ISSN 2422-8095

SI MUOVE

NÚMERO 19 - INVIERNO 2020

REVISTA DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA DEL PLANETARIO DE LA CIUDAD DE BUENOS AIRES GALILEO GALILEI

Transmisiones en vivo

ENCUENTROS DE CIENCIA

Científicos, especialistas y divulgadores de ciencia

#PLANETARIOVIRTUAL

YouTube
Planetario BA

facebook

PLANETARIO
Galileo Galilei - Buenos Aires

SI MUOVE

NÚMERO 19 - INVIERNO 2020

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

STAFF

EDITORA RESPONSABLE
VERÓNICA ESPINO

DIRECTOR PERIODÍSTICO
DIEGO LUIS HERNÁNDEZ

DIRECTOR DE ARTE Y DISEÑO
ALFREDO MAESTRONI

SECRETARIO DE REDACCIÓN
MARIANO RIBAS

REDACTORES DE ESTA EDICIÓN
DIEGO CÓRDOVA
HERNÁN SOCOLOVSKY
NATALIA MEILÁN
CARLOS COLAZO
WALTER GERMANÁ

COLABORADORES
Andrea Anfossi, Omar Mangini, Aldo Mottino, Ezequiel Bellocchio, Sergio Eguivar, Carlos Di Nallo, Alejandro Antognoni, Diego Toscán, Jaime García.

CORRECTORES
Walter Germaná, Natalia Jaoand.

FOTO DE TAPA
Asteroide (433) Eros. Sonda NEAR Shoemaker, NASA, 2010.

AGRADECIMIENTOS
NASA, JAXA, SpaceX, CNSA, Grupo de Observadores de Rotaciones de Asteroides (GORA), Proyecto ReTrOH (FCAG de la UNLP), CNEA, CONAE.

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.

Buenos Aires Ciudad

Ministerio de Educación
Jefe de Gobierno: Horacio Rodríguez Larreta
Ministra de Educación: María Soledad Acuña
Subsecretario de Tecnología Educativa
y Sustentabilidad: Santiago Andrés
GO del Planetario: Verónica Espino

Andrea Anfossi

EDITORIAL

Al comienzo de este año planificamos una serie de actividades que queríamos concretar como parte de nuestra programación anual. La aparición del COVID-19 nos obligó a reconfigurar nuestros planes para adaptarnos a la realidad que enfrentamos.

Para continuar con su labor primordial el Planetario Galileo Galilei desarrolló en estos últimos meses el proyecto "Divulgación Astronómica a Distancia" (DAD). Sus diversas y numerosas propuestas virtuales suman nuevos seguidores al público habitual y aumenta el alcance a través de nuevas tecnologías de comunicación.

En este contexto se generaron 210 nuevas actividades que incluyen, entre otras, conferencias con destacadas personalidades de Argentina y el exterior, talleres, cursos, encuentros de ciencia, experiencias 360, videos educativos, podcast y playlist de música.

Es un orgullo para nosotros que el Planetario siga siendo un referente en materia de divulgación, y que en este período tan especial hayamos podido alcanzar a más de 400.000 personas con nuestras publicaciones y propuestas a través de nuestros canales y redes sociales.

Nuestro compromiso con la ciencia y especialmente con la astronomía, nos impulsa a continuar con nuestro programa #PlanetarioVirtual y a generar nuevas actividades para los próximos meses.

Verónica Espino
Planetario de la Ciudad de Buenos Aires Galileo Galilei.

Código Spotify

Código QR

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

SUMARIO

03 Editorial.

06 Starlink, ¿un problema para los astrónomos?

07 SAOCOM, satélite argentino.

13 China en el espacio.

19 Planetas: el mes de los gigantes.

22 Las Pléyades y Venus.

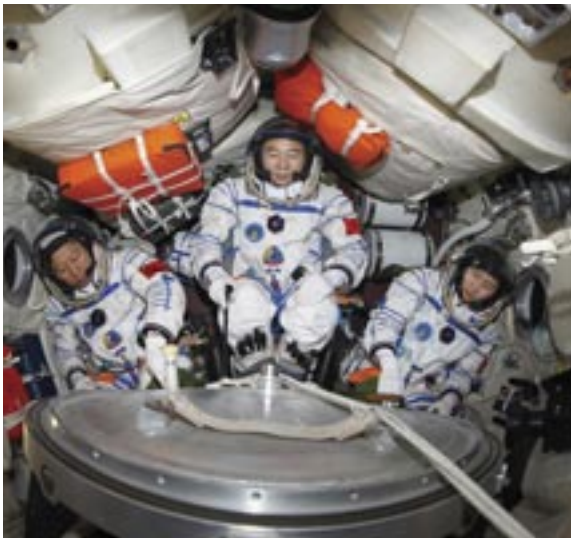
24 Galería astronómica: cúmulos abiertos.

31 Recuperando nuestro pasado astronómico.

35 Cometas.

37 Midiendo la rotación de los asteroides.

43 La Luna: nacida de un impacto.



13 China en el espacio

SAOCOM, satélite argentino 07

43 La Luna: nacida de un impacto

Omar Mangini y Aldo Mottino

24 Cúmulos abiertos

STARLINK
¿UN PROBLEMA PARA LOS ASTRÓNOMOS?

01

Andrea Anfossi

Los satélites Starlink son parte de un proyecto de la empresa estadounidense SpaceX, la misma que promueve los vuelos tripulados de bajo costo a la Estación Espacial Internacional, con su nave Crew Dragon, que utiliza el cohete Falcon 9 con fases reutilizables.

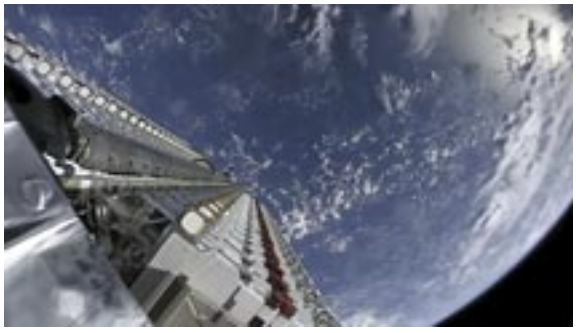
Esta constelación de numerosos satélites tiene el objetivo de formar una red en órbita terrestre para proveer internet de banda ancha, con cobertura mundial y costos reducidos. Los primeros sesenta satélites fueron lanzados el 23 de mayo de 2019 con un solo cohete. Posteriormente fueron lanzados otros siete lotes similares. Se esperaban dos lanzamientos más para mediados de 2020, para estar pronto completamente operativos. Es por eso que, últimamente y en algunas oportunidades, pudimos ver algo realmente curioso e inédito en el cielo: el paso de esta serie de objetos, uno tras otro, con pocos segundos de diferencia, surcando el cielo de lado a lado en una especie de "tren" de satélites fácilmente observables a simple vista, que viajan juntos y poco a poco se van separando. Debido a eso es que con el correr de los días, el "tren" parece ir desarmándose.

Si bien las ventajas en las comunicaciones serán inigualables, el proyecto ha recibido fuertes críticas por parte de astrónomos y astrofotógrafos, ya que ven en esta megaconstelación satelital un gran problema para sus observaciones y fotografías. Las imágenes podrían verse afectadas por las líneas que genera el paso de un satélite si justo se cruza por delante del objeto en estudio.

El presidente de SpaceX, Elon Musk, ha declarado que los Starlink no pretenden representar un problema para las investigaciones astronómicas, y por eso se ha probado recubrir con un material menos reflectante sus satélites, aunque habrá que esperar aún para ver el resultado final. ■

Diego Córdova

02



Space X

01 *El paso de los Starlink en el atardecer del 11 de mayo de 2020 en Buenos Aires.*

02 *Los primeros 60 Starlink antes de ser liberados desde la segunda etapa del cohete Falcon 9, en mayo de 2019.*

Desde la CNEA

GENERANDO LA ENERGÍA DE LAS MISIONES SAOCOM

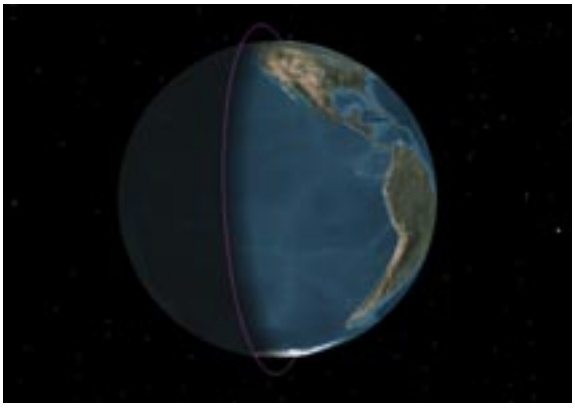
Autor: *Dr. Ing. Hernán Socolovsky, Jefe del Departamento de Energía Solar, Comisión Nacional de Energía Atómica. Socio 7303 de la AAAA.*

Lanzamiento del SAOCOM 1A desde la Base Vandenberg, Estados Unidos, el 7 de octubre de 2018.

Al día de hoy, los SAOCOM son los satélites más complejos desarrollados por la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) a través de su plan nacional. Estos observatorios espaciales que estudian la Tierra mediante una antena radar única en su tipo, pesan tres toneladas, y su energía es provista por el Sol y transformada a través de sus paneles solares. Aquí veremos el objetivo científico de las misiones SAOCOM 1A y 1B, sus características técnicas y la evolución del desarrollo de paneles solares para uso espacial que lleva adelante la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA).

En 1990 mi abuelo Jacobo utilizó los restos de un cartel de chapa, fabricó dos tubos metálicos que se deslizaban uno dentro de otro y montó dos lentes que yo había podido comprar con el esfuerzo de mis padres unos meses atrás. Hace treinta años, estrenaba mi primer telescopio y no era algo menor en mi vida. Ese modesto instrumento casero disparó mi interés y pasión por la astronomía y el espacio; y su inercia, que aún perdura, se encargó del resto para que hoy tenga la suerte de ser parte del equipo que desarrolló los paneles solares de las misiones SAOCOM.

01



Las misiones SAOCOM

Los satélites SAOCOM (**Sa**télite de **O**bservación **co**n **M**icroondas) 1A y 1B son dos enormes observatorios espaciales cuyo objetivo es estudiar la Tierra. Ambos pertenecen a la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) como parte del plan espacial nacional que lleva adelante la institución. Se trata de un proyecto desarrollado en colaboración con la Agencia Espacial Italiana (ASI) e integra junto con los satélites italianos COSMO-SkyMed, el Sistema Ítalo-Argentino de Satélites para la Gestión de Emergencias (SIASGE). Su instrumento principal, una monstruosa antena radar de 10 metros de largo por 3,5 de ancho, obtiene información sobre la humedad de los suelos a través del rebote de las señales de radio que emite hacia la Tierra. Posteriormente, la magia del procesamiento de las señales transforma la información en mapas que son ampliamente utilizados para el agro y la detección temprana de catástrofes, tales como derrames de hidrocarburos en el mar y el seguimiento del agua durante las inundaciones, entre otras aplicaciones.

Los satélites SAOCOM fueron especialmente diseñados para detectar la humedad del suelo y obtener información de la superficie terrestre en cualquier condición meteorológica u hora del día. Esto es posible por la frecuencia de microondas del radar, capaz de atravesar las nubes y "ver" aunque esté nublado.

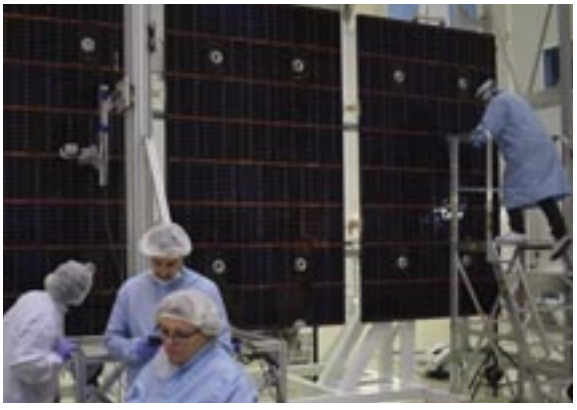
El SAOCOM 1A es el satélite SAR (*Synthetic Aperture Radar*) en banda L* con mayor performance que existe en la actualidad, y es por eso que ha despertado mucho interés en la comunidad científica internacional para hacer uso de los datos que genere.

Los SAOCOM 1A y 1B son dos satélites gemelos. El 1A fue puesto en órbita en octubre de 2018 y gira alrededor de la Tierra a 620 km de altura, en lo que se denomina una órbita polar baja o LEO (por sus siglas en inglés, *Low Earth Orbit*). Esta órbita le permite cartografiar globalmente la Tierra, mientras viaja por el espacio a una velocidad de 29.000 km/h y da una vuelta al mundo cada 90 minutos.

Al cierre de esta edición, el 1B esperaba en Cabo Cañaveral por su viaje al espacio, para ser lanzado a fines de agosto. Su órbita, con las mismas características, lo mantendrá opuesto al 1A. La existencia de dos satélites iguales, ubicados uno en las antípodas del otro, permitirá duplicar la frecuencia de relevamiento de un determinado sitio en la Tierra.

Los satélites SAOCOM 1A y 1B fueron desarrollados y fabricados en Argentina por la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE), la empresa INVAP, la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA, que desarrolló la estructura mecánica de la enorme antena SAR y los paneles solares), la firma pública VENG y el Laboratorio GEMA de la Universidad Nacional de La Plata, entre otras 80 empresas de tecnología e instituciones del sistema científico tecnológico del país.

02



El astro rey sustenta también la vida de las misiones espaciales

Allá arriba, la única fuente natural de energía es el Sol, y por cada metro cuadrado de superficie normal ante sus rayos se reciben 1367W de potencia luminosa. Por tal motivo la energía que abastece al SAOCOM es provista por paneles solares, que se encargan de transformar directamente la radiación luminosa e infrarroja proveniente del Sol en energía eléctrica a través de dispositivos denominados celdas solares fotovoltaicas. Los paneles solares se convierten entonces en un aspecto vital de la misión, y su despliegue y desempeño son cruciales para que sea exitosa.

Como el objetivo científico de la misión es la observación de la Tierra, es necesario que la antena radar esté apuntando permanentemente hacia abajo. Por eso la orientación de los paneles con respecto al Sol no es algo que se controle. La geometría del satélite y el tipo de órbita polar, denominada heliosincrónica 6 AM**, hacen que el satélite circule por encima de la línea que divide el día de la noche en la Tierra (eso se nota claramente en la imagen 1), lo que ocasiona que se disponga del recurso solar a lo largo de toda la órbita. Este tipo de órbita es muy codiciada justamente por esa característica, ya que el satélite prácticamente no entra en eclipse, salvo en las fechas cercanas a los solsticios, donde puede ser ocultado por la sombra terrestre durante unos 20 minutos.

Las celdas que forman un panel solar espacial, a diferencia de cualquier otro componente electrónico que viaja

03

en un satélite, quedan totalmente expuestas al ambiente espacial, un coctel de radiaciones que incluyen: luz ultravioleta en mucha mayor proporción que en la superficie terrestre, bombardeo permanente de partículas cargadas provenientes del Sol que quedan atrapadas en la magnetósfera (en su mayoría, protones y electrones), el impacto de oxígeno atómico y micrometeoritos. A eso se suman las amplitudes térmicas a las que los paneles solares puedan quedar expuestos a lo largo de una órbita que tenga eclipse, y que puede variar entre +80°C cuando incide luz solar y -80°C en caso de sombra, como consecuencia de la falta de atmósfera.

Para la primera situación, no hay proceso de disipación del calor por conducción y convección, y por eso el panel se calienta más. En la segunda, al no haber en el espacio una atmósfera de la cual pueda recibir calor, su temperatura desciende muchísimo al radiar energía al espacio en forma de luz infrarroja. Amplitudes térmicas de 160°C sucediendo 15 veces al día durante 5 años causan la fatiga de muchos materiales debido al proceso continuo de dilatación/contracción, el mismo efecto que rompe una roca en el desierto.

Con todo esto, a la hora de fabricar los paneles solares de una misión espacial, resulta importante poder predecir la degradación que inevitablemente las celdas solares van a sufrir a lo largo de su vida en órbita, para poder diseñar un panel capaz de entregar la potencia necesaria de la misión hasta el final de su vida útil. Un error en esta estimación podría dejar la misión con déficit de energía eléctrica en sus últimos años.

