían estallar bombas de hidrógeno de tipo convencional (bombas de fusión nuclear de hidrógeno) debajo de un vehículo unido por la popa, mediante amortiguadores, a una enorme placa de blindaje de cobre. Las ondas expansivas y de choque de las explosiones atómicas proporcionarían el empuje para la aceleración de la nave interestelar. La gigantesca placa de cobre absorbería la onda de choque de cada detonación nuclear, y los amortiguadores la convertirían en el empuje para la nave. Para impulsar la nave Orión se detonarían literalmente miles de bombas de hidrógeno.

El vehículo podría alcanzar una velocidad del 8% de la velocidad de la luz, es decir, unos 24.000 kilómetros por segundo. Así, un viaje hasta Alpha Centauri tardaría unos 60 años. Este navío interestelar podría ser construido hoy mismo a un costo de varios cientos de miles de millones de dólares, y sería la propuesta más “económica” de todas las que mencionaremos.

Tanto para este proyecto como para los siguientes, hay que tener en cuenta que cualquier información (luz, radio, TV, telefonía, etc.) enviada por la nave una vez que llegue a Alpha Centauri, demorará 4,3 años en ser

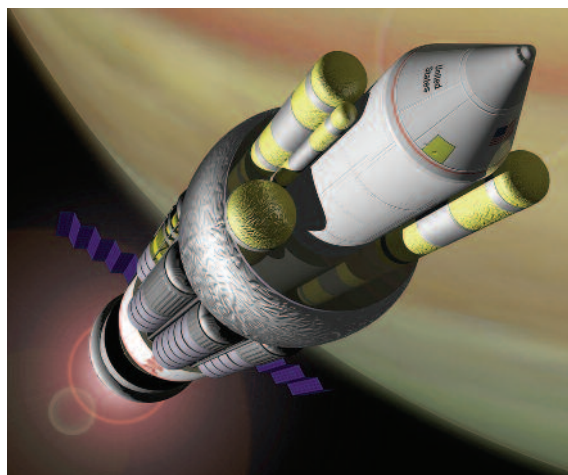
recibida desde la Tierra. En principio se usarían ondas de radio o láseres para enviar la información desde la estrella visitada, ya que por ahora no habría otro método de transmitir los datos.

Proyecto Daedalus

Creado por el equipo de ingenieros de Alan Bond, de la *British Interplanetary Society*, del Reino Unido, en 1978. Se trata de un vehículo espacial de gran tamaño (52.000 toneladas) accionado y acelerado por una serie continua de millones de pequeñas explosiones term nucleares de fusión atómica controlada. Utilizaría como combustible los gases helio-3 y el isótopo de hidrógeno llamado deuterio.

El deuterio se obtendría del agua de los océanos, donde es abundante, pero el gas helio-3 es muy raro en la Tierra. Se supone entonces que su obtención sería

03



NASA

a partir de la extracción a través de la minería en el suelo lunar, donde es abundante. Esto presupone la existencia de grandes bases lunares con explotación minera, algo que demandaría décadas de trabajo y una inversión que sólo podría llevarse a cabo en forma de colaboración internacional.

Esta gran nave podría alcanzar una velocidad final de cerca del 12% de la velocidad de la luz, unos 30.000 km por segundo. A esta velocidad Daedalus tardaría unos 34 años en llegar a Alpha Centauri.

Estatorreactor o Ramjet Interestelar

Se trata de un diseño ideado en la década de 1960, que utilizaría también energía atómica de fusión como medio de impulsión. Este proyecto propone utilizar como combustible para la nave el gas hidrógeno que se halla presente en el espacio interestelar. La nave coleccionaría esos átomos de hidrógeno del espacio y los utilizaría para alimentar un reactor atómico de fusión termonuclear.

En principio el diseño es interesante, pero hay un problema bastante serio. Hay muy pocos átomos de hidrógeno en el espacio interestelar. Como consecuencia, para que la nave funcionara y alcanzara altas velocidades, el embudo colector debería ser enorme, de cientos de kilómetros de diámetro, y muy pesado. Esto dificultaría alcanzar grandes velocidades, cercanas a la de la luz.

Se estima que, aún resolviendo el problema del tamaño del embudo colector, el estatorreactor no podría superar el 50% de la velocidad de la luz (150.000 km por segundo) a causa del choque con el polvo interestelar (ver más adelante, *La gran dificultad*). A esta velocidad tardaría 8 años en llegar a Alpha Centauri.

Vela Interestelar

Se ha propuesto también utilizar la energía cinética de la luz de un muy poderoso láser para empujar una nave interestelar. El láser empujaría con su gran fuerza una

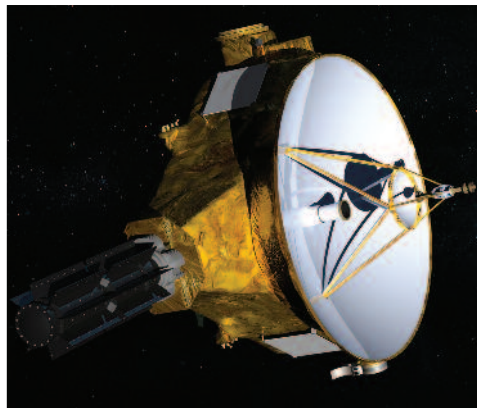
01 *Imagen artística que muestra cómo podría ser una base lunar con fines mineros para obtener helio-3, y utilizarlo como combustible para el proyecto Daedalus.*

02 *Las sondas Voyager 1 y 2 de la NASA fueron lanzadas en 1977 y viajan a 30 km por segundo. Si se dirigieran hasta Alpha Centauri tardarían 40.000 años en llegar.*

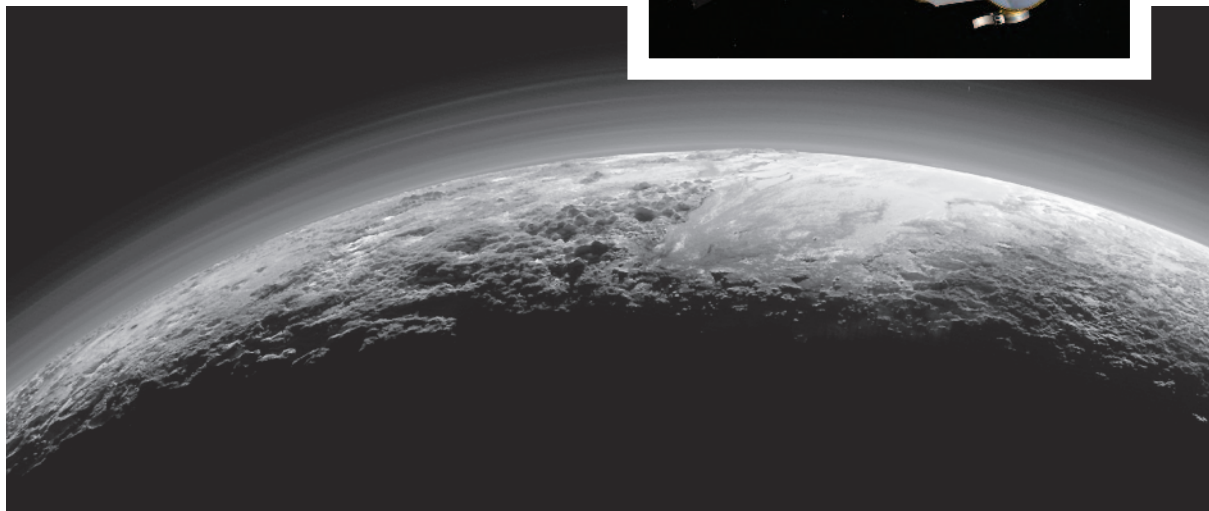
03 *El vehículo Orión, propulsado por energía atómica, es el proyecto más antiguo para intentar alcanzar las estrellas.*

04 *New Horizons fue lanzada en 2006 y llegó al sistema de Plutón en 2015. Ahora se dirige a otro objeto en el Cinturón de Kuiper, siempre dentro del sistema solar.*

04



NASA



sonda con una vela enorme de material reflectante (como un espejo). El láser se quedaría en el sistema solar y empujaría desde aquí la sonda no tripulada, que aceleraría en su viaje a las estrellas.