Fabricando paneles solares espaciales en CNEA

Por los motivos mencionados, el Departamento de Energía Solar de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) se encuentra conformado por un "zoológico" de especialistas en distintas disciplinas. Desde físicos que modelan el ambiente espacial y la estructura cristalina de una celda solar, ingenieros en casi todas las áreas y técnicos altamente especializados. Un proyecto espacial se convierte entonces en una actividad interdis-

04

CONAE

05

01 *Girando alrededor de la Tierra. Una órbita polar 6AM le permite a un satélite "pasear por el terminador" y disponer de luz solar todo el tiempo, ya que casi nunca entra en eclipse.*

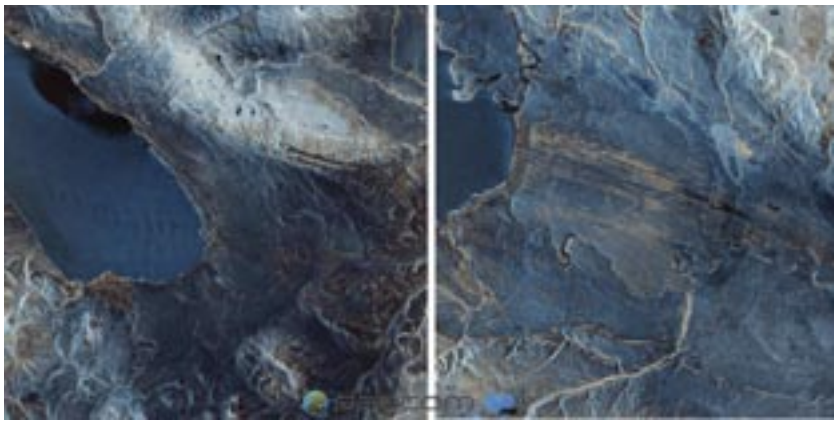
02 *Parte del equipo de la CNEA realizando tareas de inspección sobre los paneles en INVAP. Entre los tres módulos se totalizan 3600W de potencia.*

03 *Parte del equipo de la CNEA posando frente a los paneles solares que acababan de construir.*

04 *Ensayo de apertura de la antena SAR en el CEATSA-Bariloche.*

05 *El SAOCOM 1B en su cofia del cohete Falcon 9.*

06



ciplinaria. Por ejemplo, la sobrevivencia de un panel solar espacial es también incumbencia de la ingeniería en materiales.

El primer experimento de celdas solares para uso espacial desarrolladas en la CNEA voló a bordo del satélite SAC-A en 1998. Consistía en un pequeño panel tecnológico (no eran los paneles que abastecían de energía), que sobrevivió al ambiente espacial durante los meses que duró la misión, y demostró que se contaba con las capacidades técnicas como para afrontar desafíos más importantes.

En 2001, el Departamento de Energía Solar de la CNEA inició sus actividades de desarrollo de paneles solares para uso espacial, a fin de abastecer las misiones de la CONAE. En ese entonces, a través de sucesivos contratos de asistencia tecnológica con la CONAE, en el marco de la ley 23.877***, se desarrollaron todas las capacidades en la CNEA para afrontar el desafío, las que incluyeron: fabricación de un área limpia para la integración de paneles solares de uso espacial, desarrollo y calificación de todos los procesos de integración y ensayos, entrenamiento y calificación del personal, desarrollo de un sistema de calidad y un sin fin de actividades propias de la industria espacial.

En 2009 se fabricaron los paneles solares de la misión Aquarius/SAC-D, un emprendimiento en conjunto con la NASA, cuya finalidad era el estudio de la salinidad de los mares a nivel global para comprender el ciclo del agua y obtener modelos climáticos. Este proyecto exigió rendir examen frente a expertos en paneles solares espaciales de la NASA, pues si fallaban, el instrumento Aquarius quedaría sin energía. El SAC-D fue lanzado en 2011, y durante su operación los paneles solares mostraron un gran desempeño y dejaron allanado el camino de cara al proyecto SAOCOM.

A partir de 2015 se comenzó a trabajar en los paneles solares del SAOCOM 1A, mientras que durante 2017 se fabricaron los paneles solares del SAOCOM 1B. En ambos casos, se trata de un sistema de potencia de 3600W compuesto por tres paneles de 1,6m x 2,7m c/u, que al desplegarse totalizan una superficie de 13m^2. Los sustratos y mecanismos fueron fabricados en INVAP, mientras que en el Departamento de Energía Solar de la CNEA se realizó todo el proceso de integración eléctrica. En total los paneles tienen 3584 celdas solares fotovoltaicas que transforman con una eficiencia cercana al 30% la potencia incidente en potencia eléctrica. El proceso de integración eléctrica consiste básicamente en: la medición normalizada del total de celdas solares para asegurarse de que todas funcionen correctamente, el pegado de un vidrio protector sobre cada celda, el soldado e interconexión de celdas y el pegado de las celdas sobre el sustrato, es decir, el panel propiamente dicho. Finalmente, se realiza el cableado junto con la colocación de los sensores solares de posición y de temperatura. Luego, haciendo uso de un dispositivo denominado "simulador solar", se verifica que la potencia generada por cada panel sea la nominal del diseño. Cabe aclarar que, como cualquier laboratorio que fabrica paneles solares para uso espacial en el mundo, las celdas utilizadas son celdas comerciales diseñadas para tal fin. A modo de ejemplo, cuando el JPL de la NASA desarrolla los paneles de un rover marciano o los de la sonda Juno (con ambientes espaciales bien diferentes), utiliza las mismas celdas solares que los satélites SAOCOM.

Ensayos: simulando el ambiente espacial y el despegue

Parte de las actividades realizadas para garantizar el correcto funcionamiento de los paneles en órbita, son los ensayos de calificación y aceptación tanto de los paneles solares como del satélite en sí mismo. Por un lado, se realizan ensayos ambientales que intentan simular el ambiente espacial, principalmente desde el punto de vista térmico y de vacío. En este caso, los ensayos que se realizan consisten en someter los paneles solares a ciclados

07

06 *Primeras imágenes obtenidas por el SAOCOM 1A de los lagos del sur de nuestro país.*

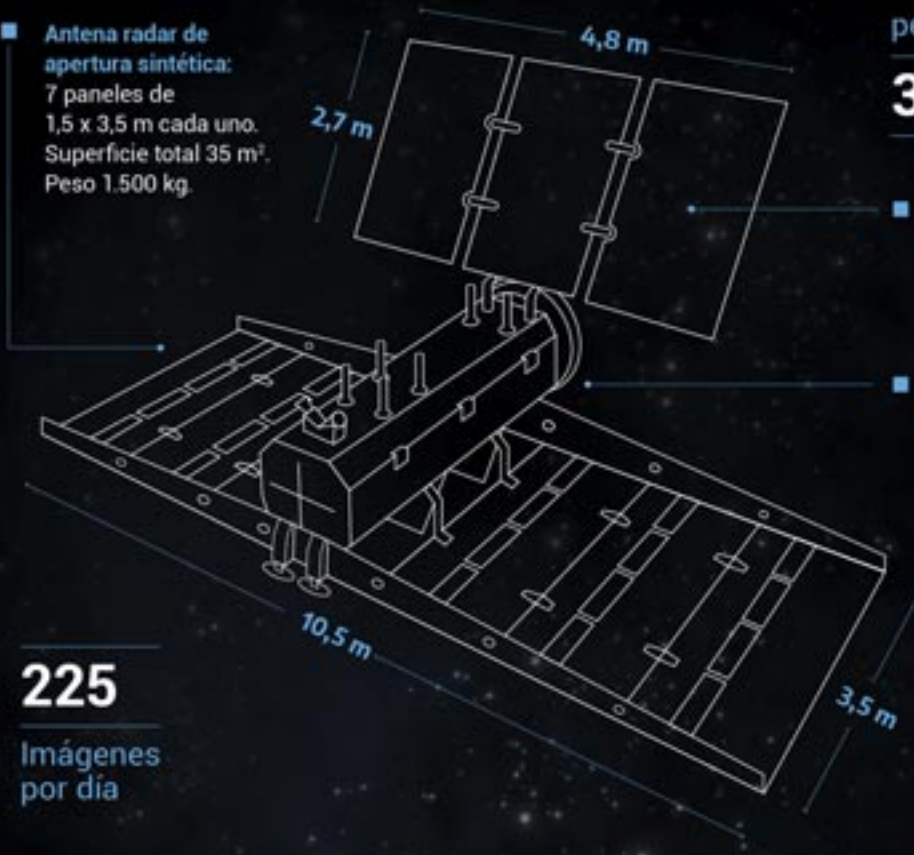
07 *Verónica Espino, del Planetario de Buenos Aires, visitó el último panel solar del SAOCOM 1B en el área limpia del Centro Atómico Constituyentes, CNEA.*

saocom 1B

SATÉLITE ARGENTINO DE OBSERVACIÓN
CON RADAR DE MICROONDAS

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación
Argentina

- **Antena radar de apertura sintética:** 7 paneles de 1,5 x 3,5 m cada uno. Superficie total 35 m². Peso 1.500 kg.



peso total

3.000 kg

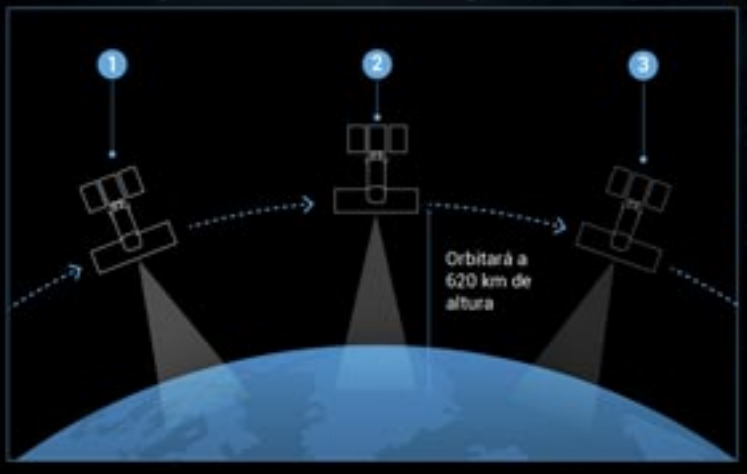
- **3 paneles solares:** 1,61 x 2,7 m cada uno.
- **Plataforma de servicio:** 4,7 m de altura y 1,2 m de lado.

225

Imágenes por día

- Observa el planeta Tierra de día y de noche, con lluvia o nubes.

CÓMO TRANSMITE LA INFORMACIÓN



1. El satélite envía microondas para analizar parte del terreno.
2. Las señales rebotan en la superficie y regresan al satélite.
3. La información es transmitida al centro espacial Teófilo Tabanera en Córdoba.

Además la información es compartida a otras estaciones en Tierra del Fuego, Noruega y Kenia.

Para observar el SAOCOM a simple vista

Por su tipo de órbita heliosincrónica, el SAOCOM 1A (y el 1B próximamente) se observa en horarios cercanos al crepúsculo durante los meses invernales. El satélite tiene una importante magnitud visual durante los pasos cuya elevación supera los 45°. Se puede realizar el seguimiento a través de la página web *https://www.heavens-above.com* (nombre del satélite en la base de datos: SAOCOM 1-A).

Hernán Socolovsky

Traza de un paso del SAOCOM 1A en los cielos de San Juan, la madrugada del 9 de julio de 2019, por la constelación de Erídano.

térmicos y vacío (en enormes cámaras de termovacío) y por una determinada cantidad de ciclos frío/calor. Una pequeña burbuja de aire atrapada en el vidrio de una celda solar durante el proceso de fabricación, podría generar algún daño en la celda solar al quedar el panel en el vacío, al igual que el efecto de una descompresión en un avión.

Por otro lado, considerando el enorme nivel de vibraciones y la gran presión sonora que sufrirá el satélite dentro de la cofia del lanzador durante el despegue, es necesario asegurar que los paneles, junto con el satélite, sobrevivan a ese violento momento. Por este motivo se realizan también ensayos de vibraciones y ensayos acústicos, a fin de emular la situación.

Todos esos ensayos se realizan en forma moderada y consideran que son los modelos de vuelo, y su fin es detectar alguna falla temprana, es decir, alguna que esté latente a ocurrir. Todos los ensayos de calificación de componentes y procesos (antes de fabricar un modelo de vuelo) se ponen a prueba mediante los denominados "modelos de ingeniería", que al ser versiones de prueba se las puede ensayar con mucha mayor rigurosidad. Esos ensayos se realizan en el CEATSA (Centro de Ensayos de Alta Tecnología S.A.), que se encuentra en el predio de INVAP en San Carlos de Bariloche, Río Negro.

Comentarios finales

Cuando se ponga en órbita el SAOCOM 1B, a través de un cohete Falcon 9 de la empresa SpaceX, se convertirá en el tercer satélite argentino de órbita baja con paneles solares fabricados en la CNEA, junto con el SAC-D/Aquarius y el SAOCOM 1A. En lo personal, he tenido la satisfacción de trabajar en los tres proyectos y de haber podido crecer profesionalmente. A veces miro el cielo y veo pasar el SAOCOM como un puntito luminoso, que concentra el esfuerzo de un gran equipo conformado por cientos de profesionales de diferentes instituciones distribuidas en el país, y la pasión con la que todos han trabajado. A veces miro atrás en el tiempo buscando a ese chico y su telescopio, y al regresar la vista al cielo me pregunto, ¿hasta dónde podremos llegar? ■

Los SAOCOM en números

- Instrumento: SAR banda L polarimétrico
- Peso: 3000 kg
- 13m^2 de paneles solares (generación de 3600W de potencia eléctrica)
- Dimensiones de antena (desplegada): 35 m^2
- Vida útil: 5,5 años
- Órbita: heliosincrónica. Altura: 620 km
- Ancho de barrido: 20 a 350 km
- Resolución espacial: 10 a 100 m
- Revisita: 16 días (un solo satélite), 8 días (para la constelación)
- Lanzador: Falcon 9, empresa SpaceX

Notas

* Banda L: rango de frecuencias de radio comprendidas entre 1 y 2 GHz (gigahertz), ampliamente utilizada en comunicaciones satelitales.

** Órbita 6 AM es el horario del lugar donde está el satélite en el momento que cruza el ecuador en sentido sur-norte.

*** Ley 23.877. Ley de Promoción de la Innovación Tecnológica: es la ley que da un marco regulatorio y de fomento para la vinculación de la ciencia y la tecnología con el sector productivo.

La tercera potencia

PRESENTE Y FUTURO DE CHINA EN EL ESPACIO

Autor: *Lic. Diego Córdova, prensaespacial.blogspot.com.ar* **01**

01 *Lanzamiento de la Tiangong 2, el 15 de septiembre de 2016, la actual estación espacial china que sigue en órbita.*

Desde hace 17 años la República Popular China es el tercer país con acceso propio al espacio, luego de Estados Unidos y Rusia (ex Unión Soviética), a partir de la llegada de la Shenzhou 5 a la órbita terrestre, su primera nave tripulada. Si bien el avance del programa espacial chino no es continuo, tiene una buena proyección en el futuro inmediato.

A principios de 2003 la Administración Espacial Nacional China (CNSA) dio a conocer sus intenciones de colocar una nave tripulada para ese mismo año, lo que provocó el asombro de las restantes potencias espaciales, inclusive la rusa, que había tenido un período de colaboración con China. Entre 1999 y 2002 la agencia espacial china había realizado cuatro lanzamientos no tripulados de naves llamadas Shenzhou (Nave Divina). A grandes rasgos, remitían por su forma y tamaño a las siempre vigentes naves rusas Soyuz. Si bien ambas naves tienen muchas similitudes, no son precisa-

02

mente iguales, pero demuestran el grado de implicancia que tuvo el intercambio entre China y Rusia en la década del ’90, cuando comenzó a gestarse el programa espacial tripulado chino.

El nacimiento de Shenzhou

En 1986 China había declarado sus intenciones de llegar al espacio por sus propios medios y de desarrollar una nave espacial tripulada. De acuerdo a sus posibilidades técnicas optó por una cápsula recuperable, propuesta por la Academia China de Tecnología Espacial (CAST). El proyecto tendría su aprobación en 1989 y el dictamen final para su construcción, en 1992. Para ese entonces China y Rusia habían iniciado una intensa colaboración en el ámbito espacial y, en ese marco, se decidió la construcción de las naves Shenzhou, lo cual permitiría ahorrar costos y tiempo.

Los técnicos chinos tuvieron acceso a los sistemas de soporte de vida utilizados por los cosmonautas rusos, como así también a sus protocolos de entrenamiento y de propulsión y guía de sus naves. En 1995 se firmó un acuerdo entre ambos gobiernos, durante una visita del presidente chino Jiang Zemin a Moscú. China pudo comprarle a Rusia motores criogénicos, trajes espaciales Sokol (utilizados en los lanzamientos) y Orlan (utilizados en las caminatas espaciales), y hasta una nave Soyuz (sin sistemas de navegación) como base para desarrollar sus propios

03

04

elementos para llegar al espacio.
De todos modos, a pesar de algunas similitudes, la resultante nave Shenzhou tendría mayor capacidad que la Soyuz, al aprovechar el poder superior de su cohete lanzador, el Larga Marcha CZ-2F. La Shenzhou está compuesta por tres segmentos bien diferenciados: el módulo orbital de forma cilíndrica; el módulo de descenso de forma acampanada donde se sitúan los astronautas, única parte recuperable; y el módulo de servicio donde se alojan los motores y los paneles solares. La longitud total de la nave es de 9,25 m, el diámetro es de 2,8 m, la capacidad es de 14 metros cúbicos y el peso de casi 8 toneladas.
La colaboración con Rusia sería más notoria en el módulo de descenso y en la torre de escape, montada en la cima del cohete Larga Marcha. A diferencia de las Soyuz, las Shenzhou llevan un bote inflable en caso de que terminen en el mar, aunque están destinadas a finalizar en tierra firme.

05

Los "Taikonautas"
En enero de 1998 China seleccionó a sus primeros catorce viajeros espaciales para pilotear la Shenzhou, todos oficiales activos de la Fuerza Aérea. Pero sus nombres permanecían en completo misterio.
Así como en el mundo se denominan astronautas a los estadounidenses y cosmonautas a los rusos (antes soviéticos), se buscó un término para los orientales. En mayo de ese mismo año el periodista chino residente en Malasia, Zhao Liyu, publicó la novedad del nuevo cuerpo de pilotos espaciales y acuñó la palabra taikonauta, en referencia a la palabra china *taikong* (espacio). Sin embargo, en China llaman a sus navegantes como *feichuanyuan*, que significa piloto espacial, aunque debido a la dificultad fonética gran parte del mundo occidental adoptó el término *Zhao*.
En los años siguientes (1999 a 2002) cuatro naves Shenzhou fueron lanzadas, sin tripulantes, para sendos vuelos de prueba en sus sistemas de vida y navegación. El éxito abrió la puerta para que el vuelo de la Shenzhou 5 sea el primero tripulado por un solo ocupante. El seleccionado esta vez tendría identidad: el Teniente Coronel Yang Liwei (los chinos anteponen el apellido al nombre), de 38 años de edad.

02 *Recuperación en el desierto de Gobi de la Shenzhou 5 y su piloto, Yang Liwei, el primer taikonauta de la historia en llegar al espacio.*

03 *Tripulación de la Shenzhou 9: Jing Haipeng, Lui Wang y Liu Yang, momentos antes de partir.*

04 y 05 *Una secuencia del lanzamiento del Cohete Larga Marcha correspondiente al vuelo de la Shenzhou 7, lanzada el 25 de septiembre de 2008.*

06

China accede al espacio

El 15 de octubre de 2003 a las 01:00 UTC (22:00 del 14 de octubre en Argentina) despegó el cohete Larga Marcha CZ-2F, que portaba la Shenzhou 5 con Yang Liwei, desde la plataforma de lanzamiento Jiuquan, ubicada en el desierto de Gobi, muy cerca de la frontera con Mongolia.

El lanzamiento resultó ser bastante movido durante los primeros segundos en los que el cohete atravesó una zona turbulenta. Años más tarde Yang declararía que tuvo un real temor de morir en ese instante, al tiempo que alguien desde el centro de control le decía: "Mirá cómo todavía estás vivo". Era evidente que el primer vuelo tripulado chino había experimentado un "efecto pogo"[1] durante los primeros segundos de vuelo, que luego se corrigió.

El primer mensaje que transmitió Yang Liwei desde el espacio fue "todo va bien", en referencia a los sistemas de la nave que el taikonauta controlaba permanentemente. El vuelo de la Shenzhou 5 duró poco más de 21 horas, con catorce vueltas alrededor de la Tierra a 335 km de altura, en promedio, y aterrizó en la misma región desde donde había despegado.

Si bien China había comenzado a escribir una nueva e interesante página en la historia de los vuelos tripulados, técnicamente Yang no había sido el primer hombre en el espacio nacido en China. Ese honor en realidad le correspondió a Taylor Gun Jin Wang, un científico nacido en Shangai, aunque luego nacionalizado estadounidense. Fue un investigador de la mecánica de fluidos en ingravidez en el Jet Propulsion Laboratory de la NASA, tarea que lo llevó a integrar la tripulación del transbordador Challenger STS-51B durante su misión científica en abril de 1985 (Spacelab 3). Wang representó a EE.UU., mientras que Yang representó a su país natal en una nave propia. China había logrado el acceso al espacio.

Un avance a los saltos

Los siguientes vuelos tripulados chinos no tuvieron una sucesión continua, pero esto se vería compensado por los grandes avances realizados en cada uno de ellos. A casi dos años del vuelo de Yang, el 12 de octubre de 2005 despegó la Shenzhou 6, esta vez con dos nuevos taikonautas, Fei Junlong (comandante) y Nie Haisheng (operador). El vuelo duró cinco días durante los cuales sus ocupantes se sacaron los trajes espaciales, muy similares a los Sokol rusos, para usar otras prendas más cómodas. Además, pudieron trasladarse al interior del módulo orbital, cosa que Yang no había hecho.

Durante la misión, Fei y Nie realizaron observaciones adicionales sobre la estructura de la nave, para detectar posibles cambios ante la exposición solar, y algunos experimentos científicos relacionados con el sistema circulatorio y óseo humano. Pero es sabido que, además, realizaron observaciones terrestres cuyos detalles quedaron bajo la esfera militar china.

Habría que esperar tres años más para volver a ver chinos en el espacio. El 25 de septiembre de 2008, la Shenzhou 7 trajo dos novedades: una tripulación de tres nuevos taikonautas, Zhai Zhigang (comandante), Liu Boming (operador 1) y Jung Haipeng (operador 2), y una caminata espacial prevista.

Una vez en órbita, Zhai y Liu fueron los encargados de salir al exterior. Pero quien realmente ejecutó la caminata espacial fue Zhai, con un traje de fabricación china denominado Feitjan (Ángel). Liu solo asomó el torso para asistir a su compañero, y utilizó un traje ruso Orlan-M. Por su parte, Jung monitoreó todo desde el interior de la Shenzhou. La actividad total duró apenas veinte minutos, y el vuelo solo duró tres días. Pero sin dudas habían avanzado otro peldaño en su trayectoria espacial.

El palacio celestial

En 2010 China inició la segunda fase de su camino espacial. Por un lado, oficializó el segundo grupo de taikonautas, compuesto por siete nuevos integrantes (cinco hombres y dos mujeres); y por otro, seguía adelante en el desarrollo de una estación espacial, la cual podría recibir a las próximas misiones Shenzhou.

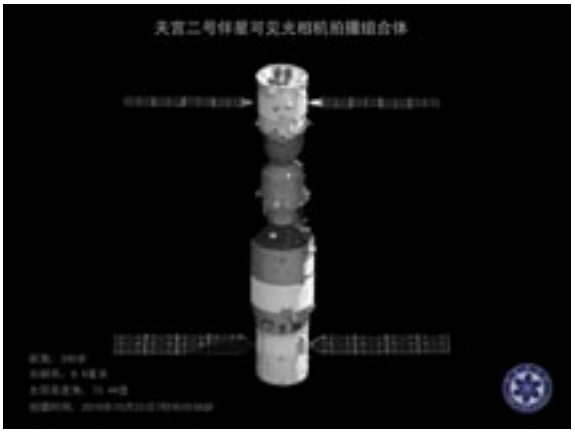
La primera estación espacial china se llamó Tiangong 1 (Palacio Celestial), un pequeño laboratorio espacial de 8,5 toneladas (como comparación, la Salyut 1, la primera

"Para el futuro inmediato China planea la puesta en órbita de una nueva estación con múltiples puertos de acople, similar a la rusa MIR, llamada Tianhe, cuyo lanzamiento está previsto para 2021, lo que afianzará definitivamente su presencia en el espacio."

estación espacial de la historia, tenía una masa de unas 20 toneladas), lanzado sin tripulación mediante un cohete Larga Marcha CZ-2F/G, desde el centro espacial de Jiuquan, el 29 de septiembre de 2011. Estaba formado por dos secciones, un módulo laboratorio y un módulo de servicio. El módulo laboratorio incluía la sección presurizada con un volumen de 15 m^3, dos pequeños camarotes para la tripulación y un equipo variado que incluía instrumentos para realizar ejercicios en órbita. El diámetro máximo de la nave era de 3,35 metros y su longitud de 9 metros (10,4 metros con el sistema de acoplamiento). Estaba dotado de un único puerto de atraque frontal de 0,8 metros de diámetro, con un sistema de acoplamiento andrógino similar al soviético, usado en las misiones del transbordador espacial norteamericano con la estación rusa Mir, en la década del '90.
La primera visita que recibió la estación espacial Tiangong 1 fue el 2 de noviembre de 2011. La nave no tripulada Shenzhou 8, lanzada dos días antes, llevaba dos maniquíes con trajes Sokol en su interior, y realizó un acople de pruebas automático. China se convirtió así en el segundo país (luego de la ex URSS) en ejecutar con éxito un acople de dos naves espaciales en forma remota. La maniobra había sido un éxito y la cápsula fue recuperada 17 días después, pero durante la misión se detectaron algunas fugas en el anillo de acople entre ambas naves. Esos problemas de hermeticidad motivaron un estudio detallado, que alimentó rumores acerca de que la siguiente misión también sería de pruebas. Sin embargo, contrariamente a lo imaginado, el 16 de junio de 2012 despegó, con alguna demora, la Shenzhou 9, que llevaba una tripulación de tres personas: Jing Haipeng (comandante), quien ya había volado en la Shenzhou 7 y se convirtió en el primer chino en regresar al espacio; Liu Wang (operador 1) y Liu Yang (operadora 2), la primera mujer china en volar al espacio.
La Shenzhou 9 se acopló a la Tiangong 1 el 18 de junio y sus ocupantes permanecieron diez días en su interior. Tras comprobar el funcionamiento de los sistemas de la estación, la tripulación se dedicó a llevar a cabo experimentos biomédicos. Jing Haipeng y Liu Wang durmieron en los dos camarotes de la Tiangong 1, mientras que Liu Yang lo hizo en el módulo orbital de la Shenzhou. Comprobaron además el sistema de comunicaciones y pudieron recibir y mandar correos electrónicos y SMS.
La segunda tripulación para la Tiangong 1 llegaría con la Shenzhou 10, lanzada el 11 de junio de 2013, otra vez con tres tripulantes: Nie Haisheng (comandante), veterano de la Shenzhou 6; Zhang Xiaoguang (operador 1) y Wang Yaping (operadora 2), la segunda mujer china en el espacio.
Luego de dos días de vuelo, la Shenzhou 10 se acopló sin problemas a la Tiangong 1, y durante los siguientes trece días los taikonautas condujeron experimentos médicos. En uno de esos días Wang Yaping transmitió en vivo por televisión una clase de física para sus alumnos.
La Tiangong 1 ya no volvería a tener visitas. En los años siguientes su órbita comenzaría a tornarse errática, hasta que finalmente reingresó en la atmósfera el 2 de abril de 2018 y sus restos cayeron sobre el océano Pacífico Sur.
Pero mucho antes de eso una nueva estación tomaría su lugar, la Tiangong 2, de tamaño y capacidad similar a su antecesora. Fue lanzada el 15 de septiembre de 2016, esta vez con el agregado del minisatélite Banxing 2, que orbitaría cerca de la Tiangong 2 para tomarle fotos con una cámara de 25 megapíxeles, acoplada con la nave Shenzhou 11, que llegaría al mes siguiente.
La Shenzhou 11 despegó el 16 de octubre de 2016, y llegó a la nueva estación Tiangong dos días después. Estaba tripulada por Jing Haipeng (comandante), el hasta ahora taikonauta más experimentado, veterano de las misiones Shenzhou 7 y 9, y el novato Chen Dong (operador). Esta tripulación completó treinta y dos días en el espacio y es, hasta la fecha, el último vuelo tripulado chino y el más largo.

07

08



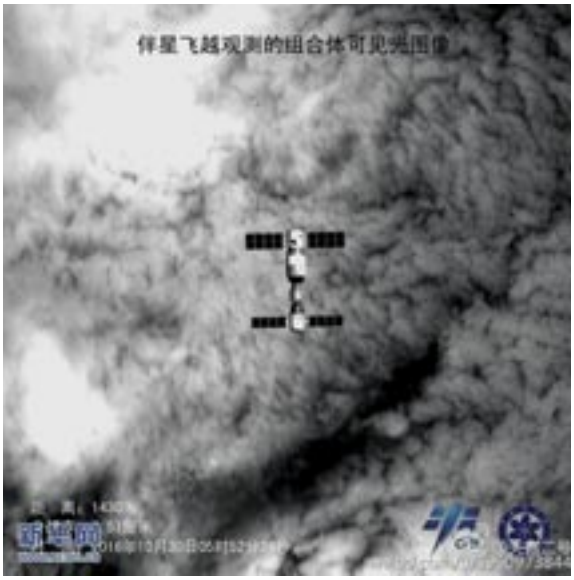
06 *La tripulación de la Shenzhou 9 en la Estación Espacial Tiangong 1, durante una transmisión por TV.*

07 *Tianhe, la estación espacial china del futuro, con los módulos previstos para 2021 y 2022*

Pero la historia no finaliza aquí, ya que el próximo paso será muy seguramente el de las estadías prolongadas. Esto puede confirmarse con la aparición de una nueva nave, la Thianzhou (Barco Celestial), no tripulada, destinada a llevar suministros a la estación Tiangong y trasvasarle combustible de forma similar a como lo hacen los cargueros Progress rusos en la actual Estación Espacial Internacional, y a llevar carga para los residentes. Con 9 metros de largo y 3,35 de diámetro cuenta con una capacidad de carga de casi 7 toneladas.
La Thianzhou 1 despegó el 21 de abril de 2017 con el cohete Larga Marcha CZ-2F/H, y luego de acoplarse a la Tiangong 2 le inyectó combustible para mantener el complejo en una órbita estable hasta el presente. La Thianzhou efectuó maniobras de desacople, vuelo en solitario, de aproximación y reacople hasta su regreso, el 22 de septiembre de 2017.

El futuro de China en el espacio
Sin dudas, el elemento más importante en esta corta pero intensa historia de vuelos tripulados chinos fue la nave Thianzhou, aunque no haya tenido gran cobertura mediática. Es sabido que para el futuro inmediato China planea la puesta en órbita de una nueva estación con múltiples puertos de acople, similar a la rusa MIR, llamada Tianhe (Armonía Celestial). La Thianzhou sería determinante a la hora de abastecer a tripulaciones de larga permanencia.
La Tianhe, cuyo lanzamiento está previsto para 2021,

09



10

tendrá capacidad para recibir naves tripuladas, cargueros y otros módulos logísticos previstos para 2022. Los módulos Mengtian (Sueño Celestial) y Wentian (Búsqueda Celestial) permitirán ampliar la capacidad de trabajo, vivienda e investigaciones científicas, y afianzarán definitivamente la presencia de China en el espacio.
Hasta ahora China no ha dado muestras de integración alguna a la Estación Espacial Internacional, o a futuros proyectos que se hagan dentro del marco de cooperación espacial que llevan EE.UU., Rusia, Japón, Canadá y Europa. Toda iniciativa espacial de China constituye un polo distinto al resto de las demás potencias espaciales, que podría motivar una nueva carrera espacial, especialmente si se activan los actuales planes para regresar a la Luna en el corto plazo. ■

08 y 09 *Vistas de la Shenzhou 11 acoplada a la Tiangong 2 desde el satélite Banxing 2.*

10 *Emblema de la Shenzhou 5, el primer vuelo tripulado chino, y algunos de los emblemas de las siguientes misiones tripuladas hasta la fecha.*

Nota
1 El efecto pogo es una oscilación violenta de los motores de un cohete, producto de una combustión inestable. Las vibraciones se suelen trasladar al resto del cohete. Los casos más conocidos fueron el del lanzamiento del Saturno V en el Apolo 6 y la segunda etapa del Apolo 13.