En este caso, existen también dificultades en el diseño de la gigantesca vela, que no han sido aún resueltas. Se estima que la sonda podría alcanzar, con suerte, el 50% de la velocidad de la luz. Como en el caso anterior, tardaría 8 años en llegar hasta Alpha Centauri.

En 2016 se dio inicio al proyecto internacional llamado *Breakthrough Starshot* (en inglés, algo así como disparo estelar “pionero”), apoyado por un comité de famosos científicos, entre ellos, el físico británico Stephen Hawking, fallecido recientemente, y el multimillonario ruso Yuri Milner. La idea de este proyecto es construir una flotilla de sondas muy pequeñas con microelectrónica, formada por circuitos casi microscópicos. Así, cada sonda sería del tamaño de una caja de zapatos, y todo sería impulsado por grandes velas de luz. Para propulsarlas se utilizaría un poderoso láser de unos 100 Giga Watts (100.000.000.000 de Watts) de energía que permanecería aquí, en la Tierra.

La flotilla de micro sondas y sus velas espejo alcanzarían una velocidad del 20% de la velocidad de la luz. Enviadas hacia el sistema estelar de Alpha Centauri tardarían 20 años en llegar. La idea es construir y lanzar estas sondas cerca del año 2040. Es un proyecto al que los medios le han dado mucha prensa, pero difícil de hacer realidad, especialmente, porque no prevé el frenado de las naves al llegar a destino.

Cohete con motor de antimateria

En principio, sería posible utilizar la energía de la aniquilación de la materia con la antimateria para acelerar un vehículo interestelar no tripulado. La antimateria es un tipo de materia artificial¹ con polaridad magnética inversa a la de la materia común. Cuando una can-

tidad de materia se encuentra con una igual cantidad de antimateria, las dos se aniquilan por completo, y eso libera una cantidad enorme de energía y de rayos gamma. Esta energía se podría aprovechar para acelerar una nave con destino a las estrellas.

En este momento ya es posible crear pequeñísimas cantidades de antimateria en grandes aceleradores de partículas atómicas, y guardarlas en contenedores magnéticos por algún tiempo. En un futuro no muy lejano, quizás, se podría utilizar la antimateria como combustible para impulsar una nave interestelar. Se estima que en el mejor de los casos, la nave así impulsada podría llegar a viajar a un 50% de la velocidad de la luz, y tardaría unos 8 años en llegar al sistema Alpha Centauri.

La gran dificultad: el polvillo interestelar

Además del enorme requerimiento de energía para acelerar las naves interestelares, existe un problema muy difícil de resolver: el choque con el polvillo interestelar que interceptaría en su camino.

El espacio entre las estrellas no está absolutamente vacío. Hay allí átomos de hidrógeno, helio, oxígeno y otros gases, y también partículas sólidas de polvo interestelar. Ese polvillo no es muy abundante, pero está allí y es un obstáculo para la navegación interestelar.

Gran parte del polvillo interestelar son granos microscópicos de carbono en forma de diamante o grafito, lanzados por las atmósferas de algunas estrellas gigantes rojas. Hay también granos de diversos tipos de hielos como, por ejemplo, hielo de agua o de dióxido de carbono.

Otro modelo de polvillo interestelar son los granos del mineral verde llamado olivino, un silicato de hierro y magnesio que es, a su vez, muy abundante en los meteoritos. Y también parece haber granos metálicos de una aleación de hierro y níquel. Estos son lanzados al espacio interestelar por las poderosas explosiones de las supernovas o las hipernovas.

El problema radica en que este polvillo chocaría con las naves interestelares, y cuando uno viaja a más de 30 mil km por segundo, el impacto con una partícula de polvo es demoledor.

La energía cinética (energía de movimiento) liberada en el impacto es proporcional a la mitad de la masa del grano de polvo (en kilogramos), multiplicada por el cuadrado de su velocidad de impacto (en metros por segundo). La energía liberada por el impacto de un grano de polvo a esa velocidad es colosal porque las velocidades involucradas son enormes, del orden de decenas de millones de metros por segundo. Esto tiende a frenar la aceleración de la nave interestelar, y hasta puede destruirla si el grano de polvo es relativamente grande.

Polvo interplanetario

Si bien el polvo interestelar representa ya un problema para viajar a altas velocidades a las estrellas, el mayor

“Si una nave viajara al 50% de la velocidad de la luz (150.000 km/seg), la energía del choque con un grano de polvo de 1 gramo sería equivalente a la explosión de una bomba atómica como la de Hiroshima”.



problema lo representa el polvo interplanetario al llegar al sistema estelar de destino. Todos los sistemas estelares con planetas tienen, sin duda, grandes cantidades de polvo interplanetario, el sobrante lógico de la formación planetaria a partir de una nebulosa.

Ninguno de los proyectos de sondas interestelares mencionados prevé frenar la nave al acercarse a su destino. A las velocidades tremendas a las que se moverían, al entrar en contacto con el polvo interplanetario de un sistema estelar, sin antes frenar, sería algo catastrófico. Los múltiples impactos con el polvo interplanetario destruirían por completo las sondas.

Recuerden los insectos que se estrellan contra el parabrisas del automóvil mientras viajamos a más de 100

"La nave más veloz construida por la tecnología humana tardaría 40 mil años en llegar a la estrella más cercana. Cualquier señal que envíe desde allí, tardaría 4,3 años en ser recibida en la Tierra".

05 *Daedalus es un proyecto británico originado en 1978.*

El choque contra un grano de polvo

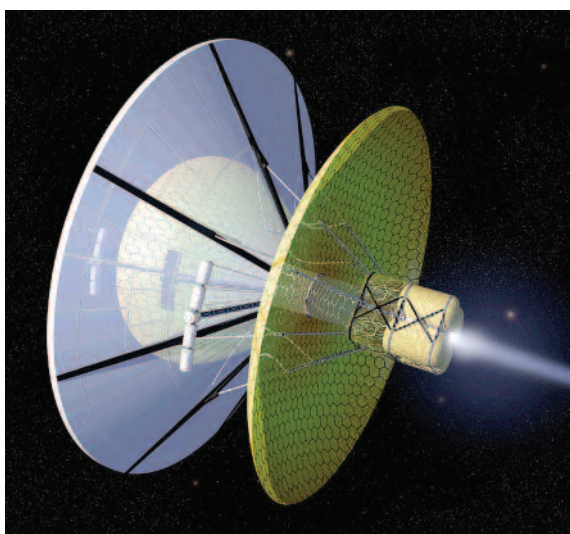
Vayamos a los números concretos. Supongamos el choque en pleno viaje de la nave interestelar con un grano de polvo que pese 1 gramo. Si hacemos los cálculos de la energía cinética liberada en el choque veremos lo siguiente:

- Para una nave que viaje a una velocidad del 10% de la velocidad de la luz (30.000 km/seg), el impacto con el grano de polvo de 1 gramo liberaría una energía equivalente a la explosión de 107 toneladas del explosivo trinitrotolueno (TNT). ¡Una gran explosión!

- Y si la nave viajara al 50% de la velocidad de la luz (150.000 km/seg), entonces la energía del choque con el grano de polvo de 1 gramo sería equivalente a detonar 2600 toneladas de TNT (2,6 kilotones de TNT). Esto último es equivalente a la fuerza de la explosión de una bomba atómica de fisión de uranio, y muy similar en potencia a las dos bombas atómicas detonadas sobre las ciudades de Hiroshima y Nagasaki en Japón, en agosto de 1945. Suena increíble, pero es absolutamente real.

06

NASA



“Probablemente, durante este siglo ninguno de estos proyectos pueda concretarse, si es que lo logran algún día”.

km por hora en la ruta. ¡Estallan contra el parabrisas! Y mucho peor es cuando una pequeña piedrita impacta contra el parabrisas. ¡Imaginen ahora la fuerza del choque viajando a 30 mil km por segundo!

Es entonces imperativo que cualquier navío, tripulado o no, enviado a otro sistema estelar frene antes de llegar a destino, antes de entrar en contacto e impactar violentamente con el polvo interplanetario local.

Cuanto más lejos viaje una nave interestelar, más chances tendrá de encontrar y chocar en el camino con algún grano de polvillo. Y si la nave chocara con un solo grano de polvo de buen tamaño, sería suficiente como para que se dañara o destruyera por completo. Todas las naves interestelares arriba mencionadas

deberían enfrentar el problema del polvillo interestelar. Algunas de ellas, como las de los proyectos Orión, Daedalus y el Cohete de Antimateria, ya tienen incluido en su diseño el uso de un pesado escudo de blindaje ubicado en el frente de la nave como protección.

Algunos ingenieros expertos en estos temas estiman hoy que como consecuencia del frenado por el choque con polvillo interestelar, sería imposible viajar a más del 50% de la velocidad de la luz. De todos modos, estos datos nos demuestran que, en principio, es posible enviar sondas no tripuladas a las estrellas más cercanas, siempre en base a un gran esfuerzo y a una gran innovación tecnológica, y también a un gasto económico muy grande. Pero las dificultades para alcanzar velocidades cercanas a la de la luz son realmente enormes. ■

06 El Estatorreactor colectaría hidrógeno del espacio y lo utilizaría para alimentar un reactor atómico de fusión termonuclear.

Nota

1 Antimateria es un tipo de materia cuya polaridad eléctrica es exactamente la opuesta de la materia normal. Por ejemplo: el electrón en la materia normal tiene una carga eléctrica negativa; el positrón en la antimateria tiene carga positiva. Y así ocurre igual con el protón y el antiprotón. Es una “materia artificial” porque, hasta donde podemos saber, no hay antimateria natural en ningún lugar cercano del sistema solar. Sólo existe antimateria en la Tierra cuando es creada en los grandes aceleradores de partículas subatómicas y luego guardada en contenedores magnéticos.

Energía Oscura 20 AÑOS DESPUÉS



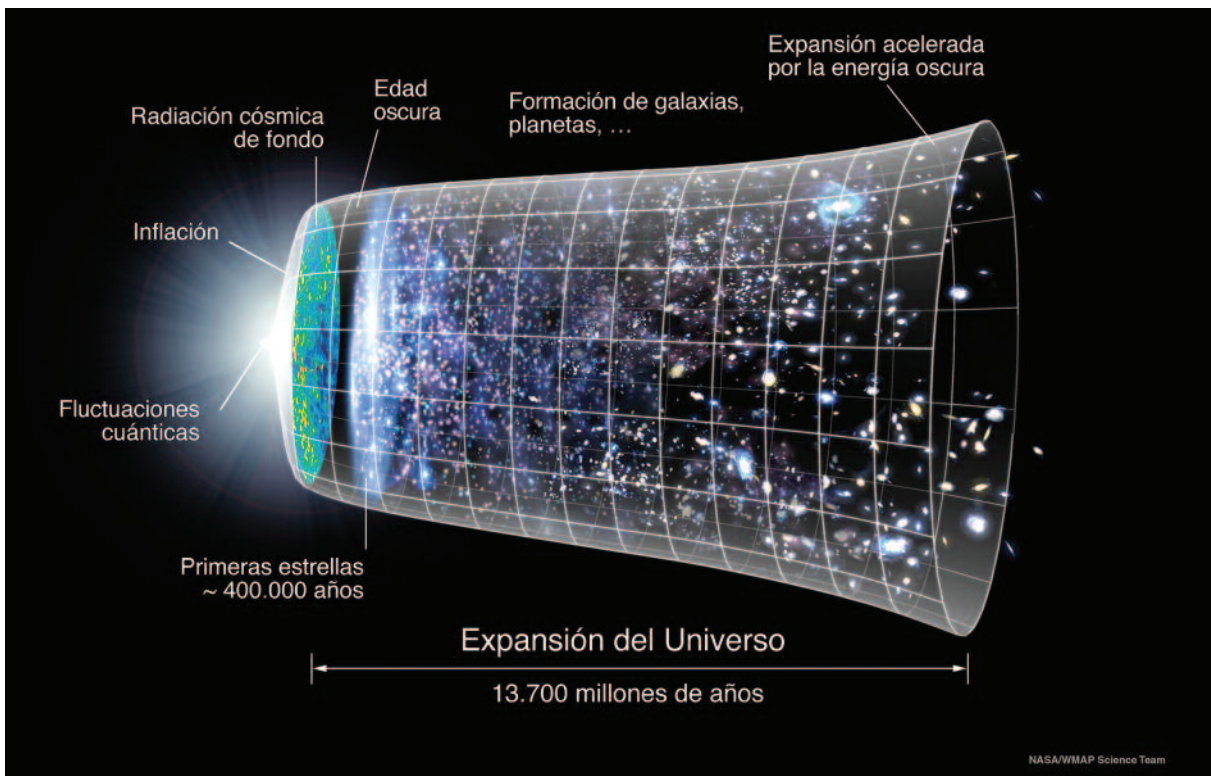
Autor: Dr. Gabriel R. Bengochea. Investigador del CONICET en el IAFE, Instituto de Astronomía y Física del Espacio (CONICET-Universidad de Buenos Aires). Presidente del CAIFA*.

*A partir de 1998, los libros de cosmología comenzaron a escribirse con algunos cambios de paradigma. Y es que desde entonces, el modelo del Big Bang recibió una nueva e inesperada modificación conceptual: el universo no sólo está expandiéndose, sino que además lo hace de manera acelerada debido a algo llamado **energía oscura**.*

"¿Qué otra cosa vislumbra en la oscura lejanía,
allá en el abismo del tiempo?",
William Shakespeare, La tempestad.

Con los primeros registros de corrimientos al rojo¹ en los espectros de algunas galaxias, realizados por el astrónomo Vesto Slipher a comienzos del siglo XX, se inició una nueva revolución en la astronomía. Para 1925, Edwin Hubble descubrió estrellas Cefeidas² en la galaxia de Andrómeda, lo que le permitió lograr, por primera vez, una medición real de la distancia a la que se encuentra de nosotros. Quedó claro, entonces, que estos objetos no eran “*nebulosas*” cercanas, sino galaxias más o menos parecidas a la nuestra, la Vía Láctea, y que se encontraban a grandes distancias de nosotros. Entre 1927 y 1929, los trabajos de George Lemaître y Edwin Hubble involucraron observaciones que apuntaron hacia una relación lineal entre el corrimiento al rojo

y la distancia. En particular, Lemaître fue el primero en vincular datos observacionales con soluciones cosmológicas obtenidas de la flamante teoría de la gravitación de Einstein. Y con dicho marco teórico, la hipótesis de que el universo se expande se convirtió en la premisa mejor sustentada por numerosas observaciones astronómicas que fueron realizándose en los últimos 100 años. De las cuatro interacciones conocidas en la naturaleza, pensamos que la gravitación es la que domina, moldea y conduce la evolución del universo a gran escala. Nuestra teoría de la gravitación más moderna y precisa a la fecha es la teoría de la Relatividad General de Einstein, publicada en 1915. Esta teoría es extremadamente exitosa para explicar numerosos fenómenos, no sólo en el área de la



Esquema de la expansión y evolución del universo en el marco del modelo del Big Bang. Se indican algunas de las características más relevantes. La energía oscura sería quien está acelerando la expansión desde la mitad de la edad del universo.



Saul Perlmutter, Brian Schmidt y Adam Riess, ganadores del Premio Nobel de física en 2011.

cosmología, sino también, por ejemplo, en la astrofísica de agujeros negros y las ondas gravitacionales, que han sido recientemente detectadas de manera directa por los observatorios LIGO y VIRGO, y por lo cual en 2017 se otorgó el premio Nobel de Física.

La teoría de Einstein relaciona el contenido de materia y energía en el universo con su geometría. Para lo que a nosotros nos interesa en este artículo, la geometría tiene que ver con poder medir distancias. La Relatividad General nos dice que midiendo distancias cosmológicas, podemos inferir de qué está hecho el universo. En las últimas décadas, nuestra precisión en la medición de grandes distancias ha mejorado considerablemente. La Relatividad General también nos dice que, si el universo

se expande y está lleno de materia compuesta por átomos, dicha expansión debe estar frenándose; de la misma manera que, cuando arrojamus un objeto hacia arriba, su velocidad disminuye hasta detenerse y volver a caer al piso por la acción de la gravedad terrestre.