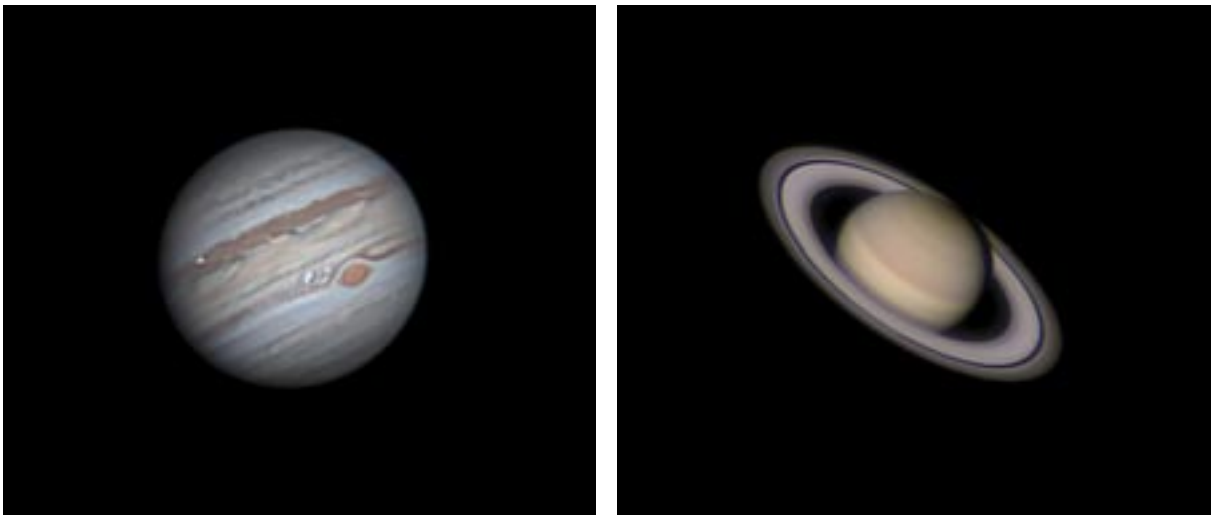
Oposición de Júpiter y Saturno

EL MES DE LOS GIGANTES

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

01

Mariano Ribas



01 *Júpiter y Saturno durante sus oposiciones de 2019.*

Desde hace algunos meses, Júpiter y Saturno no solo resultan fácilmente visibles, sino que, además, aparecen muy cerca uno del otro en el cielo. En ambos casos, durante el mes de julio tuvo lugar lo que llamamos la oposición: el momento en este año en el que la Tierra más se acerca a ellos. Eso significa que tenemos las mejores oportunidades para observarlos durante toda la noche, tanto a simple vista como por telescopios. Por su parte, también Marte "se nos está acercando", y para octubre se espera otra buena oposición, con características levemente diferentes a las de los planetas gigantes.

Por estar más lejos del Sol que la Tierra, consideramos planetas exteriores a Marte, Júpiter y Saturno, ya que sus órbitas son exteriores a la órbita de la Tierra. En esta categoría están también Urano y Neptuno, pero no hablaremos aquí de ellos porque no se ven a simple vista.

Desde la Tierra, las órbitas de estos planetas se dibujan como círculos en el cielo, muy cerca de la eclíptica, es decir, el camino aparente anual del Sol. Su observación es similar en lo que respecta a sus posiciones en el cielo, pero diferente para sus períodos, brillos y colores.

Júpiter, por ser el planeta más grande del sistema solar (143.000 km de diámetro), es el más notable, solo superado en brillo por Venus. La magnitud de Júpiter varía según la distancia a nuestro planeta (entre 600 y 950 millones de km), pero siempre será mayor que la de la estrella Sirio (la más brillante del cielo nocturno), y presenta un color blanquecino intenso. Con solo elevar la mirada al cielo, si allí está Júpiter, nos llamará mucho la atención.

Saturno, por su parte, es muy fácil de confundir con una estrella amarillenta de primera magnitud. También es un planeta gigante (120.000 km de diámetro), pero está al doble de distancia que Júpiter.

Un planeta exterior se encuentra en oposición cuando se produce una alineación Sol-Tierra-planeta. Esa alineación de ninguna manera es perfecta debido a las pequeñas diferencias de inclinación entre los planos orbitales de cada planeta. 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 (recostado hacia el norte, si estamos en el hemisferio sur) 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 1), por lo que las condiciones para su observación son las mejores: se verá más brillante en el cielo y más grande a través de telescopios. Solo pueden producirse oposiciones con los planetas más alejados del Sol que la Tierra.

Este año, la oposición de Júpiter se dio el 14 de julio, y la de Saturno pocos días después, el 20 del mismo mes. Es por eso que en el cielo los vemos tan cerca, aparentemente, uno de otro. Es una cuestión de posición y de perspectiva, ya que, en realidad, Saturno está mucho más

GRÁFICO 1

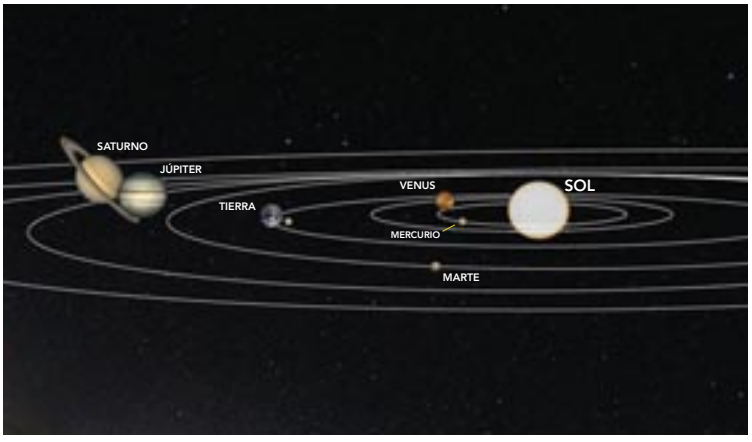
Oposiciones de Júpiter y Saturno.
Imaginemos que estos dos planetas están quietos y que solo la Tierra se mueve. Una vez por año, la Tierra pasa por la posición A. En este caso, habrá una alineación con Júpiter y Saturno y la distancia entre esos planetas y la Tierra será la mínima posible. Si todo este proceso dependiera solamente del movimiento de la Tierra, al año siguiente volvería a producirse una oposición el mismo día. Pero los planetas exteriores también se mueven, por lo que el tiempo que lleve repetir una oposición dependerá de la velocidad a la que se mueva alrededor del Sol cada uno de ellos. Así, si la Tierra se encuentra en oposición con Júpiter este 14 de julio, y con Saturno el 20 de julio, al año siguiente, cuando nuestro planeta vuelva a la misma posición (A), Júpiter se habrá corrido una 12ava parte en su órbita (B), ya que da una vuelta alrededor del Sol en 12 años terrestres, y la oposición se producirá más adelante, un año y un mes después que la anterior. En el caso de Saturno, habrá recorrido una 30ava parte de su órbita (C), ya que da la vuelta alrededor del Sol en 30 años terrestres, y la siguiente oposición se repetirá un año y 13 días después que la anterior.

lejos; pero vistos desde la Tierra, están hacia la misma dirección (gráfico 2).

Cerca, muy cerca

A comienzos de este año, cuando los veíamos salir de madrugada, la distancia aparente que los separaba era de 11°. Pero con el paso de los meses, se han ido "acercando". Como Júpiter está más cerca que Saturno, viaja más rápido y lo está "alcanzando". En los días cercanos a las oposiciones de ambos, están separados por unos 6°. Pero luego, por un efecto también aparente llamado movimiento retrógrado, que se da entre unos meses antes y después de cada oposición[1], se alejarán un poco más, unos 8° para septiembre. Más adelante volverán a acercarse, y para fin de año estarán tan cerca uno de otro que habrá un día en el que costará ver a Saturno, posiblemente, oculto tras el resplandor de Júpiter; o quizás se vean casi "pegados".

La distancia que los separará el 21 de diciembre será de apenas 6 minutos de arco[2]; eso quiere decir, una distancia cinco veces menor que el diámetro aparente de la Luna en el cielo. Eso hará también que, si apuntamos allí un telescopio, veamos los dos planetas a la vez en el mismo campo de visión del ocular, incluso, con bastante aumento (ver imagen 02). Así podrán verse también unos días antes y unos días después del máximo acercamiento. La dificultad será que, dado que ya habrán pasado varios meses después de la oposición, habrá que observarlos hacia el oeste, relativamente bajos, a unos 20° sobre el horizonte, cuando el Sol se esté ocultando. Por eso, será bueno prepararse unos días antes y buscar una terraza o un sitio de observación que tenga el horizonte hacia ese lado bastante despejado de obstáculos, como árboles, edificios, etc. La escasa altura también conspirará contra la nitidez de las imágenes, ya que mientras más bajo estamos observando, más turbulencia atmosférica habrá. De todas maneras, será uno de los espectáculos del cielo imperdibles para este año, justo una semana después del gran eclipse total de Sol del 14 de diciembre.



Y también Marte

El caso del brillo de Marte es muy curioso porque varía muchísimo. Cuando se encuentra más lejos (supera los 370 millones de km), apenas brilla como una estrella de segunda magnitud, y hasta cuesta encontrarlo en una gran ciudad, muchas veces,

GRÁFICO 2

Las órbitas de los planetas están en planos parecidos. Aquí vemos por qué, este año, Júpiter y Saturno se observan hacia la misma dirección en el cielo, vistos desde la Tierra.

02 *Representación de la vista, a través de un telescopio, de Júpiter y Saturno en la conjunción del 21 de diciembre de 2020. Los puntos amarillos marcan las posiciones de los satélites de Júpiter (a las 20:30 de hora argentina); los naranjas, los satélites de Saturno, y los blancos son estrellas de fondo.*

perdido entre las luces del crepúsculo. En esto influye también su tamaño (6780 km de diámetro), cerca de la mitad del de la Tierra. Pero a medida que se va acercando, como ocurre en estos meses de mediados de 2020, su brillo va aumentando notablemente.

Como Marte está mucho más cerca de la Tierra que Júpiter y Saturno, la explicación se complica un poco. Marte da una vuelta alrededor del Sol en 687 días terrestres (23 meses), pero las oposiciones entre la Tierra y Marte se repiten cada 26 meses. Dada su distancia a la Tierra y el brillo que alcanza Marte, sus oposiciones son todas diferentes, y algunas son más favorables que otras.

Resulta que la órbita de Marte es una de las más elípticas, y a su vez, más descentrada con respecto a la de la Tierra. Eso hace que, en algunas oposiciones, Marte se acerque a una distancia mínima de 54,6 millones de km de la Tierra, cuando está cerca de su punto más próximo al Sol (perihelio). Pero en otras oposiciones, la distancia mínima será casi el doble, de 101 millones de km, cuando está cerca de su punto más alejado del Sol (afelio). Por eso, en algunas oposiciones Marte brilla muchísimo más que en otras. En las mejores llega a una magnitud de -2,9 y alcanza o supera en brillo a Júpiter, mientras que en las peores llega solo a una magnitud de -1,1, muy similar a la de la estrella Sirio.

La última fue una oposición "cercana" con Marte en perihelio. La distancia que nos separó del planeta rojo en aquella oportunidad fue de 58 millones de km, el 27 de julio de 2018.

El 13 de octubre de 2020 tendremos nuevamente una oposición de Marte y la distancia que nos separará, igualmente, no será nada despreciable: unos 63 millones de km. Pero de aquí en más, las siguientes oposiciones de Marte serán cuesta abajo en la rodada hasta 2035.

"Un planeta se encuentra en oposición cuando se produce una alineación Sol/Tierra/planeta. 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."

Por la eclíptica

Si queremos encontrar planetas en el cielo, los tenemos que buscar por la eclíptica, es decir, entre el E y el O y recostados hacia el norte, si los observamos desde el hemisferio sur, y siempre entre alguna de las 13 constelaciones zodiacales. Es un recorrido similar también al que hace la Luna a lo largo del mes, aunque en el caso de los planetas, cada uno lo hace en períodos de tiempo diferentes porque cada uno gira alrededor del Sol a velocidades diferentes.

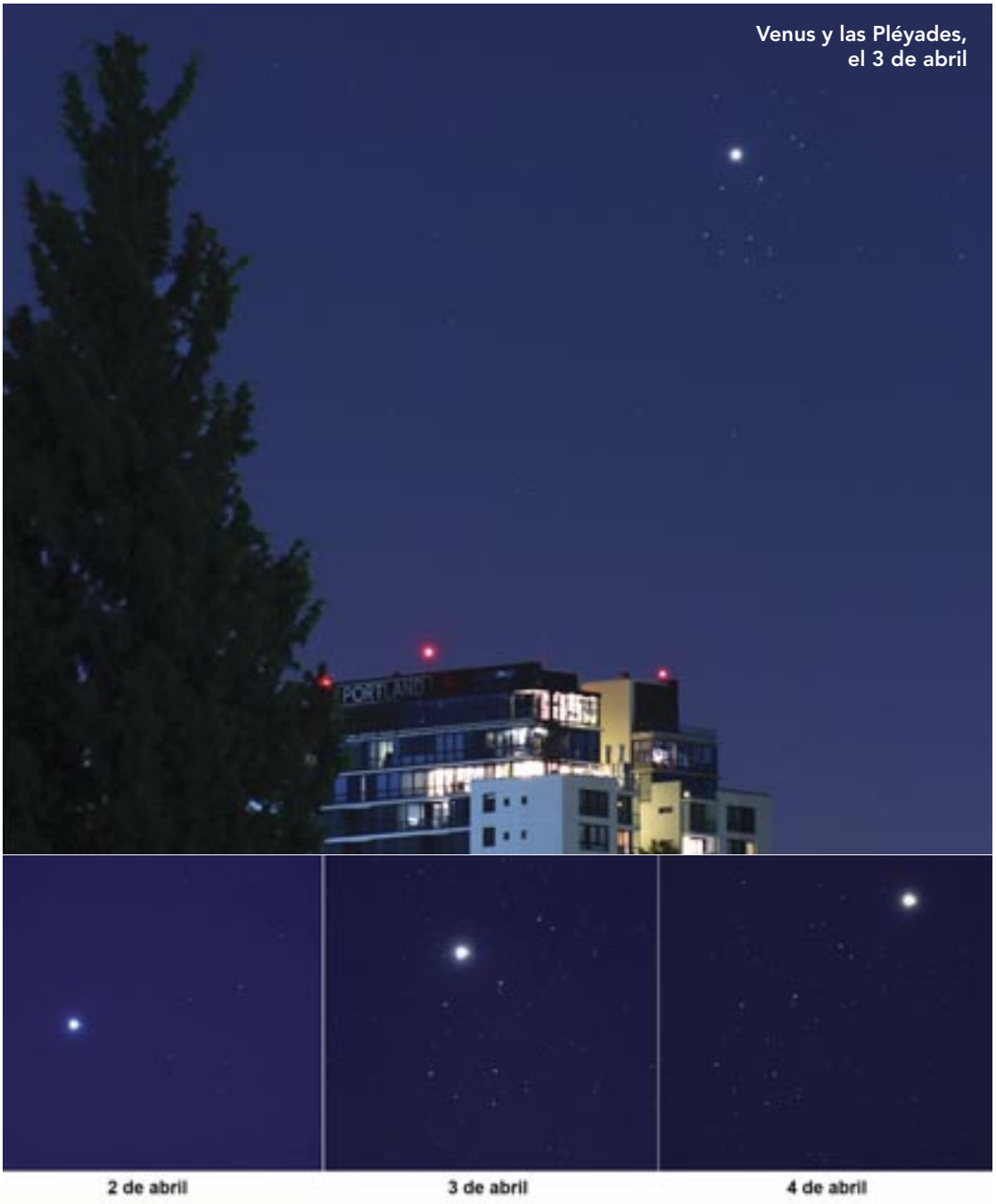
Comúnmente, dibujamos el sistema solar de frente, como si lo miráramos desde arriba o desde abajo. Allí se pueden trazar fácilmente las órbitas de los planetas. Pero si lo hacemos de perfil, notaremos que todas las órbitas están en planos similares; eso explica por qué siempre los vemos moverse cerca de la eclíptica y por las constelaciones zodiacales, y por qué algunas veces parecen estar en la misma dirección, como es el caso de Júpiter y Saturno este año. A estos paisajes celestes los llamamos conjunciones, y si bien son simples fenómenos aparentes de perspectivas, algunas veces representan vistas del cielo sumamente destacadas. ■

Pléyades y Venus

Hermano adoptivo

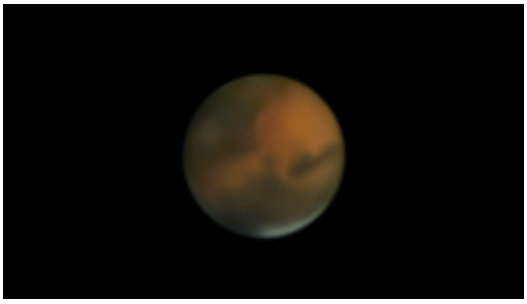
La traslación de la Tierra alrededor del Sol hace que, desde aquí, aparentemente el Sol recorra un círculo en el cielo a lo largo del año, llamado eclíptica, marcado por las 13 constelaciones que consideramos zodiacales. Una de ellas es Tauro y allí están las Pléyades, ese grupito de estrellas en las que, quienes tienen buena vista, llegan a contar hasta siete, pero en realidad son más de 500. Las Pléyades, según la mitología clásica, son siete hermanas, hijas del titán Atlas y la ninfa Pleyone.
Como los planetas orbitan al Sol en planos similares, desde la Tierra los vemos a todos también por la eclíptica, o muy cerca de ella.
Si bien las Pléyades no están exactamente "apoyadas" en la eclíptica, están muy cerca, y eso hace que cada tanto reciban la visita de algún planeta. Este otoño fue el caso de Venus que durante tres días, entre el 2 y el 4 de abril, lo vimos pasar por delante del cúmulo de estrellas más famoso del cielo.