Para 1990, la cosmología estándar ya incluía una fase inflacionaria. Esta fase habría ocurrido al comienzo de la historia del universo, y de hecho es considerada como el puntapié inicial de la expansión del universo. La inflación (originalmente propuesta para resolver algunos problemas del modelo del Big Bang), una vez que finalizó, provocó que la geometría *espacial* del universo, a gran escala, termine siendo extremadamente plana. Esto simplemente significa que, si realmente sucedió como pensamos, las distancias medidas deben cumplir el teorema de Pitágoras³ que hemos aprendido en el colegio. Pero también nos dice que la densidad de energía de lo que haya adentro del universo no puede ser cualquiera. Y para 1990, los candidatos para completar esa densidad total en el universo eran los átomos, la radiación y, fundamentalmente, la materia oscura.

La materia oscura constituiría alrededor del 95% del universo. Sin embargo, las observaciones no parecían alentar un valor total para todo tipo de materia mayor al 30%. En 1995, Lawrence Krauss y Michael Turner publicaron un trabajo en donde hacían hincapié en que además existía otro problema conocido: algunas estrellas en cúmulos globulares parecían ser más antiguas que el universo mismo. Y mencionan, además, que este problema podría resolverse si el universo tuviera una *constante cosmológica*

ejerciendo sus efectos en la dinámica del universo [1].

La constante cosmológica

La constante cosmológica es un parámetro que forma parte de las ecuaciones de Einstein de la Relatividad General. O sea, es parte legítima de la teoría de la gravitación. Por lo tanto, si existiese, podría aportar sus efectos gravitacionales en la evolución del universo. Uno puede mostrar que, bajo ciertas condiciones, la constante cosmológica se comporta gravitacionalmente de la misma manera que un fluido que llena todo el universo homogéneamente y que tiene presión negativa.

Si esto último suena raro, es que sí, es algo raro. Pero no está prohibido. Lo que conocemos en física como la presión (de un gas, por ejemplo), en la teoría gravitatoria de Newton no cumple ningún rol, y además, en la vida cotidiana las cosas parecen tener presiones positivas.

La materia se atrae gravitatoriamente, se acumula y forma estructuras. Sin embargo, en la teoría de Einstein, la presión sí cumple un rol. La presión es también fuente de gravedad. Y de las ecuaciones que uno obtiene para la cosmología, descubre que un universo cuya dinámica esté dominada por una constante cosmológica, automáticamente lo hace más longevo (lo cual lo haría compatible con las edades de las estrellas de ciertos cúmulos en ese problema mencionado), y además, *su expansión debe ser acelerada*.

Habíamos mencionado que si el universo estaba dominado por materia, debía estar frenándose. Pues bien, si en el universo domina una constante cosmológica (o algo que se parezca a ella) sobre todas las demás componentes, debe estar acelerando. Es una predicción directa y contundente de la Relatividad General. De hecho, es algo similar a lo que pensamos que sucedió en la fase inflacionaria al principio del universo. El proceso físico para lograr un universo acelerado, teóricamente, es bien conocido. Es preciso mencionar aquí que una sustancia con presión negativa no tiene nada que ver con la antimateria, ni tampoco es muy correcto hablar de “anti-gravedad”, puesto que la constante cosmológica es parte de la teoría de la gravitación.

Al comenzar los '90, la pregunta era entonces: ¿necesitamos una constante cosmológica? Resulta que en los últimos 100 años, la constante cosmológica apareció y desapareció de la escena varias veces; fundamentalmente en el marco de discusiones teóricas o filosóficas. Así que la respuesta, quizás, podría volver a ser evasiva.

Supernovas Ia: hacia un nuevo paradigma

Un grupo de investigadores en Cerro Calán y Cerro Tololo (Chile), liderados por José Maza, Mario Hamuy y Mark Phillips, estaba siguiendo las pistas de unas ideas de Yury Pskovskii, un astrónomo soviético, quien desde 1971 había publicado algunos trabajos acerca de posibles relaciones entre la máxima luminosidad y el posterior decaimiento del brillo a lo largo de los días, luego de la explosión, en ciertas muertes de estrellas conocidas como

“Llamamos energía oscura a lo que sea que esté acelerando la expansión del universo. Este ingrediente no es visible directamente y hace su aporte al contenido energético del universo. Su presencia se manifiesta indirectamente por los efectos gravitacionales a gran escala”.

supernovas del tipo Ia (Uno-A).

El descubrimiento de que las supernovas constituyen una clase particular de objetos estelares se remonta a 1938, con W. Baade y F. Zwicky. Existen por lo menos dos grandes familias (del tipo I y II), lo que se conoce desde 1941 con el trabajo de R. Minkowski. Pero es en 1993 que Phillips logra observaciones que finalmente terminan con algunas controversias, y se establece que efectivamente hay una correlación entre el máximo del brillo y la tasa de su decaimiento 15 días después de la explosión [2]. Cuanto más brillante es la supernova en su explosión, más tarda en caer su brillo en los días siguientes. Se lograba entonces una manera de “*calibrar los watts*” de estas lámparas estelares.

Conocer este tipo de relaciones entre parámetros, tiene una relevancia extraordinaria. Por ejemplo, en el caso de las estrellas variables conocidas como Cefeidas, sabemos que las más luminosas tienen un período más grande, o sea, mayor es el tiempo entre un máximo y el siguiente. Por consiguiente, una vez calibrada su luminosidad, observando el tiempo de variabilidad y midiendo el brillo aparente con el que la vemos desde la Tierra, podemos saber a qué distancia está de nosotros. Pero las Cefeidas sólo nos permiten conocer distancias de hasta, digamos, unos 15 millones de pársecs (1 pársec >3,26 años luz). En el caso de las supernovas Ia, por ser extremadamente brillantes durante su explosión, permiten medir distancias muchísimo más grandes; distancias realmente cosmológicas. El grupo de Calán/Tololo publica sus resultados de calibraciones y obtiene las bases para lo que se iba a venir [3].

Como ya hemos dicho, la teoría de la Relatividad General de Einstein relaciona la geometría del universo con su contenido de materia y energía. Y la geometría tiene que ver con medir distancias. Así que midiendo grandes distancias con las supernovas Ia podemos saber de qué está hecho el universo y cuánta cantidad de cada constituyente hay. Ni siquiera tenemos que salir de la Tierra, y midiendo distancias podemos “*pesar*” el universo y des-

cubrir de qué está hecho. ¿Notable no?

1998: ¿un universo acelerado?

Hacia fines de los '90, ya con los datos de Cerro Calán/Tololo y la relación de Phillips confirmada, dos grupos independientes, liderados por un lado por Saul Perlmutter, y por otro, por Adam Riess, comenzaron a hacer observaciones de supernovas cada vez más distantes. Ambos grupos, en 1998 encontraron que las supernovas *Ia* aparecían más tenues de lo esperado. Y llegaron a la conclusión de que estas supernovas más lejanas se apartaban de las predicciones teóricas para las distancias en un universo hecho de materia [4, 5].

Si el universo, a gran escala, es isótropo⁴ y homogéneo, y está hecho de átomos, radiación y materia oscura como suponemos, algo tiene que estar mal. O los datos de las observaciones están siendo adquiridos con alguna falla, o estos objetos están más distantes de lo que pensábamos y nuestras ideas teóricas deben ser revisadas una vez más. La respuesta apuntó a esta última posibilidad.

¿Recuerdan ese asunto pendiente que dejamos más arriba, acerca de si necesitamos o no una constante cosmológica? A diferencia de las veces anteriores, esta vez eran datos observacionales los que parecían darnos una respuesta: el universo debe contener una constante cosmológica. O por lo menos, algo que se parezca bastante a ella.

En 1998, la noticia se desparramó como reguero de pólvora: *“El universo debe estar acelerando. Y la causa de ello es algo que se comporta como la constante cosmológica de Einstein”*. El hallazgo de las evidencias para una expansión acelerada mediante supernovas *Ia* otorgó el premio Nobel de física en 2011 a Saul Perlmutter, Brian Schmidt y Adam Riess. Genéricamente, a lo que sea que esté acelerando la expansión del universo le hemos dado un nombre: **energía oscura**. Este término fue acuñado por el cosmólogo americano Michael Turner en 1998 [6]. Si bien suena un poco místico, es un nombre que simplemente hace referencia a que este ingrediente del universo no es visible directamente, y que hace su aporte al contenido energético del universo. Su presencia se manifiesta indirectamente por los efectos gravitacionales a gran escala. Tampoco debemos confundir este componente con la *materia oscura*, cuyas propiedades son muy diferentes y los efectos sobre la expansión, también.

¿Y esto es todo?

No. Las sorpresas no terminaron ahí. Además de cambiar nuestro conocimiento acerca de cuáles son los constituyentes del universo, y de pensar que ahora el universo es más viejo, lo más abrumador fue la revelación de que para que el modelo del Big Bang sea compatible con las observaciones de las supernovas *Ia*, el universo debe estar constituido por un 70% de energía oscura. Y además, las observaciones parecen sugerir que el universo no siempre ha estado acelerando, sino que empezó a hacerlo hace unos 7 mil millones de años; algo así como desde

la mitad de la edad del universo.

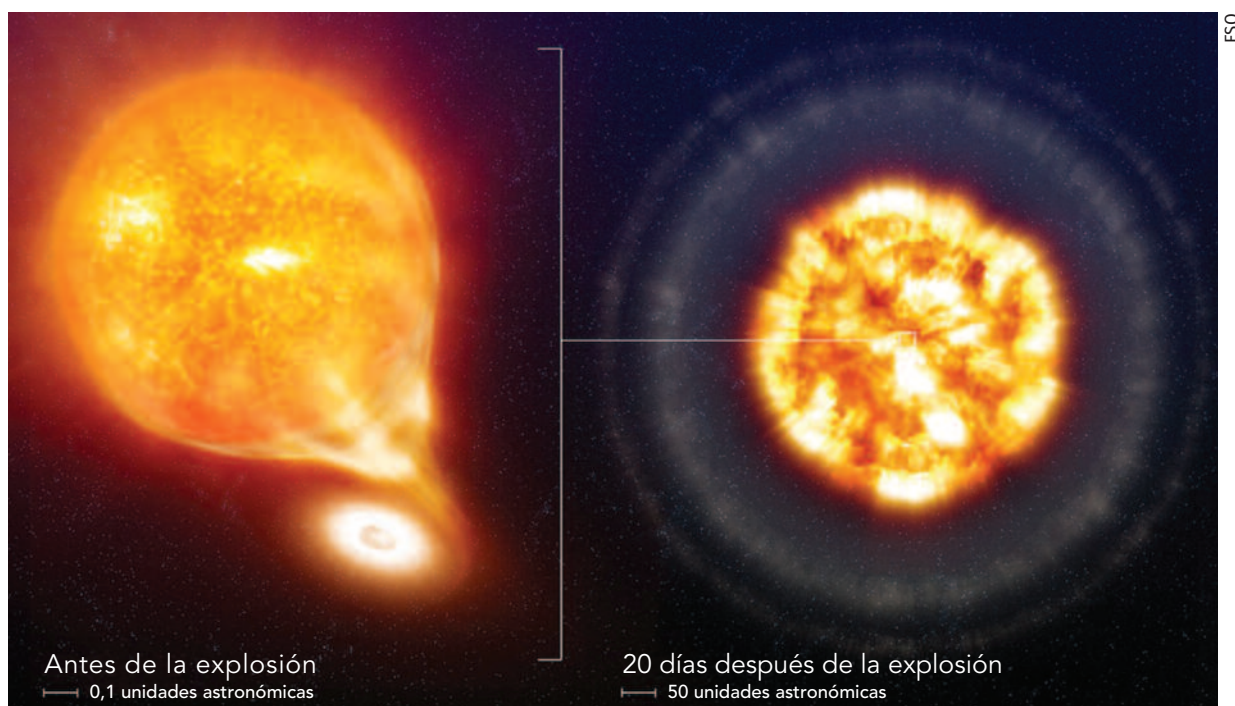
Las observaciones de supernovas del tipo *Ia* no son la única evidencia de la aceleración del universo. Desde 1998 hasta hoy, otras líneas observacionales han corroborado el anuncio. Por ejemplo, las mediciones de todo el cielo del fondo cósmico de microondas⁵ con los satélites WMAP y Planck han llegado a la misma conclusión [7, 8]. A pesar de que la física detrás en la generación del fondo cósmico de microondas (380 mil años después del Big Bang) es muy distinta a la que está involucrada en los procesos de las supernovas *Ia*, los resultados son similares. Y lo mismo sucede cuando se hacen trabajos estadísticos sobre cómo están distribuidas las galaxias en el cielo, o cuando se realizan simulaciones numéricas de la formación de grandes estructuras en el universo. En todos los casos, el veredicto parece ser el mismo: por lo menos el 70% del universo debe ser energía oscura, si nuestras premisas e hipótesis del modelo del Big Bang son correctas.

Entonces, nuestro “*modelo de concordancia*” actual, al combinar varias líneas observacionales, nos dice que, aproximadamente, el 70% es energía oscura, el 26% es materia oscura... y tan sólo el 4% son átomos. Todos los átomos que conocemos de la tabla periódica de los elementos químicos, en todo el universo, contribuyen sólo con el 4% del contenido energético del universo. Esto es, a la vez, asombroso y desconcertante.

¿Qué es entonces la energía oscura?

Lo que sabemos es que es la responsable de acelerar la expansión del universo. Su naturaleza permanece incierta. El candidato más favorecido observacionalmente es de quien ya hemos hablado: la constante cosmológica; una suerte de efecto geométrico sobre la dinámica de la expansión del universo. Como ya vimos, este candidato además es el que mejor motivado teóricamente está, puesto que está incluido en la teoría de Einstein. Y por tal razón, hasta podríamos decir que es otra predicción más de la Relatividad General, y que hoy la estamos corroborando con las observaciones cosmológicas. Lo que aún desconocemos es cuál es su origen fundamental. Quizás, para contestarnos esto, necesitemos de una teoría cuántica de la gravedad terminada.

Puesto que las observaciones aún no son lo suficientemente precisas, existe un terreno bastante amplio para explorar otras alternativas más sofisticadas como candidatas a energía oscura. Fundamentalmente, podemos dividir los candidatos en dos grupos: si la densidad de energía oscura es constante en el tiempo (la constante cosmológica) o si no lo es. Para este último caso, si la energía oscura es algo dinámico que evoluciona en el tiempo con el universo, existen muchísimas ideas novedosas. Desde pensar en la existencia de un nuevo campo en la naturaleza, o que debemos modificar la teoría de la gravitación de Einstein (un camino en el que particularmente nosotros hemos seguido haciendo aportes y que hoy tiene muchos seguidores [9]); o que algún supuesto



Las supernovas son eventos extremadamente energéticos, que marcan el fin de cierto tipo de estrellas. En particular, las del tipo Ia (Uno A), pensamos que se producen en sistemas binarios donde por lo menos una de las estrellas es una enana blanca. Aún existe cierto debate acerca de cuál es el mecanismo que produce el desenlace explosivo de este tipo de supernovas, pero sus luminosidades pueden ser calibradas para convertirlas en candelas patrones y ser utilizadas para la medición de grandes distancias.

de nuestro modelo es falso (como por ejemplo, la suposición de que el universo es perfectamente homogéneo a grandes escalas); o que quizás haya que revisar la teoría cuántica y la energía oscura sea un efecto cuántico acumulado a lo largo de su historia.

Hay muchos ejemplos más que a lo largo de los últimos 20 años han estado desarrollándose. Quizás, también podría suceder que la energía oscura no exista y necesitemos un modelo diferente al actual. Recordemos que las velocidades de expansión de galaxias, la aceleración del universo (y prácticamente todas las cantidades que describen al universo) no son observables ni medibles directamente. Uno *infere* las velocidades y que el universo acelera luego de hacer cálculos, con ecuaciones matemáticas, bajo ciertos supuestos, adoptando una teoría para la gravedad y un modelo cosmológico determinado.