Mariano Ribas



Venus y las Pléyades, el 3 de abril

Mariano Ribas



PRÓXIMAS OPOSICIONES DE LOS PLANETAS EXTERIORES

Júpiter	14/07/2020 (siguiente: 20/08/2021)
Saturno	20/07/2020 (siguiente: 02/08/2021)
Neptuno	11/09/2020 (siguiente: 14/09/2021)
Marte	13/10/2020 (siguiente: 08/12/2022)
Urano	31/10/2020 (siguiente: 04/11/2021)

CÚMULOS ABIERTOS

Foto de la página 5.

NGC 3532. El pozo de los deseos.

La extraordinaria imagen de la página 5 inspiró a nuestros editores a buscar más información; fue la excusa para publicar el artículo que sigue acerca de los cúmulos abiertos y para pedir más imágenes, todas impresionantes, de estos excelentes objetos que todos los aficionados pueden disfrutar. Allí podemos ver el cúmulo abierto NGC 3532, llamado también El pozo de los deseos, que se encuentra en la constelación de Carina. En la página 24 podemos encontrar su localización exacta, entre la Cruz del Sur (abajo) y la brillante estrella Canopus (arriba), en una región austral muy rica en objetos de cielo profundo: fundamentalmente, cúmulos abiertos y la Gran Nebulosa de Carina, la mancha rosada muy cercana a NGC 3532.

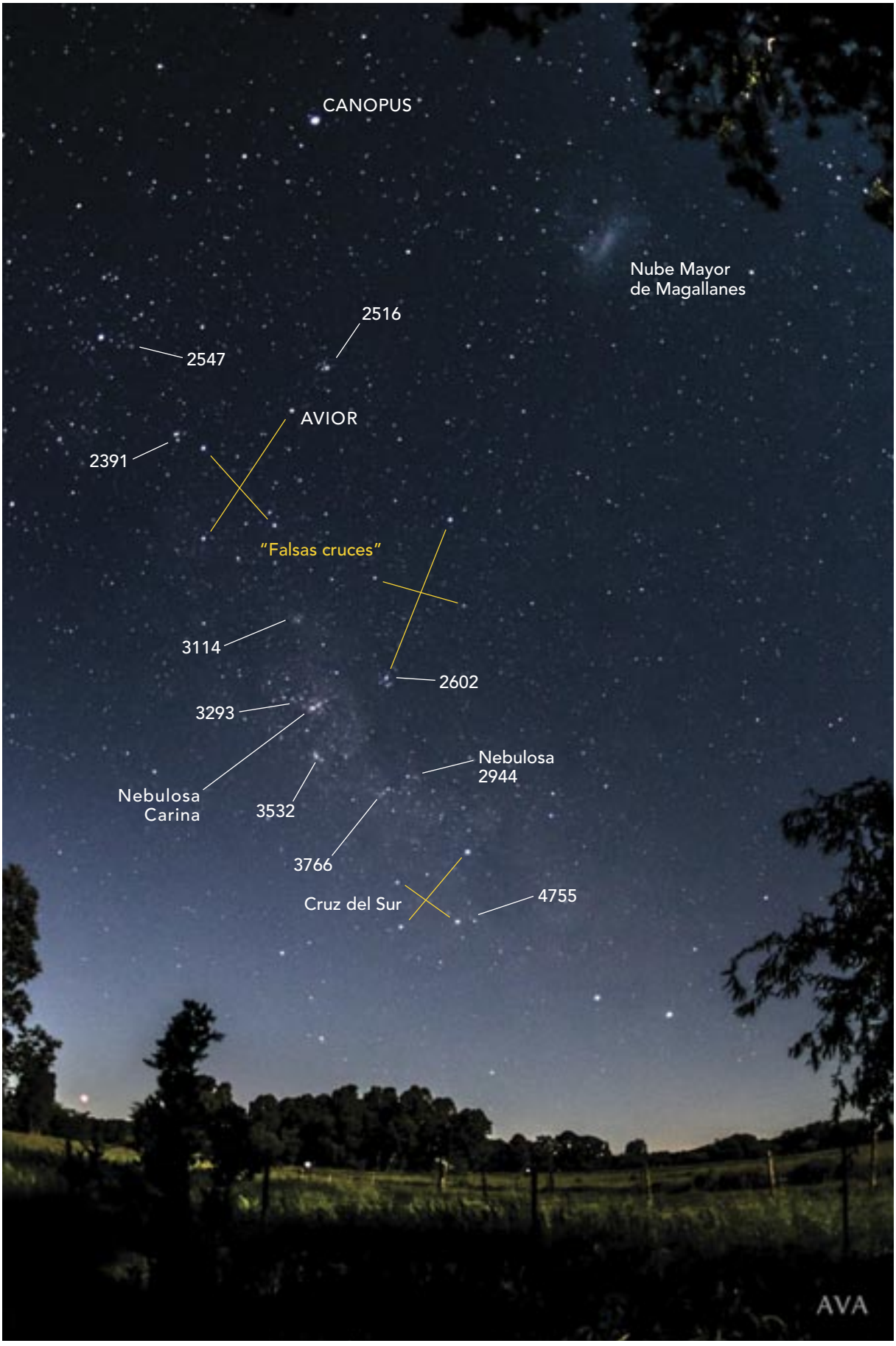
Según su categoría, NGC 3532 es un cúmulo abierto de clase "f", muy rico en cantidad de estrellas y muy concentrado. Contiene casi 400 estrellas, unas 150 de magnitud 7 a 12, lo que genera que, complementados sus brillos, el objeto parezca de una magnitud 3, es decir, detectable a simple vista (desde lugares relativamente oscuros o ciudades no muy grandes), y proporciona una vista increíble para observar con binoculares y cualquier telescopio con poco aumento. Además, el cúmulo contiene una gran cantidad de estrellas naranjas, amarillas, blancas y azules. Nuestra imagen cubre un área un poco más grande que la que abarca la Luna en el cielo.

La colaboración en esta foto se dio de la siguiente manera: Omar es un experimentado astrofotógrafo con su observatorio en la localidad de Caseros, provincia de Buenos Aires, y desde allí realizó la crominancia, la parte de una imagen o video que transporta la información del color, independientemente de la información de su luminosidad. Mientras, Aldo, desde Rosario, Santa Fe, hizo la luminancia, es decir, la densidad del flujo luminoso del objeto de la imagen. Ambos apuntaron el mismo cúmulo al mismo tiempo, como si estuvieran trabajando uno al lado del otro, y luego unieron y procesaron las imágenes como si fuera una sola para lograr el producto final.

Omar Mangini y Aldo Mottino

01

Andrea Anfossi



Cúmulos abiertos

COMO EN LA CALLE LIBERTAD*

Autores: *Walter Germaná y Diego Luis Hernández, Planetario de la Ciudad de Buenos Aires Galileo Galilei.*

Los cúmulos estelares abiertos son joyas para los observadores. Representan el eslabón siguiente en la evolución de las nebulosas que forman estrellas y constituyen verdaderos laboratorios celestes que permiten a los astrónomos aprender más acerca de la evolución estelar.

02

Mariano Ribas

Cuando observamos conjuntos de decenas, cientos o miles de estrellas, hablamos de cúmulos estelares. Los cúmulos estelares abiertos constituyen uno de los campos más destacados de la astronomía observacional. Muchos se ven fácilmente a simple vista desde lugares oscuros y son un espectáculo extraordinario a través de binoculares y pequeños telescopios de aficionados. Algunos, como las Pléyades y las Híades, en la constelación de Tauro, se pueden apreciar incluso en las grandes ciudades, ya que sus componentes conforman grupos dispersos, brillantes y extendidos en el cielo.

Debido al número de miembros y a su distribución en el espacio, el aspecto de un cúmulo abierto varía, aunque eso no determina su tamaño, que generalmente alcanza algunas decenas de años luz de extensión. Muchas de estas agrupaciones están formadas por unas pocas es-

sigue en pág. 28

01 ***Región entre Canopus y la Cruz del Sur.***
Como en la calle Libertad, en pleno centro porteño, esta región austral del cielo está plagada de joyas, objetos de alto interés tanto desde el punto de vista observacional como astrofísico, ya que contiene varias nebulosas y una gran cantidad de cúmulos abiertos. Canopus es la segunda estrella más brillante del cielo y la más brillante de la constelación de Carina (la Quilla del Navío Argo), y en la imagen aparece bien alta. La Cruz del Sur está muy cerca del horizonte, siempre acompañada por Alfa y Beta Centauri. En el medio se dibujan las "Falsas Cruces", partes de las constelaciones de Carina y la Vela, y muy cerca está la mayoría de los cúmulos que acompañan estas páginas, fácilmente visibles en cielos oscuros como el de Yamay, en la localidad bonaerense de Pardo, donde fue obtenida esta foto.

02 ***Región entre la Cruz del Sur y la Gran Nebulosa de Carina.***
Una aproximación a la región comprendida entre la Cruz del Sur y la Gran Nebulosa de Carina (la mancha rosada más grande, a la derecha), permite descubrir con mayor nitidez todo el rico material de formación estelar de la zona. La imagen incluye también otra nebulosa, IC 2944 o Running Chicken (la otra mancha rosada, en el centro de la foto), en la constelación del Centauro, muy cerca de la Cruz del Sur, y gran cantidad de cúmulos abiertos, varios de ellos incluidos en estas páginas.

03

Omar Mangini

03 ***IC 2602, las Pléyades del Sur.***
Unas 60 estrellas azules, calientes y jóvenes, de unas decenas de millones de años de edad, a 480 años luz de nosotros, forman este hermoso cúmulo abierto, también, en la constelación de Carina, visible fácilmente a simple vista. Su estrella más brillante es Theta Carinae (de magnitud 2,7), en la punta de una de las "Falsas Cruces". Conocido como las Pléyades del Sur por su semejanza con el cúmulo abierto más famoso, aunque es un poco más pequeño en el cielo, también es todo un espectáculo a través de binoculares. Muy cerca, en el borde derecho de la imagen, hay otro cúmulo, Mel 101, mucho más pálido y lejano.

04

Ezequiel Bellocchio

04 ***NGC 3572.***
Otro cúmulo abierto en la rica región de la constelación de Carina, con estrellas que están saliendo de la nebulosa que les dio origen. Se observa el gas que rodea al cúmulo, que brilla producto de la excitación que le provoca la acción de la radiación de las estrellas jóvenes, energéticas y calientes, y polvo oscuro esculpido y erosionado por los vientos estelares, lo que le da esa caprichosa forma, todo en unos 100 años luz de extensión. Dentro de algunos millones de años ya no quedará gas: se habrá dispersado e incorporado a las estrellas cercanas. Así son los lugares donde se originan las estrellas.

05

Ezequiel Bellocchio

05 ***NGC 3293, las Gemas.***
Este hermoso cúmulo, cercano a la Gran Nebulosa de Carina, se observa más pequeño y compacto, en comparación con sus gigantes vecinos. Sus estrellas aparecen por delante de una nube de gas y polvo, restos de la nebulosa que le diera origen al cúmulo hace menos de 10 millones de años, lo que indica que la mayoría se ha formado en los mismos tiempos y procesos. Posee más de 50 estrellas en un pequeño campo de 10 minutos de arco (un tercio del tamaño aparente de la Luna), con varias supergigantes azules de magnitud 6 a 7, y una supergigante roja pulsante y más evolucionada, de brillo similar.

06

Sergio Eguivar

06 ***NGC 3766.***
Se encuentra en la constelación del Centauro, muy cerca de la Cruz del Sur, con una magnitud de 5,3, en el límite de lo observable a simple vista y al alcance fácilmente de binoculares. Posee una gran cantidad de estrellas variables con períodos menores a un día. También es conocido como el Cúmulo de la Perla (y aquí es cuando se nos ocurrió el título de este artículo, incluso habiendo dejado de lado el cúmulo abierto NGC 4755, alias, el Joyero, por ser demasiado famoso y haber salido en nuestra revista ya varias veces).

07

Mariano Ribas

07 ***NGC 2516.***
Se observa a simple vista desde el campo y con binoculares desde una gran ciudad. Aparece muy cerca de la estrella Avior, en la "Falsa Cruz", como si lo estuviera apuntando, también en la constelación de Carina. Contiene más de 100 estrellas de unos 150 millones de años de edad. Algunos lo llaman el Pesebre del Sur, por su similitud con el cúmulo M 44, en la constelación de Cancer.

trellas, de apariencia dispersa, mientras que otras, con un mayor número de componentes, aparecen más compactas. La forma de estas estructuras es irregular, con mayor o menor concentración central de estrellas debido a la acción de la fuerza de gravedad que las mantiene unidas en un sector concreto del espacio.

Hay miles de cúmulos abiertos conocidos en nuestra Vía Láctea y se calcula que podrían existir unos 100.000; la mayoría está ubicada sobre el plano principal de la galaxia, en los brazos espirales, ya que en esas regiones se concentra la mayor cantidad de la materia prima que les da origen: gas, principalmente hidrógeno, y granos sólidos de polvo, a partir de los cuales se amalgama el gas que dará a luz nuevas generaciones de estrellas. Esos materiales se concentran en las nebulosas y son fundamentales para el nacimiento de nuevas estrellas. Las estrellas nacen en esas gigantescas nubes de gas y polvo que llamamos nebulosas. Cuando vemos un cúmulo abierto estamos observando estrellas "jóvenes o de mediana edad", que tienen desde unos pocos millones de años hasta algunos cientos de millones de años, y que han nacido en una de esas nebulosas. Los cúmulos estelares abiertos son el eslabón siguiente en la evolución de las nebulosas que forman estrellas y representan verdaderos laboratorios celestes que permiten a los astrónomos aprender más acerca de la evolución estelar.

Algunas imágenes de los cúmulos abiertos muestran que aún queda, alrededor de las estrellas "recién nacidas", mucho de ese material: trazas de gas que provienen de la nebulosa que les diera origen. Al nacer de la misma materia, los miembros de un cúmulo tienen una composición química y una edad similar.

Tras su formación, las estrellas desarrollan importantes vínculos gravitatorios con sus vecinas (o "parientes", ya que han nacido de una misma nebulosa) y conviven durante largas etapas iniciales. Pero con el tiempo tienden a alejarse para seguir cada una su propio camino, aunque algunas se mantienen unidas de a 2, de a 3 y hasta de a 6 componentes, conformando sistemas estelares independientes. La gravedad puede mantener complejas interacciones entre las estrellas de un sistema[1], pero cuando el número de miembros sobrepasa los 6 o 7, el sistema se torna inestable y es altamente probable que se sostenga poco tiempo, en términos astronómicos.

La vida de algunos cúmulos abiertos es corta, de unas decenas de millones de años, aunque en muchos casos puede durar algunos cientos o miles de millones de años. Con el correr de sus extensas vidas, las estrellas que los conforman comienzan a abandonar el "nido", ya sea por irregularidades gravitatorias internas o por la interacción con campos externos de marea gravitatoria. De esta forma, van quedando estrellas desperdigadas a lo largo de la órbita del cúmulo alrededor del núcleo de la galaxia. Se van desarmando, hasta finalmente perder entidad como agrupación.