¿Cuál será el destino del universo?

Hoy esta pregunta tiene una respuesta sencilla: no lo sabemos. ¿Serán correctas nuestras premisas del modelo del Big Bang? ¿Deberemos modificar algo más en nues-

tras ideas? ¿Existe realmente la energía oscura, o lo que inferimos como aceleración del universo es algo aparente y puede explicarse con algo que hemos estado subestimando? Algunos investigadores han empezado a transitar este camino y han comenzado a encontrar resultados preliminares modelando universos más realistas.

En el caso en que la energía oscura y la aceleración del universo continúen siendo parte fundamental de nuestro modelo del universo, en los próximos años la misión principal será descifrar si la energía oscura efectivamente es o no la constante cosmológica, y si necesitamos profundizar y enfocar los estudios teóricos hacia una alternativa más sofisticada. Algunos desafíos observacionales también estarán presentes, como lo son descubrir y controlar nuevos errores sistemáticos en las mediciones, y asegurarnos de que el procesamiento de los datos sea lo más independiente del modelo que estamos tratando de poner a prueba. Sobre esto último, varios autores han indicado desde hace tiempo su relevancia [10, 11], y en particular nosotros también hemos hecho algunos análisis y aportes al respecto [12, 13, 14]. Hoy en día la can-

“No hay consenso aún sobre cómo surgen las supernovas *Ia*. Una alternativa típica dice que podrían surgir en sistemas binarios, como resultado de la explosión de una enana blanca, producto de inestabilidades provocadas por su compañera”.

tividad de datos observados y registrados ha crecido enormemente, y la estadística ya ha pasado a ser muy buena con más de 1000 supernovas *Ia* confirmadas [e.g. 15]. Vivimos en una época que es especial para preguntarnos sobre el universo, y para tratar de descifrarlo a través de la cosmología. Si la energía oscura *realmente existe* y es la constante cosmológica o algo muy similar a ella, nos espera un destino bastante oscuro y desolador. La aceleración del universo provocará que, en un futuro lejano (digamos unos 50 o 100 mil millones de años), las galaxias distantes que hoy vemos sean arrastradas hasta quedar perdidas detrás de nuestro horizonte de eventos, y dejaremos de verlas. El fondo cósmico de microondas que hoy detectamos se convertirá en un tenue ruido indetectable, y sólo quedaremos rodeados de nuestro pequeño grupo local de galaxias, en una especie de isla cósmica. Esto significa que no habrá datos disponibles para que futuros científicos puedan hacer cosmología, y el caso de un universo estático volverá a ser el modelo válido, satisfactorio y más favorecido. La pregunta “¿de dónde venimos?” será netamente de índole filosófica o religiosa. ■

NOTAS

1 Corrimiento al rojo: desplazamiento observado en las líneas espectrales de objetos astronómicos (hacia longitudes de ondas más grandes), respecto a las mismas líneas espectrales de experimentos en laboratorios terrestres. La hipótesis de mayor consenso, avalada por numerosas observaciones y por la teoría de la Relatividad General, establece que el corrimiento al rojo observado en las galaxias distantes es debido a la expansión del universo.

2 Cefeidas: tipo de estrellas variables que presenta una relación entre la luminosidad y el periodo de variabilidad, cuyo nombre proviene de Delta Cephei, la primera estrella de este tipo identificada por John Goodricke, en 1784. Henrietta Leavitt fue la astrónoma que descubrió en 1912 su utilidad para la medición de distancias.

3 Teorema de Pitágoras: establece que en todo triángulo rectángulo, el cuadrado de la longitud de la hipotenusa es igual a la suma de los cuadrados de las respectivas longitudes de los catetos. Es la proposición más conocida entre las que tienen nombre propio en la matemática.

4 Isótropo/isotrópico: que presenta las mismas características a lo largo de cualquier dirección en el cielo.

5 Fondo cósmico de microondas: radiación electromagnética que llega de todas direcciones, en el rango de frecuencias de microondas, y cuyo origen se vincula a la época de la formación de los primeros átomos, unos 380 mil años después del Big Bang. Predicha teóricamente en 1948 y detectada por primera vez en 1965, constituye una de las evidencias más notables a favor del modelo del Big Bang. Las mediciones de este fondo cósmico nos permiten conocer mejor el universo temprano y poner a prueba nuestros modelos acerca del origen de las estructuras en el universo.

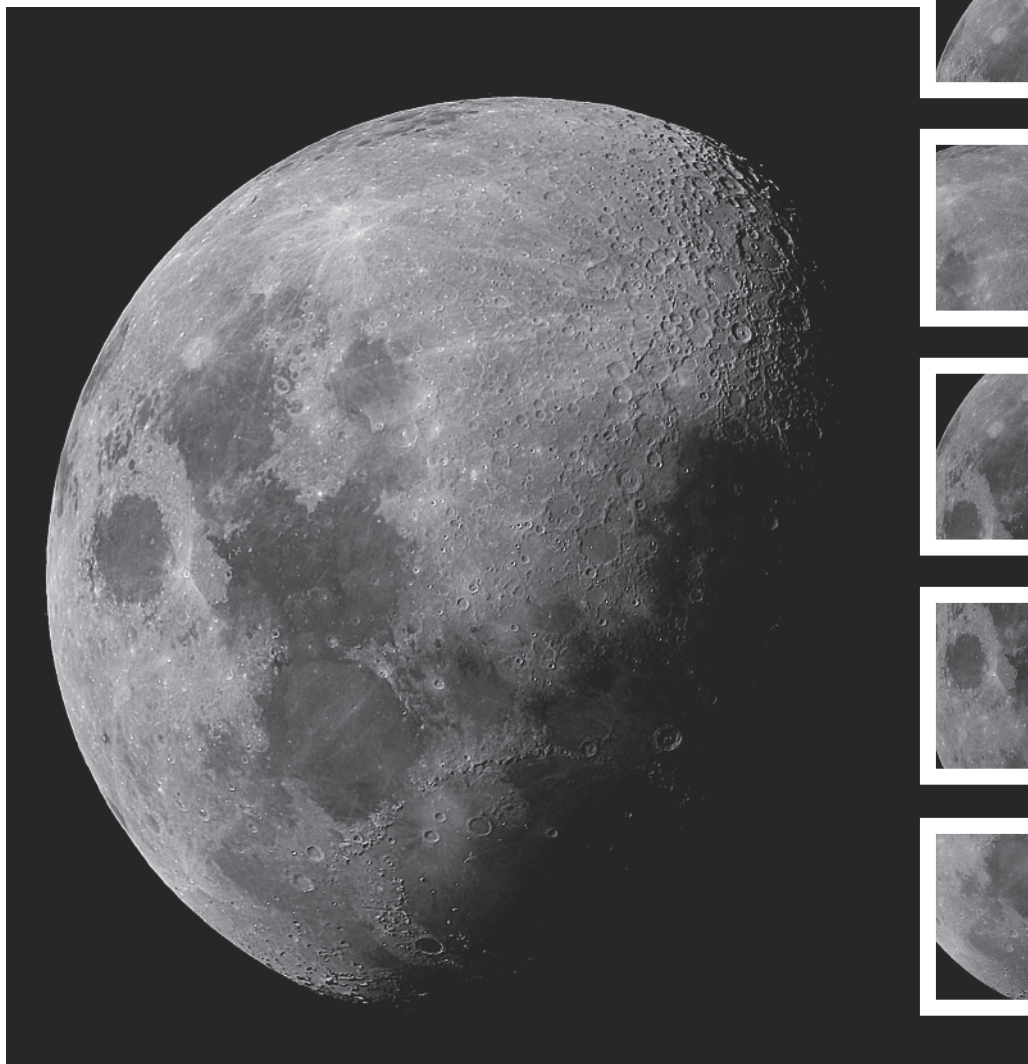
Referencias:

- [1] Krauss L. and Turner M., Gen. Rel. Grav. 27 (1995) 1137.
- [2] Phillips, M. M., Astrophys. J. 413 (1993), L105.
- [3] Hamuy M. et al., Astron. J. 109 (1995) 1669; Astron. J. 112 (1996) 2391; Astron. J. 112 (1996) 2398.
- [4] Perlmutter S. et al., Bull. Am Astron. Soc. 29 (1997) 1351; Astrophys. J. 517 (1999) 565.
- [5] Riess A. et al., Astron. J. 116 (1998) 1009.
- [6] Huterer D. and Turner M., Phys. Rev. D60 (1999) 081301.
- [7] Hinshaw G. et al., ApJS 208 (2013) 19.
- [8] A. de P. A. R. et al. (Planck Collaboration), A&A 594 (2016) A13.
- [9] Bengochea G. R. and Ferraro R., Phys. Rev. D79 (2009) 124019.
- [10] Hicken M. et al., Astrophys. J. 700 (2009) 1097.
- [11] Kessler R. et al., Astrophys. J. Suppl. 185 (2009) 32.
- [12] Bengochea G. R., Phys. Lett. B 696 (2011) 5.
- [13] Bengochea G. R., BAAA, Vol. 55 (2013), pp 431-434.
- [14] Bengochea G. R. and De Rossi M. E., Phys. Lett. B 733 (2014) 258.
- [15] Betoule M et al., Astron. Astrophys. 568 (2014) A22; Scolnic D. M. et al., 1710.00845 (2017).

El autor: Gabriel R. Bengochea es Licenciado y Doctor en Ciencias Físicas de la Universidad de Buenos Aires, realizó estudios post-doctorales en el Instituto de Astronomía y Física del Espacio (IAFE, CONICET-UBA) y actualmente es Investigador del CONICET y forma parte del Grupo de Teorías Cuánticas Relativistas y Gravitación del IAFE. Hizo estadías en el Departamento de Teorías de Campos y Gravitación del Instituto de Ciencias Nucleares de la Universidad Nacional Autónoma de México, bajo la dirección del Dr. Daniel Sudarsky, con colaboraciones desde 2012. Trabaja en cosmología observacional, modelos de energía oscura y cosmología inflacionaria. Es además presidente y coordinador de las actividades de divulgación del grupo de aficionados a la astronomía CAIFA*, y conduce el programa de radio *Paralaje Científico*. * Club de Astronomía Ing. Félix Aguilar. Fundado en 1980. Sitio web: www.caifa.com.ar

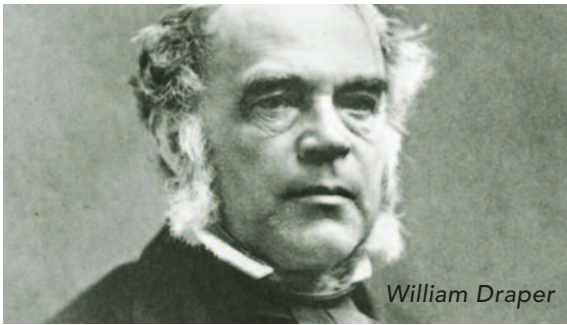
OBSERVACIÓN, FOTOGRAFÍA Y FILMACIÓN

Carlos Di Nallo

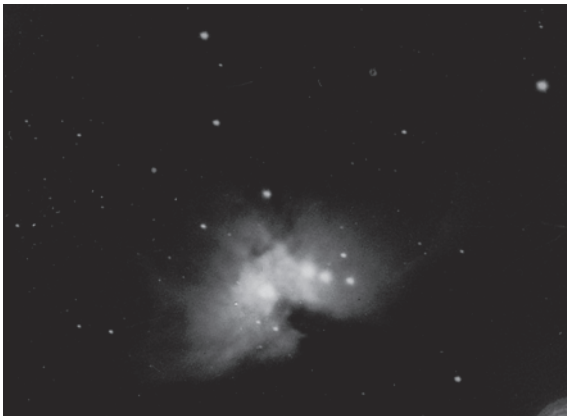


La Luna siempre causa fascinación, cuando la observamos a simple vista, con binoculares o con telescopios; y también a través de fotografías. Cuando hacemos observaciones de la Luna en el Planetario, mucha gente intenta llevarse "su" imagen. Con suerte y un poco de paciencia, con las tecnologías actuales, cualquier cámara de teléfono celular es capaz de lograr una foto a través del ocular del telescopio. Obviamente, de ahí en adelante las técnicas van mejorando.

Existen muchos astrofotógrafos que, además de lograr cada vez mejores imágenes de los objetos de cielo profundo, le tienen un especial "cariño" a la Luna. Carlos Di Nallo es uno de ellos, y acerca de estas fotos nos dice: *"Si no contamos con una cámara réflex, que debido al tamaño de su sensor permite que la Luna entre completa en una sola imagen, podemos componer una foto a través de la técnica de mosaico, con un telescopio más una cámara webcam o CCD. En este caso, tomé cinco videos, uno de cada zona, con una resolución de 640x480 (307.200 píxeles; mientras que un video full HD tiene 1920x1080, 2.073.600 píxeles). Al ser más pequeño el sensor de la cámara, el campo a cubrir es menor, y eso nos da una imagen recortada, como un 'acercamiento'. Si usara el formato full HD, el campo sería mayor y la imagen de la Luna se vería 'más alejada'. Obviamente, las imágenes resultan de una menor resolución. De cada filmación se obtiene una foto que se procesa manteniendo los mismos parámetros para cada una, y luego se 'pegan' todas con algún programa de computadora, por ejemplo, el Autostitch. El resultado es muy bueno y las uniones no se notan".* Aquí vemos el cuadro final y el detalle de cada video.



William Draper



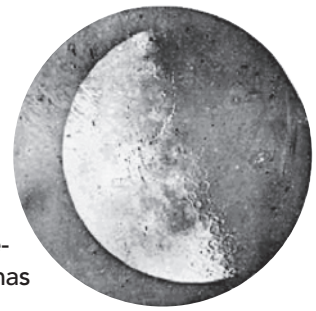
Primera imagen realizada de la Gran Nebulosa de Orión, en 1880.

El fabuloso Draper

Hoy tenemos cámaras digitales, telescopios con seguimiento y guiado que compensan la rotación terrestre, potentes programas de procesado, etc.

Pero, ¿cuándo comenzó esta increíble pasión por tomar fotos del cielo? En 1839 Louis Daguerre inventó en Francia el daguerrotipo, el primer procedimiento fotográfico, que se realizaba con exposiciones de entre 10 y 30 minutos, y la imagen en positivo se obtenía sobre una placa de cobre recubierta con yoduro de plata.

No pasó mucho tiempo hasta que alguien pensó en qué ocurriría si apuntaba eso al cielo. Y en 1840, John William Draper (1811-1882), un químico, médico e historiador nacido en Lancashire, cerca de Liverpool, Inglaterra, tomó la primera fotografía de la Luna (la que se ve arriba), con tiempos de exposición muy prolongados. Más tarde, su hijo Henry, astrónomo aficionado, tomó en 1880 la primera foto de un objeto de espacio profundo, la Nebulosa de Orión (abajo), quizás, el objeto más fotografiado. Desde entonces, la tecnología y la pasión de los astrofotógrafos han ido creciendo en beneficio de la ciencia.



Conferencia

Los exoplanetas y la vida fuera de la Tierra

Desde el descubrimiento del primer planeta alrededor de una estrella similar al Sol en 1995, la investigación en este campo de la astrofísica se ha diversificado, e involucra distintas áreas de las ciencias. Se conocen ya cerca de 3000 planetas extrasolares, lo que abre una nueva búsqueda de vida en el universo.

En esta charla, los doctores Guillermo Lemarchand, Daniela Maizel, Rodrigo Díaz, Pablo Mauas y Andrea P. Buccino, discutieron qué entornos físicos son propicios para el desarrollo de la vida fuera del sistema solar, y de qué tipo de vida se trataría; con qué métodos se podría llegar a detectar; qué características podría tener la vida extraterrestre y el impacto que un descubrimiento de este tipo podría tener en la sociedad.