Nuestro Sol vivió también esos procesos iniciales: nació de una nebulosa y muy probablemente formó parte de un cúmulo abierto. Debió haber tenido "parientes" cer-

08

Ezequiel Bellocchio

08 ***NGC 2547.***
Este cúmulo que se encuentra en la constelación de la Vela se puede observar también fácilmente con binoculares y, desde lugares oscuros, a simple vista. Tiene una edad de unos 30 millones de años y aún arrastra un poco de gas y polvo de la nebulosa original. La estrella más brillante de la imagen, marcada con el círculo mayor, es la muy masiva HD 68478 (según el catálogo Henry Draper), posee una magnitud visual de 6,5 y, según observaciones en infrarrojo, podría mostrar síntomas de pérdida de masa reciente debido a que está envuelta en una cubierta de gases, algo típico de este tipo de estrellas muy luminosas y calientes. Además, de fondo pueden encontrarse algunas galaxias muy lejanas, como la espiral PGC 22851, marcada en el círculo menor.

canos también (muchos de los cuales podrían ser hoy estrellas cercanas), e irregularidades gravitatorias debieron haber hecho que siguiera un camino solitario.
Ahora, los invitamos a disfrutar de estas imágenes espectaculares de algunos cúmulos abiertos, pero especialmente a intentar encontrarlos en el cielo, con la ayuda de la foto de la página 24, a simple vista desde el campo o con binoculares desde las ciudades. ■

09

Alejandro Antognoni

09 ***Bonus track: M 7, el Cúmulo de Ptolomeo.***
En otro sector del cielo, en la constelación de Escorpio, se encuentra uno de los cúmulos más famosos y preferidos de los aficionados: M 7, llamado también el Cúmulo de Ptolomeo, quien lo describió como una pequeña nube hace casi dos mil años. Se observa también a simple vista incluso desde las ciudades, muy cerca del "aguijón" del escorpión, y es rico en cantidad de estrellas, concentrado y compacto. Contiene unas 100 estrellas, la mayoría azules y de una edad de 200 millones de años, y se encuentra a casi 1000 años luz de distancia. En la imagen aparecen también algunas nubes oscuras, densas y frías, que no están relacionadas físicamente con el cúmulo, al igual que la enorme cantidad de estrellas de fondo, en dirección cercana a la del centro galáctico.

10

Carlos Di Nallo

10 ***NGC 1980 y 1981.***

Sí, muy linda la Nebulosa de Orión, pero lo que aquí nos interesa son esos grupitos de estrellas dispersas que aparecen a la izquierda y a la derecha de la imagen. Para encontrarlos fácilmente con unos simples binoculares tenemos que observar las Tres Marías en la constelación de Orión, y elevar un poco más la mirada hasta esas tres "pequeñas" estrellas que están por encima, vistas desde nuestro hemisferio sur, que algunos llaman "el puñal". En el medio se encuentra la famosa nebulosa; apenas arriba, el cúmulo NGC 1980; y abajo, NGC 1981.

NGC 1980 (en la imagen, a la derecha) contiene unas 20 estrellas. La más brillante es Iota Orionis, una gigante azul de una magnitud visual de 2,7, visible incluso desde las grandes ciudades. El cúmulo se encuentra a una distancia de 1500 años luz de nosotros y no está asociado directamente con la nebulosa, sino que se encuentra un poco más alejado.

En la misma imagen, a la izquierda de la nebulosa está el cúmulo NGC 1981, más grande y disperso. Contiene unas 20 a 30 estrellas, a 1300 años luz de distancia, asociadas a la nebulosa del Fantasma o del Corredor (más conocida actualmente como el "Runner"), esa "pequeña" nube azul entre la gran Nebulosa y nuestro cúmulo abierto. La alta temperatura de las estrellas azules de NGC 1981 es la responsable de la luz reflejada por esta nebulosa de reflexión.

Notas

* La calle Libertad, en el centro de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, es conocida por la gran cantidad de joyerías que allí se agrupan.

1 Un **sistema estelar** es una interacción estable entre estrellas, en las que existe una clara organización jerárquica y órbitas concretas entre miembros más y menos masivos en torno a un centro de masa común. Es diferente a un **cúmulo estelar**, donde un número mucho mayor de estrellas interactúa también en torno a un centro de masa, pero con interacciones más laxas.

Placas espectrográficas

RECUPERANDO NUESTRO PASADO ASTRONÓMICO

Autora: *Lic. Natalia Meilán, coordinadora del proyecto ReTrOH, FCAG de la UNLP y divulgadora del Planetario de la Ciudad de Buenos Aires Galileo Galilei.*

Integrantes de la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de La Plata comenzaron un trabajo con el objetivo de recuperar observaciones históricas, almacenadas a lo largo del siglo pasado, para poner en valor conocimientos e información escondidos en los antiguos datos astronómicos.

Intentemos imaginar un mundo de efervescentes descubrimientos científicos en donde algo tan cotidiano como la luz eléctrica no era un servicio básico. ¿Cómo puede la ciencia estar a la vanguardia prescindiendo de un bien tan esencial? Lo que para nosotros hoy en día es rutina, hace no tantos años representaba un gran desafío.

Y para la astronomía no fue diferente. El instrumental utilizado, la toma de datos, el almacenamiento y análisis de información, necesitaban de ingeniosos procesos, métodos e instrumentos.

Entonces… ¿qué paso con toda esa información de antaño? ¿Dónde se encuentran esos curiosos instrumentos? Muchos todavía están allí. Algunos están almacenados en museos y otros, si bien son funcionales, se encuentran en desuso en un rincón en antiguos establecimientos. Los dispositivos analógicos de almacenamiento de datos todavía contienen la misma valiosa información, sin embargo, no pueden competir con instrumentos y datos que nacieron

01

embebidos de la tecnología que caracteriza nuestros tiempos. ¿Por qué no? Porque no son compatibles con el instrumental actual o su información no es fácil de extraer para utilizarla; y por eso quedan obsoletos, olvidados.

Sobre estos objetos está impreso el esfuerzo de antiguos científicos, la esperanza de nuevos descubrimientos, la implacable búsqueda del conocimiento. Estos objetos cuentan anécdotas, hablan de tiempos diferentes, representan un fragmento de la vida de investigadores que construyeron las bases de los conocimientos que hoy en día son esenciales para generar otros nuevos. Pero además, cuentan la historia de los objetos astronómicos… ¡describen el pasado del cosmos!

Nos hablan acerca de estrellas y su evolución. Registran cambios en su luminosidad, en su temperatura y en sus tamaños. Nos relatan eventos aislados, como las impredecibles explosiones de supernovas. Nos dan medida de la gran velocidad a la que las distantes estrellas se mueven, imperceptible para nosotros en registros de corto plazo. Nos muestran cometas que transitaron nuestro sistema solar, para luego seguir viaje y perderse en el os-

02

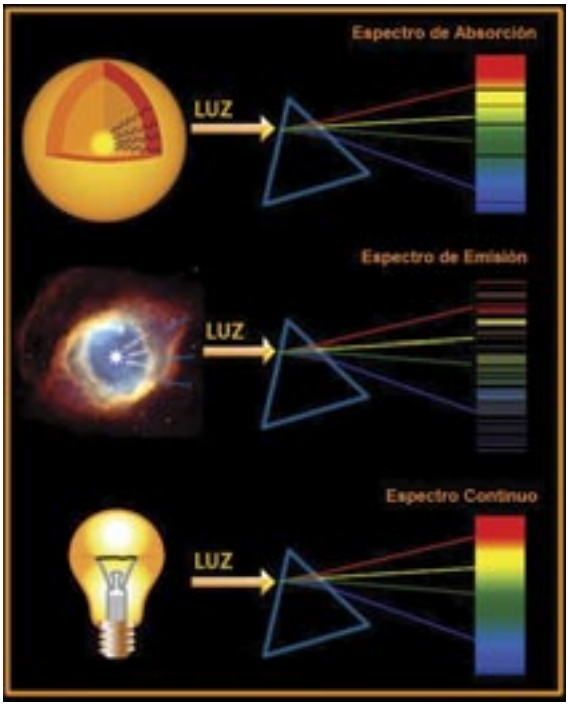
01 *El telescopio astrográfico de la FCAG de la UNLP llegó en 1890 y estuvo en uso por más de 80 años. Con él se obtuvieron gran cantidad de placas fotográficas de asteroides y cometas del cielo del hemisferio sur, para aquel entonces muy poco fotografiado.*

02 *Dark Side of the Moon (El Lado Oscuro de la Luna), el excelente disco de la legendaria banda Pink Floyd, rinde homenaje al curioso fenómeno de la dispersión de la luz provocada por un prisma.*

curo y frío espacio interestelar.
¡Necesitamos recuperar esa valiosa información! Es por eso que en 2019 la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas (FCAG) de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) comenzó con el proyecto de Recuperación del Trabajo Observacional Histórico (ReTrOH), del cual participamos un grupo de astrónomos, astrónomas y museólogas de la institución. De esta forma dimos comienzo a esta ardua e intrigante tarea para poner en valor aquellos conocimientos escondidos en los antiguos datos astronómicos.

¿Espectrosco… qué?
Hay muchas formas de obtener información, y en astronomía nuestra preferida es analizando la luz de los astros, la que se ve y la que no. Existe mucha "luz" que nuestros ojos no pueden captar; de hecho la cantidad que podemos ver es muy limitada. Es una pequeña porción del **espectro electromagnético** llamado rango visual. Los astros, además de la luz visible, son capaces de generar todo tipo de radiación.
La radiación electromagnética se puede definir como ondas que se propagan transportando energía. Las ondas se caracterizan por diferentes parámetros que las hacen únicas. Para poder identificar qué tipo de radiación es, basta con medir cuán larga es la onda, es decir, conocer la **longitud de onda**.
Cuanto más larga es la onda, menos energía transporta. Este es el caso de las ondas infrarrojas, microondas y ondas de radio. Pero a menor longitud de onda, más energética será. Este otro es el caso de la radiación UV, rayos X y Gamma.
Hay diferentes formas de analizar la luz. Una no tan conocida es a través del **espectro** del astro. Pero, ¿qué es el espectro? No tenemos que ir a un cementerio a buscarlo o invocarlo con rituales dudosos. ¡Solo tenemos que hacer incidir un haz de luz blanca en un prisma! Al hacer esto, vamos a ver cómo los diferentes colores que conforman la luz se desparraman, se separan y nos permiten apreciar los colores del arcoíris, es decir, la luz dispersada.

03



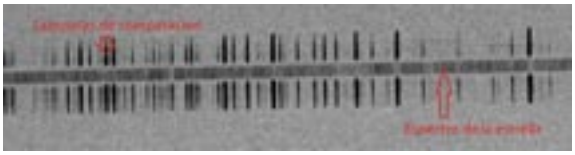
03 *Tres tipos de espectros: absorción, emisión y continuo. En todos estamos apreciando solo el rango visual del espectro electromagnético.*

04

05

04 y 05 *Dos tipos de placas. Placa espectrográfica de la estrella Épsilon Orionis, la del medio de las Tres Marías, y la imagen de la misma estrella tomada con Simbad, la base de datos que usamos los astrónomos para saber las características básicas de un objeto. Y placa fotográfica de la galaxia de Andrómeda, junto a una imagen actual de la misma galaxia. Crédito de la foto de Andrómeda: Carlos Di Nallo.*

06



Este es el principio básico con el que funciona un **espectrógrafo**, instrumento que se acopla a un telescopio para obtener espectros de los cuerpos celestes. Así, es posible obtener el espectro de cualquier objeto en el universo, en cualquier tipo de radiación electromagnética, no solamente en el rango del visual.

Y cada uno de ellos, ¡es único! Un espectro es como la huella digital que marca la identidad del objeto que estamos observando. Pero algunos espectros tienen ciertas similitudes que dependen del astro que emitió radiación y del camino que esta recorrió hasta llegar a nosotros. A grandes rasgos, encontramos tres tipos de espectros:

1 Espectro continuo. Es el espectro que se obtiene al descomponer la luz proveniente de un objeto incandescente, por ejemplo, el núcleo de una estrella, el cual emite en un continuo de longitudes de onda. En el rango visible lo vemos como todos los colores del arcoíris desplegados.

2 Espectro de emisión. Es el que se obtiene al descomponer la luz proveniente de un gas tenue y caliente (no tanto como un núcleo estelar). Este emite radiación pero no veremos un espectro continuo, sino algunas líneas de colores individuales. Estas son líneas de emisión y representan la radiación que el gas está generando. Es el caso de las lámparas halógenas. En el espacio suelen ser generadas por nebulosas, donde el gas que las forma está a cierta temperatura gracias a enormes y calientes estrellas que habitan su interior.

3 Espectro de absorción. Es el que se obtiene al descomponer la luz proveniente de un objeto incandescente y que en su recorrido atraviesa un gas frío. En este caso se generan líneas oscuras en el espectro continuo. Estas líneas representan la radiación faltante, absorbida por el gas. Los espectros de las estrellas suelen ser de absorción, ya que envolviendo al núcleo de la estrella hay una capa gaseosa a menor temperatura, la fotosfera.

Recuperando antiguas placas

¿Pero dónde se almacenaban estos espectros y el resto de la información astronómica? A lo largo de los años se utilizaron diferentes dispositivos analógicos: desde dibujos a mano alzada (como los que hacía Galileo al observar la Luna) hasta cintas magnéticas. Entre los años 1890 y 1980, fue muy popular el uso de placas fotográficas para almacenar datos de las observaciones astronómicas, y también para fines fotográficos recreativos. Las placas son finos fragmentos de vidrio rectangular cubiertos en uno de sus lados por una emulsión fotosensible que es expuesta a la luz y luego revelada, como las antiguas fotografías. Cuanto más marcada se muestra la emulsión de la placa, mayor cantidad de radiación recibió.

Estos curiosos dispositivos fueron utilizados con diferentes fines, pero en astronomía podemos clasificarlos en dos grandes grupos: las placas fotográficas y las espectrográficas. Las placas fotográficas muestran la misma imagen que veríamos si observáramos directamente por el telescopio, es decir, vemos una foto del objeto astronómico. En cambio, las espectrográficas captan el espectro de los objetos, entonces su imagen muestra un aspecto más abstracto y no es tan intuitivo saber a qué objeto le apuntó el telescopio para tomarla.

Si bien ambos dispositivos son muy importantes y contienen información muy valiosa, nuestro trabajo en ReTrOH comenzó con las placas espectrográficas. En instituciones históricas como el Observatorio de La Plata (actualmente FCAG) y el de Córdoba, al ser los lugares en los que nació la astronomía argentina y con ella los primeros investigadores, se encuentran almacenadas miles de placas espectrográficas. Pero muchas de ellas están guardadas en lugares en los que pueden deteriorarse, ya sea porque hay mucha humedad o porque pueden sufrir golpes y quebrarse. Es por eso que en ambas instituciones se está recuperando este valiosísimo patrimonio histórico.

El equipo de museólogas de ReTrOH está haciendo un relevamiento de la cantidad de placas que hay en la FCAG. Evalúan en qué estado se encuentran removiendo polvo, hongos y hasta insectos y arácnidos muertos que puedan llegar a tener adheridos. Es sabido que los espectros y las arañas siempre se llevaron bien.

¿Pero qué podemos hacer para utilizar, preservar y revalorizar la información que guardan? Podemos digitalizarlas.