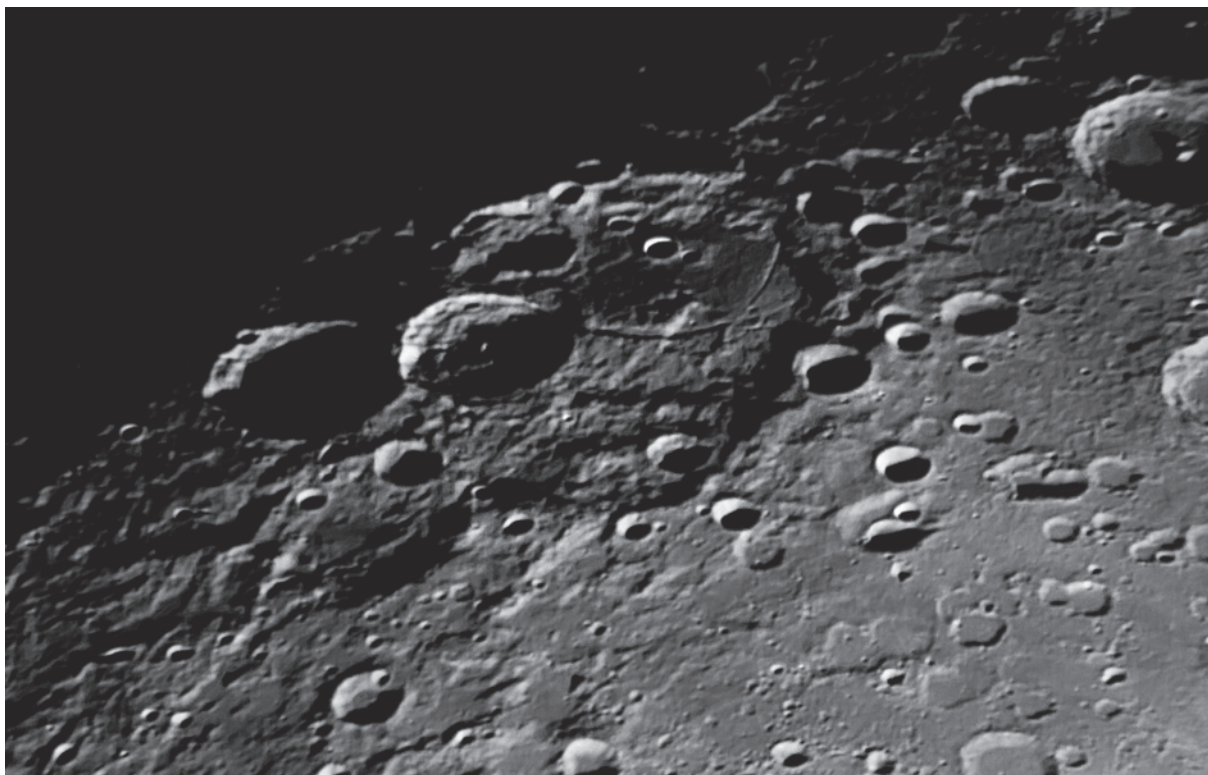


Vacaciones de invierno 2018

Durante las vacaciones de invierno, el Planetario de Buenos Aires recibió más de 40.000 visitantes. Entre otras cosas, pudieron apreciar nuevos espectáculos astronómicos *full dome*, la presencia de una réplica en escala del robot enviado por la NASA a Marte en 2011, el *Curiosity*, la nueva función *Una de Estrellas*, las habituales observaciones por telescopios, el museo interactivo, talleres y charlas en Estación Federal.

EL DESAFÍO JANSSEN Y CATENA DAVY

Mariano Ribas



Éste es Janssen, un cráter en la Luna dedicado a Pierre Jules Janssen, un gran astrónomo francés del siglo XIX. Probablemente no sea uno de los cráteres más famosos (como Tycho, Clavius, Copérnico o Plato), pero aún así, es extraordinario. Esta impresionante fosa de impacto se ubica cerca del borde sudeste de la cara visible de la Luna, y es MUY grande: mide 190 km de diámetro y está entre los 10 cráteres más grandes de nuestro satélite. Pero lo que lo hace aún más interesante es su compleja geología. Janssen es una estructura de impacto muy antigua, y por lo tanto, altamente desgastada. Aunque su silueta general es fácilmente reconocible, sus bordes están claramente deteriorados y su forma es más hexagonal que circular. Además, como ocurre con todos los súper cráteres muy antiguos, Janssen está cubierto de otros cráteres internos menores y más recientes. Los dos más notables son Fabricius (en el medio de la imagen) y Metius, de similar tamaño y prácticamente “pegados” entre sí. Otra cosa que llama la atención es su impresionante sistema de fisuras, que se extiende por casi 150 km en el piso del cráter, llamado *Rimae Janssen* (*rimae* significa, justamente, fisuras en latín). La mejor época para observar este cráter con pequeños telescopios es a partir del cuarto día después de la Luna nueva.

¡AL LÍMITE!

La Luna se encuentra a una distancia promedio de la Tierra de unos 400.000 km. Un objeto en la Luna que

tenga el tamaño de un estadio de fútbol, por ejemplo, sería imposible de observar desde nuestra posición. Entonces, ¿qué es lo más pequeño que podemos ver y/o fotografiar en la Luna con un telescopio?

Uno de los accidentes lunares más desafiantes y, a la vez, más espectaculares, es *Catena Davy* (la Cadena de Davy), que presentamos en la página siguiente. Es uno de los rasgos más curiosos de toda la superficie lunar. Se trata de una “caravana” lineal, ligeramente arqueada, de 50 km de largo, formada por 23 minicráteres de apenas 1 a 2 km de diámetro cada uno. Para ubicarnos, está situada cerca del súper cráter Ptolomeo (el más grande que se ve en la vista ampliada); más precisamente, *Catena Davy* se despliega principalmente sobre el piso del muy desgastado cráter Davy Y (de 70 km de diámetro), no muy lejos del más pequeño cráter Davy (34 km) que, a su vez, tiene otro cráter que “muere” uno de sus bordes, Davy A. Todo esto, en el extremo oriental de *Mare Nubium* (Mar de las Nubes).

Pero lo que resulta más llamativo es el aspecto de *Catena Davy*: más de 20 minicráteres, muy parecidos entre sí, todos alineados. Tras descartar otras posibilidades (entre ellas, que se trate de cráteres secundarios, resultantes de escombros lanzados por un enorme impacto vecino), todo indica que se trata de una cadena de cráteres originados por el impacto en ráfaga de los pedazos de un cuerpo mayor, destruido por efecto de la marea gravitatoria lunar. En otras palabras, *Catena Davy* nació, de una

Mariano Ribas



Arizona State University (EE.UU.)/LRO - NASA



sola vez, a partir de una lluvia de cascotazos espaciales. Hay dos curiosidades más. Algunos de estos minicráteres tienen nombre. Alan, Delia, Harold y Osman son los más grandes, de 2 km aproximadamente; y entre los más pequeños, está Susan, de sólo 1 km. Y para volver a la pregunta inicial: estos “agujeritos” están en el límite inferior de lo que podemos ver en la Luna, incluso con telescopios grandes. Tengamos en cuenta que el límite de resolución angular suele estar en torno a 1 segundo de arco (lo que es igual a 1 grado dividido 3600), y que 1 segundo de arco, en la Luna, equivale a 2 km. Por lo tanto, los minicráteres de *Catena Davy* miden entre 0,5 y 1 segundo de arco; al límite de lo que podemos observar desde la Tierra.

Estas imágenes del cráter Janssen y *Catena Davy*, realizadas por Mariano Ribas, son el resultado del apilado y procesado digital de decenas de fotos individuales seleccionadas, tomadas con un telescopio reflector de 200 mm de diámetro y una cámara digital Canon T5i. En ambos casos, el autor utilizó la técnica de “proyección con ocular” sobre el sensor de la cámara, para lograr un mayor nivel de detalle del que podría obtenerse a “foco primario” (técnica donde se acopla el cuerpo de la cámara directamente al telescopio, sin intervención de oculares). Para el apilado y procesado, se utilizaron los programas *PIPP*, *Registax 6* y *Photoshop CS6*. En el caso de *Catena Davy*, y a modo de comparación, publicamos una foto de la misma región tomada por la sonda LRO, de la NASA, en órbita lunar, a unos 50 km de altura sobre la superficie de nuestro satélite. ■



SOMOS ESTRELLAS

Un nuevo 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



Buenos Aires Ciudad



Vamos Buenos Aires