Astronomía en barras

La información que guarda una placa espectrográfica pareciera ser un producto de supermercado, luciendo orgullosamente su código de barras. Pero lo que estamos observando en realidad es el espectro de un objeto astronómico y dos espectros patrón generados artificialmente. Estos últimos se adquieren después de que se tomó el es-

07

06 *Típico contenido de una placa espectrográfica. Se diferencia el espectro estelar en el centro y, a sus costados, los espectros de las lámparas de comparación.*

07 *Captura del programa Stellarium, software que permite visualizar el cielo nocturno. Vemos que nuestra estrella de interés (HD50845) se ubica cerca de la constelación de Orión, aunque al tener un brillo tan tenue, no es observable a simple vista.*

08

08 *Una imagen antigua de los observatorios de la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, que funciona en la ciudad de La Plata desde hace 136 años.*

pectro del cuerpo celeste, pero son producidos por una lámpara que contiene una mezcla de gases en particular, que genera espectros de emisión conocidos como "espectros de lámparas de comparación".
Su función es sencilla. ¿Cómo sabemos cuánto mide una mesa? Fácilmente: la comparamos con una medida conocida y calibrada, una cinta métrica o una regla. Esta proporciona una medida patrón con la cual comparar otras medidas. Los espectros de las lámparas de comparación existen de forma análoga a la cinta métrica, son la medida patrón. Dado que conocemos los gases que están dentro de la lámpara, conocemos las longitudes de onda que corresponden a cada línea en emisión del espectro patrón. Esto nos ayuda a identificar la longitud de onda de cada una de las líneas de emisión y absorción del espectro astronómico.
Pero una vez recuperada la placa y su espectro, ¿cómo saber si la digitalización no modifica la información que con tantas ansias anhelamos? Para estar seguros, buscamos en antiguas investigaciones datos obtenidos de las mismas placas que digitalizamos e intentamos reproducirlos. Si los resultados dan parecidos, nuestra digitalización recupera toda la información que estos dispositivos analógicos guardaban.
Entonces, ¡manos a la obra! Para esta tarea hemos elegido el trabajo que hicieron dos conocidos astrónomos: Adela Ringuelet y Jorge Sahade. Entre los años 1985 y 1987 estudiaron el espectro de la estrella HD50845 de la constelación de Monoceros. Esta estrella es una gigante roja, un astro un poco más viejo y menos caliente que nuestro Sol. Se cree que es parte de un sistema binario, es decir, dos estrellas que debido a su proximidad giran una en torno a la otra.
¿Qué información analizaron Adela y Jorge de esta estrella? Estudiaron la forma del espectro estelar para poder clasificarla, es decir, conocer su temperatura y su estado evolutivo. Y si bien a simple vista los espectros digitales y analógicos se veían similares, la forma del espectro nos permitió llegar a la misma clasificación a la que llegaron Adela y Jorge. ¡Concordamos en que esta estrella es una gigante de temperatura levemente menor a la del Sol!
Además, ellos también estudiaron cuán intensas son las líneas de absorción. ¿Qué quiere decir esto? Cuán oscuras son las líneas de absorción, es decir, cuán marcado o no es el faltante de radiación de esa particular longitud de onda. Para nuestra alegría, ¡nuevamente los números coincidían, con errores ínfimos!
Finalmente, comparamos una de las componentes de la velocidad de la estrella: la velocidad radial, una medida de la velocidad a la cual se acerca o se aleja un objeto de nosotros. Por ejemplo, cuando un ave vuela, no tiene que volar necesariamente directo hacia nosotros para darnos cuenta de que se está acercando. De igual forma, cuando una estrella gira alrededor de la otra, podemos percibir cuando se acerca en nuestra dirección o cuando se aleja, aun si se mantiene dando vueltas alrededor de otra estrella. Esta noción de acercamiento o alejamiento respecto de nuestra ubicación es lo que llamamos **velocidad radial.** Y esta información se encuentra en los espectros.
Entonces, al analizar la velocidad radial de la estrella a partir de las placas digitalizadas y comparándola con los resultados obtenidos por estos astrónomos en 1987, ¡corroboramos felizmente que no difieren mucho!
¡Eureka! ¡Los datos concuerdan y el método para recuperar la información de las placas que hemos propuesto funciona!

El futuro de nuestro pasado

Desde la creación de ReTrOH fueron escaneadas más de 200 placas espectrográficas que se encuentran disponibles de forma gratuita en el repositorio institucional de la UNLP. Pero el trabajo no termina allí. Nos espera un largo camino, ya que debemos digitalizar aproximadamente 15.000 placas almacenadas en la FCAG, y asegurar que su información no se pierda para siempre.
¿Quién sabe qué eventos astronómicos descubramos entre el polvo y el olvido, qué historias adosadas a las placas encontremos entre las planillas de observación de antiguos astrónomos? ¿Quién sabe todo lo que estos fragmentos de vidrio tengan para compartir? Pero sobre todas las cosas, ¿qué cantidad inmensurable de datos aportarán las placas a nuevas investigaciones?
El conocimiento histórico ayuda a moldear y construir el actual, por eso es tan importante aprender a recuperar lo que se creyó perdido, redescubrir lo antiguo y encontrar allí un nuevo peldaño para que la ciencia nos deje seguir creciendo como humanidad. ■

Nota
Para conocer un poco más acerca del proyecto, te invitamos a que visites nuestra página web: http://retroh.fcaglp.unlp.edu.ar/

SWAN, Lemmon y NEOWISE

FANTASMAS EN EL CIELO

C/2020 F8 (SWAN), 3 de mayo de 2020
Mariano Ribas

C/2019 U6 (Lemmon), 27 de mayo de 2020
Jaime García y Agustín Brollo

La actividad del cometa NEOWISE, famoso por las espectaculares imágenes que llegaron desde el hemisferio norte, no resistió para que resultara visible fácilmente desde nuestras latitudes, a fines de julio y principios de agosto. Anteriormente, otros dos tímidos cometas habían aparecido casi sorpresivamente durante el otoño, al alcance de binoculares y pequeños telescopios.

Cada año, entre diez y veinte cometas se acercan al sistema solar interior, provenientes de los confines del sistema solar exterior. Pero la mayoría, si no todos, resultan demasiado tenues como para observarlos a simple vista, y unos pocos pueden llegar a ser avistados con binoculares o pequeños telescopios, especialmente desde una ciudad. Generalmente, no suelen ser más que "manchitas" borrosas y tenues, aunque eso no quita la atracción de observarlos.

Los cometas son famosos por su forma y su espectacular cola. Como los asteroides, son restos de la formación del sistema solar, pero su composición es muy distinta: mucho hielo de agua (H_2O), roca y polvo, y otros elementos como metano, amoníaco, magnesio y sodio. La mayor parte del tiempo son "bolas de nieve sucia" (de hielo, en realidad, ya que la nieve es una precipitación), como los definió el astrónomo estadounidense Fred Whipple a mediados del siglo XX, cuando se comenzaba a comprender su naturaleza.

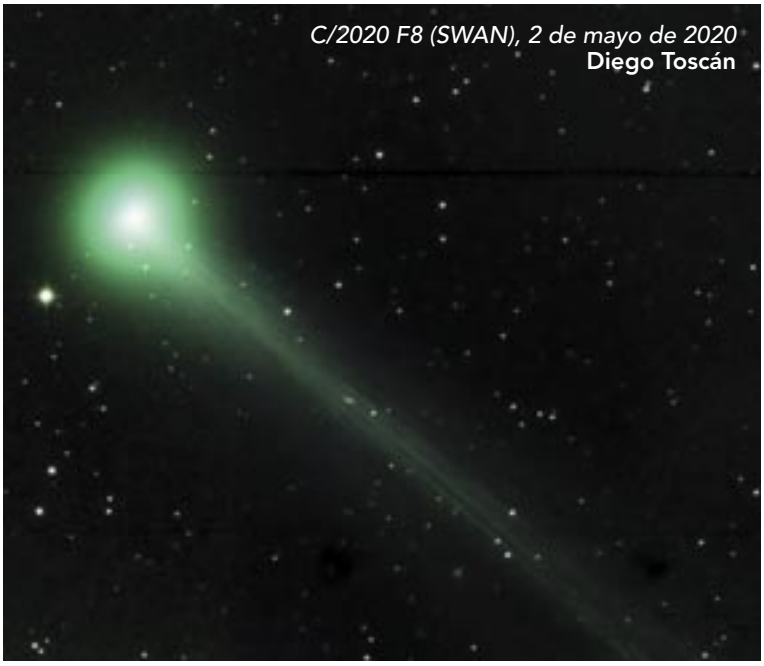
Cuando están lejos del Sol, el tamaño de los cometas es relativamente pequeño: entre 10 y 20 km de diámetro o menos, como una ciudad mediana a grande. Es a eso a lo que llamamos el núcleo del cometa.

Las órbitas de los cometas son muy excéntricas (elípticas, parabólicas o hiperbólicas) y eso hace que la mayor parte del tiempo estén muy alejados del Sol, sin desplegar ningún tipo de actividad. Pero a su vez, sus órbitas se "cierran" muy cerca del Sol, e incluso, a veces terminan chocándolo, lo que resulta fatal para el cometa e imperceptible para el Sol.

Cuando se acercan al Sol los cometas producen una espectacular transformación y comienza a desplegarse una actividad extraordinaria: su superficie se calienta, sus hielos se subliman (pasan del estado sólido al gaseoso) y despliegan una enorme cabellera (lo que significa la palabra "cometa") y una larguísima cola, siempre opuesta a la dirección del Sol.

El hielo sublimado rodea el núcleo en una densa atmósfera llamada coma o cabellera, formada por gas y polvo, que se puede expandir hasta unos 80 mil kilómetros. El viento solar (un flujo de partículas cargadas eléctricamente provenientes del Sol) empuja el material de la coma y forma la cola, que por eso siempre apunta en dirección opuesta al Sol. La cola puede medir varios millones de km.

La forma en la que veamos un cometa en el cielo dependerá de esa actividad y de la distancia a la que se acerque a la Tierra. Pero los cometas son objetos impredecibles: nunca se puede saber cuánta actividad van a desplegar cuando se acercan al Sol, aunque sí se puede saber a qué



C/2020 F8 (SWAN), 2 de mayo de 2020
Diego Toscán

Esta imagen fue realizada a través de un programa remoto que permite utilizar grandes telescopios situados, en este caso, en el norte de Chile y las Islas Canarias. Mediante estos perfiles pagos a través de internet se puede elegir objetos del cielo mediante un catálogo o a través de coordenadas celestes, y apuntar un telescopio durante unos 5 minutos para fotografiarlo.

distancia de nuestro planeta pasarán. Además, los cometas despliegan su mayor actividad cuando más se acercan al Sol, por lo que es habitual que, en el cielo, aparezcan poco antes del amanecer o poco después del anochecer, siempre cerca de la posición del Sol.

Niebla otoñal

El cometa **C/2020 F8 (SWAN)** fue descubierto el 25 de marzo por la cámara de la sonda SOHO (*Solar Heliospheric Observatory*), perteneciente a la NASA y la ESA. Esta sonda está equipada para la observación solar y, muchas veces, dadas las trayectorias de los cometas, descubre alguno de estos cuerpos en las cercanías del Sol. El instrumento del SOHO con el que se detectó el cometa lleva el nombre de Anisotropías del Viento Solar, o SWAN, por su sigla en inglés, y ya había detectado otros once cometas anteriormente.

A fines de abril el cometa comenzó a ser visto con telescopios de aficionados desde el hemisferio sur, entre las constelaciones de Piscis y Perseo, en dirección norte. Por su localización al amanecer, su escaso brillo y su cercanía al Sol, no resultó visible a simple vista y fue muy difícil con binoculares, especialmente desde las ciudades.

Por su parte, el cometa **C/2019 U6 (Lemmon)** fue descubierto el 31 de octubre de 2019 desde el Observatorio Astronómico del Monte Lemmon, en las Sierras de Santa Catalina de Arizona, Estados Unidos. A fines de mayo de este año comenzó a aumentar su brillo y pudimos observarlo, muy tenuemente, con binoculares en la constelación del Can Mayor, al anochecer.

Existen varios cometas con ese nombre, por lo que hay que prestar atención a su sigla, que incluye el año de descubrimiento, para evitar confusiones.

El karma de vivir al sur

El **C/2020 F3 (NEOWISE)** fue descubierto el 27 de marzo de 2020 por el *Wide-Field Infrared Survey Explorer* (WISE, o Explorador Infrarrojo de Campo Amplio), un telescopio espacial de la NASA que "observa" en una longitud de onda infrarroja. El 3 de julio pasó por su punto más cercano al Sol, y nunca estuvo a menos de 100 millones de km de la Tierra. Su extraordinaria actividad lo convirtió en el cometa más brillante de los últimos 13 años, pero lamentablemente eso ocurrió cuando era apreciado solamente desde el hemisferio norte. A fines de julio se había desplazado ya hacia una zona de la esfera celeste aún muy al norte, entre la Osa Mayor y Coma Berenices, pero visible también desde algunas latitudes australes, muy bajo, cerca del horizonte noroeste, tras la puesta del Sol. Por eso, mientras terminábamos la presente edición de Si Muove, manteníamos una leve esperanza de que su actividad se mantuviera para poder apreciarlo desde nuestro país. Pero, como sabemos, los cometas son impredecibles, y su actividad disminuyó tanto que solo resultó visible con telescopios o binoculares muy grandes, especialmente, desde lugares relativamente oscuros y sin obstáculos hacia el sector norte. ■

C/2020 F3 (NEOWISE), 28 de julio de 2020
Jaime García y Agustín Brollo

El cometa NEOWISE resultó apenas visible desde nuestras latitudes. Esta es la suma de tres imágenes realizadas desde Rama Caída, Mendoza.

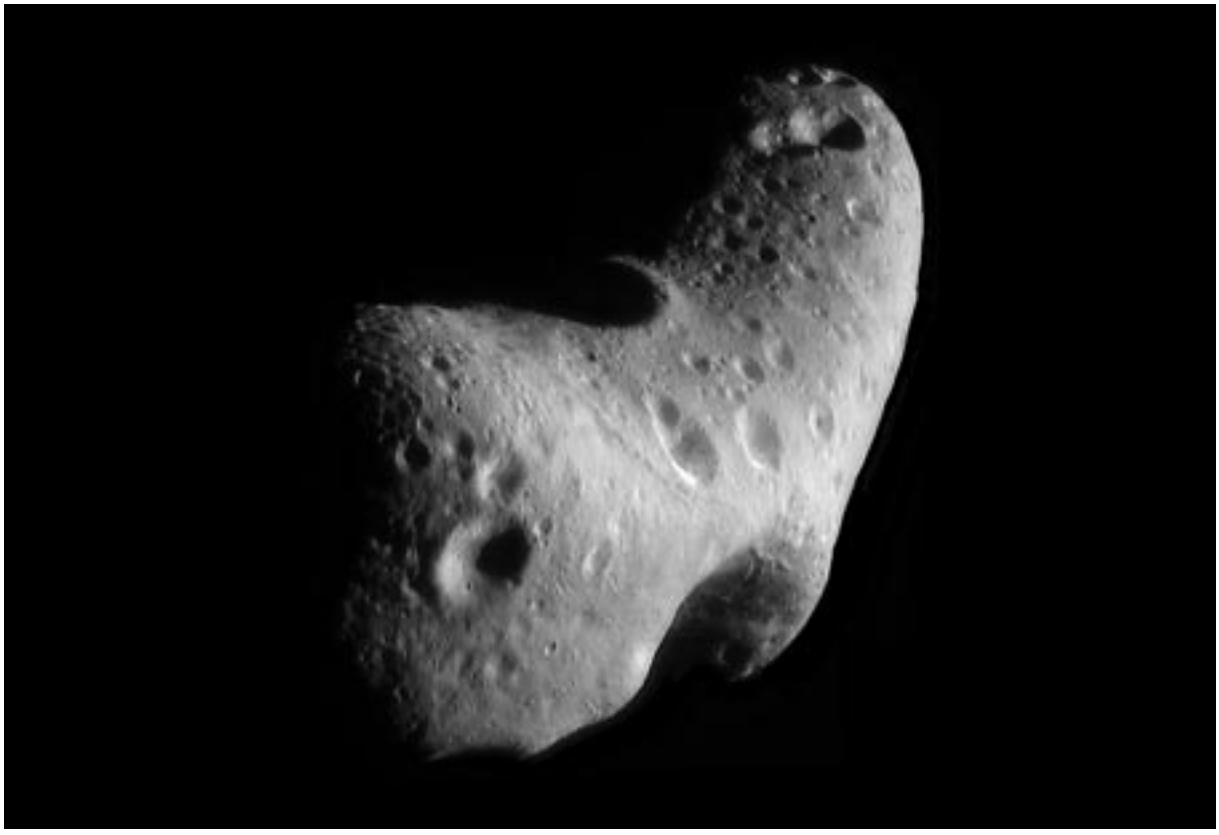
A través de fotometría diferencial

MIDIENDO LA ROTACIÓN DE LOS ASTEROIDES

Autores: *Aldo Mottino, (Rosario, Santa Fe), Carlos Colazo (Tanti, Córdoba), Marcos Santucho (Córdoba, Córdoba) y Nicolás Vasconi (Villa María, Córdoba), astrónomos aficionados del Grupo de Observadores de Rotaciones de Asteroides (GORA).*

01

NASA



Debido a su pequeño tamaño y a las distancias astronómicas, incluso los grandes telescopios se ven impedidos de observar con nitidez la forma irregular de un asteroide. Sin embargo, se puede revelar cómo varía su brillo a medida que pasa el tiempo, y es posible detectar la rotación del asteroide midiendo la periodicidad de esa fluctuación de brillo. Los trabajos de GORA proporcionan mediciones y resultados novedosos en estos aspectos, y brindan conocimientos de cuerpos menores del sistema solar que permanecen aún sin ser medidos o con grandes incertidumbres en la información almacenada en las bases de datos de las instituciones de investigación científica.

Los asteroides son cuerpos menores del sistema solar. Por su poca masa, las fuerzas gravitatorias en su interior son tan débiles que no logran vencer la rigidez de sus componentes sólidos, algo que sí ocurre en cuerpos grandes como los planetas. Como las fuerzas gravitatorias son radiales (dirigidas al centro del astro), los materiales que componen los planetas se de-

01 *El asteroide (433) Eros. Imagen tomada por la sonda espacial NEAR Shoemaker, de la NASA, el 29 de febrero de 2010.*

02

GORA

forman hasta que el astro adquiere una forma más o menos esférica. Al ser insuficientes esas fuerzas, los asteroides adquieren formas muy irregulares vinculadas a los fenómenos de acreción de material e impactos que los originaron. La fantástica imagen del asteroide Eros que se muestra en blanco y negro ilustra claramente la irregularidad en su forma, que en este caso particular dista mucho de semejarse a un planeta.

La luz que vemos de los asteroides

Los asteroides reflejan parte de la luz solar que reciben y es por ello que los observamos desde la Tierra. Debido a sus pequeños tamaños y a la gran distancia a la que suelen estar, se los observa muy débiles y aun con grandes telescopios resulta imposible ver esas formas irregulares. Las imágenes tomadas con telescopios los muestran como puntos similares a las estrellas. Con sucesivas capturas podemos detectarlos por sus movimientos en contraste con el fondo del cielo. En ocasiones, unos pocos minutos bastan para percibir el cambio de posición respecto al campo invariable de estrellas. Un ejemplo puede verse en la imagen del asteroide 188 (Menippe), registrado en dos noches sucesivas desde uno de los observatorios de GORA.

En la imagen, los puntos luminosos corresponden al asteroide, y fueron registrados en intervalos de tiempo de entre 24 y 30 minutos. La notoria separación entre ambas trazas indica el intervalo diurno en que, por razones obvias, el registro no es posible. Es interesante, aunque no ocurre con gran frecuencia, que el asteroide atraviese campos estelares muy ricos o, incluso, objetos atractivos de espacio profundo, como la galaxia NGC 5054 en este caso particular. Los objetos luminosos que se interponen en la trayectoria del asteroide, aunque fotogénicos, constituyen un impedimento para realizar mediciones fotométricas, por lo que las capturas en tales circunstancias deben descartarse.

Rotación y variación del brillo de los asteroides

Si se cuenta con equipos adecuados y la suficiente paciencia para fotografiar varias horas un mismo asteroide, es posible medir -imagen a imagen- el brillo recibido en el sensor de la cámara fotográfica. Un trabajo minucioso

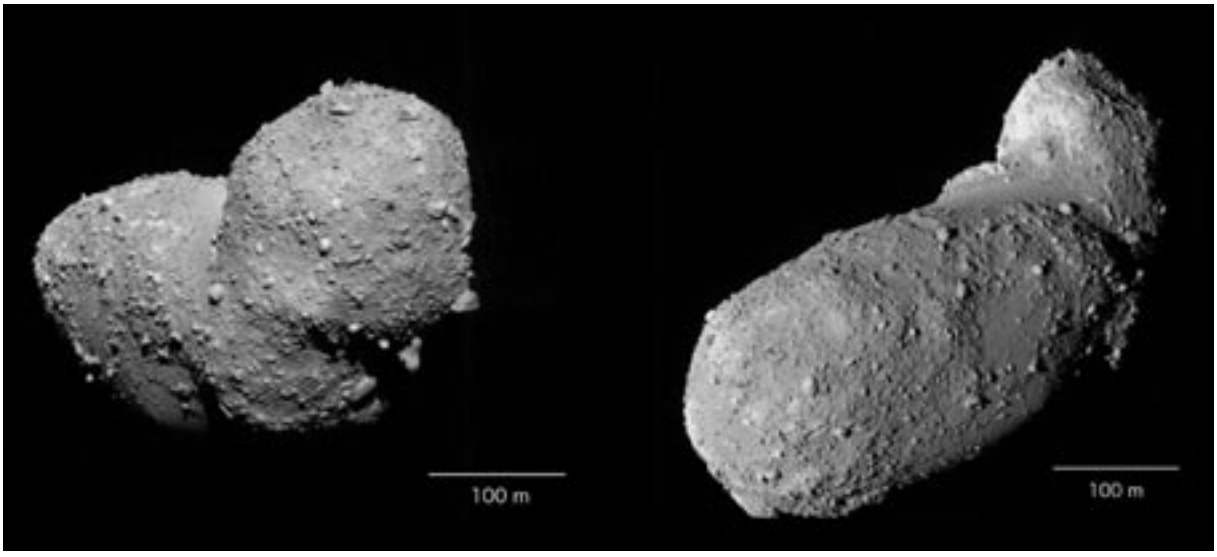
02 *Imágenes apiladas por un integrante de GORA del asteroide (188) Menippe junto a la galaxia NGC 5054, el 13 y 14 de mayo de 2020.*

03 *El asteroide (25143) Itokawa. Imágenes tomadas por la sonda japonesa Hayabusa en 2005.*

04 *Período de rotación del asteroide (52768) 1998 OR2 obtenido con datos aportados por cuatro observatorios de GORA.*

03

JAXA



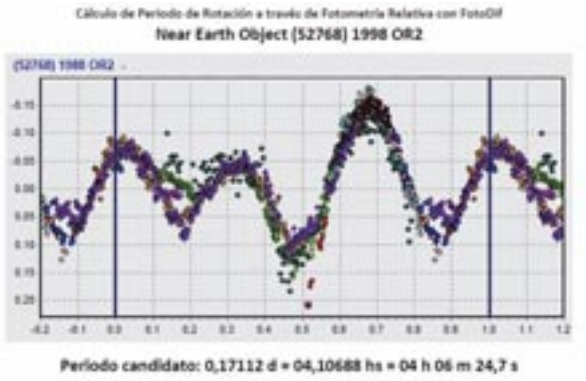
permite detectar cómo varía el brillo del asteroide a medida que pasa el tiempo. De a ratos, el brillo aumenta; luego disminuye y sigue fluctuando su intensidad a medida que transcurre el tiempo. Ocurre que la luz se refleja en áreas extensas del asteroide (aumenta el brillo) y, otras veces, en zonas de poca superficie (disminuye el brillo). Al rotar sobre su eje, el asteroide repetirá el mismo bailoteo del brillo una y otra vez cuando complete cada giro, por lo que es posible medir la rotación del asteroide con solo encontrar la periodicidad de esa fluctuación del brillo. Las imágenes del asteroide Itokawa, así como la de Eros, reflejan claramente la irregularidad en la geometría de ambos asteroides, lo que anticipa que la luz que llegue a nuestros sensores irá fluctuando conforme exponga sus distintas caras.

Fotometría diferencial para medir el brillo

Un método accesible, que permite a los astrónomos aficionados medir el brillo de los asteroides cumpliendo con los estándares científicos, es comparar el brillo del asteroide con el de algunas estrellas de una misma fotografía. Ello es posible utilizando softwares específicos. El proceso se realiza automáticamente en una serie de fotografías sucesivas, con lo que se obtienen tablas con el tiempo de captura y el brillo del asteroide en cada imagen. Como se anticipó más arriba, es importante constatar que las imágenes que habrán de utilizarse en el estudio de variación de luz no incluyan superposición del asteroide con otros objetos luminosos, ya que sobreestimarían su brillo y por ende derivarían en una curva errónea. Aunque la forma irregular del asteroide es el principal factor condicionante de la variación de brillo a lo largo del tiempo de observación, ocasionalmente, diferencias importantes en el material que constituye las distintas caras del asteroide, o bien en sus accidentes geográficos, pueden provocar cambios de brillo dada la diferente capacidad de reflexión de la luz proveniente del Sol.

La fotometría diferencial es un método científico confiable y ampliamente utilizado, no solo por astrónomos profesionales sino también por astrónomos aficionados que realizan contribuciones aportando datos científicos. Una experiencia reciente permitió a GORA evaluar su empleo a través de un resultado obtenido en abril del presente año. Durante el acercamiento a la Tierra, el asteroide potencialmente peligroso (52768) 1998 OR2 adquirió un importante brillo mientras se desplazaba a una alta velocidad aparente por el cielo. Fue así que pudimos confrontar, prácticamente en simultáneo, la medición del período de rotación obtenida por nosotros (fotometría diferencial) con la medición obtenida a través de la técnica de radar del Observatorio de Arecibo (Puerto Rico), actualmente, el tercero más grande y potente del mundo en su género. Desde Arecibo se obtuvieron datos muy precisos sobre las dimensiones, forma y características topográficas del asteroide. La buena noticia fue que la medición realizada con observaciones de los pequeños telescopios ópticos de GORA fue la misma que la obtenida con la antena de radar de 305 metros de diámetro de Arecibo: el período de rotación del asteroide (52768) 1998 OR2 es de 4,1 horas.

04



05

Grupo de Observadores de Rotaciones de Asteroides (GORA)

Entre los años 2009 y 2014 funcionó la Asociación de Observatorios Argentinos de Cuerpos Menores (AOACM), que agrupaba observatorios aficionados que se iniciaban en la Astrometría de cuerpos menores y en la Fotometría Relativa de asteroides. Confirmaciones de descubrimientos, recuperación de asteroides con alta incertidumbre orbital y medición de rotaciones fueron actividades desarrolladas con gran intensidad.

A principios de 2018 retomamos la actividad, pero esta vez focalizada en una labor en particular: la rotación de los asteroides. Es así como, con la incorporación de nuevos integrantes, nació este Grupo de Observadores de Rotaciones de Asteroides, que actualmente cuenta con más de 30 participantes entre aficionados y profesionales, residentes en distintas provincias de la República Argentina y en otros países, como la República Oriental del Uruguay. Se cuenta además con la colaboración de un observatorio de Australia, que contribuye en ocasiones puntuales.

La actividad principal que desarrolla GORA es la determinación de períodos de rotación de asteroides. GORA se reúne 3 o 4 veces al año, en lo que denominamos *workshops*, con el objetivo de intercambiar experiencias, planificar y mejorar metodologías de trabajo, y por qué no, compartir lindos momentos entre los participantes. ¡A pesar de su corta vida, el grupo se siente orgulloso de los resultados alcanzados y va por más! Como actividad adicional, estamos proyectando trabajar con ocultaciones de estrellas por asteroides, tránsitos de exoplanetas y estrellas variables. Todos los trabajos se coordinan y organizan en el foro de GORA, que es de libre acceso y se puede visitar en https://aoacm.com.ar/gora

"El Grupo de Observadores de Rotaciones de Asteroides (GORA) cuenta con más de 30 participantes entre aficionados y profesionales, y su actividad principal es la determinación de períodos de rotación de asteroides."

Objetivos de GORA

1. Trabajar cooperativamente, valorando los aportes individuales, aprendiendo como grupo y mejorando las técnicas observacionales.

2. Medir períodos de rotación de asteroides con el mayor rigor posible, para aportarlos a las bases de datos que son utilizadas por la comunidad científica para sus investigaciones.

3. Promover la observación de variabilidades similares en otros eventos astronómicos frecuentes, que también dejan improntas puntuales en las imágenes, y que son accesibles para astrónomos aficionados: estrellas variables, tránsitos de exoplanetas y ocultaciones asteroidales.

05 *La curva de luz en color rojo representa la variación de brillo del asteroide 188 (Menippe) registrada en dos noches sucesivas, tal como se ilustra en la imagen 2 junto a la galaxia NGC 5054. La curva en color azul corresponde a una estrella utilizada como referencia. La constancia de su brillo a lo largo de las observaciones convalida la curva de luz del asteroide. La misma estrella de referencia ha sido utilizada en las observaciones de las dos noches sucesivas. La gráfica ilustra el análisis realizado con el software FotoDif.*

Observatorios que integran GORA

Este listado puede dar dimensión del número y diversidad de observatorios, tanto en lo referente a la distribución geográfica como de equipos. Diferentes tipos de telescopios, así como calidad y tamaño de los sensores utilizados, demuestran que no existen mayores limitaciones para participar en esta actividad y para integrarse al grupo. Algunas pautas mínimas y mucho entusiasmo son el denominador común para iniciarse en la actividad.

Estación Astrofísica Bosque Alegre (MPC 821) – Bosque Alegre, Córdoba, Argentina – Telescopio Newtoniano (D=1540mm; f=4.9) + CCD APOGEE Alta U9.
Observatorio Astronómico Córdoba (MPC 822) – Córdoba, Córdoba, Argentina – Telescopio Celestron SCT14 (D=355mm; f=11.0) + Reductor focal + CCD SBIG ST7.
Observatorio Astronómico El Gato Gris (MPC I19) – Tanti, Córdoba, Argentina – Telescopio Celestron SCT14 (D=355mm; f=10.6) + CCD SBIG STF8300.
Observatorio Cruz del Sur (MPC I39) – San Justo, Buenos Aires, Argentina – Telescopio Newtoniano GSO 8" (D=200mm; f=4.0) + CMOS Qhy174.
Observatorio Orbis Tertius (MPC X14) – Córdoba, Córdoba, Argentina – Telescopio Newtoniano (D=200mm; f=5.0) + CCD QHY6 Mono.
Observatorio Galileo Galilei (MPC X31) – Oro Verde, Entre Ríos, Argentina – Telescopio RC Third Planet Optics (D=405mm; f=8.0) + CCD SBIG STF8300M.
Observatorio Antares (MPC X39) – Pilar, Buenos Aires, Argentina – Telescopio Newtoniano (D=200mm; f=5.0) + CMOS ZWO 294 MC Pro.
Observatorio Astronómico Calchaquí – El Bañado, Tucumán, Argentina – Telescopio GSO RC8 (D=203mm; F=8) + CCD SBIG ST7 XME.
Observatorio de Aldo Mottino – Rosario, Santa Fe, Argentina – Telescopio Newtoniano (D=250mm; f=4.7) + CCD SBIG STF8300.
Observatorio Astro Pulver – Rosario, Santa Fe, Argentina – Telescopio Celestron SCT8 (D=203mm; f=7.0) + CMOS QHY5 LII M.
Observatorio de Ariel Stechina – Reconquista, Santa Fe, Argentina – Telescopio Newtoniano (D=254mm; f=4.7) + CCD SBIG STF402.

Integrantes de GORA durante las reuniones en Tanti, Córdoba, y ubicación de los diferentes sitios de observación en Argentina y Uruguay.

Observatorio Candela Celeste – Casilda, Santa Fe, Argentina – Telescopio Meade LX200 (D=300mm; f=10 + RF 6.3 y 3.3) + CCD Meade DSI 1.
Observatorio de Damián Scotta – San Carlos Centro, Santa Fe, Argentina – Telescopio Newtoniano (D=300mm; f=4) + SBIG St-402 XME.
Observatorio Punto Azul – Villa María, Córdoba, Argentina – Telescopio Newtoniano (D=254mm; f=5.0) + CCD QHY6 Mono.
Observatorio de Sergio Babino – Cerrito, Montevideo, Uruguay – Telescopio Astrotech RC8 (D=203mm; F=8.0) + CCD SBIG STF8300M.
Observatorio de Raúl Melia – Gálvez, Santa Fe, Argentina – Telescopio Celestron-Byers SCT (D=200mm; f=10.0) + CCD Meade DSI Pro II.

Integrantes de GORA

Aldo Mottino, Andrés Chapman, Ariel Stechina, Carla Girardini, Carlos Colazo, César Fornari, Claudio Pittari, Damián Scotta, Daniela Arias, Eduardo Pulver, Elisa Rodríguez, Guillermo Amilibia, Guillermo Ferrero, José García, Marcos Anzola, Marcos Santucho, Marina Tornatore, Matías Martini, Milagros Colazo, Néstor Suárez, Nicolás Vasconi, Raúl Melia, Ricardo Llanos, Ricardo Nolte, Sergio Babino, Sergio Galarza, Sergio Morero.

Actividades de GORA

1. Planificación: para seleccionar un asteroide del que se necesite conocer o mejorar la información del período de rotación, consultamos el grupo de trabajo denominado CALL -*Collaborative Asteroid Lightcurve Link* (*www.minorplanet.info/call.html*) del *Minor Planet Center* (MPC), que es la institución internacional encargada de recopilar las observaciones de rotaciones de asteroides y publicar los resultados. Del listado que allí se sugiere, seleccionamos los objetos que son accesibles para los recursos disponibles y desde los sitios de observación de GORA.

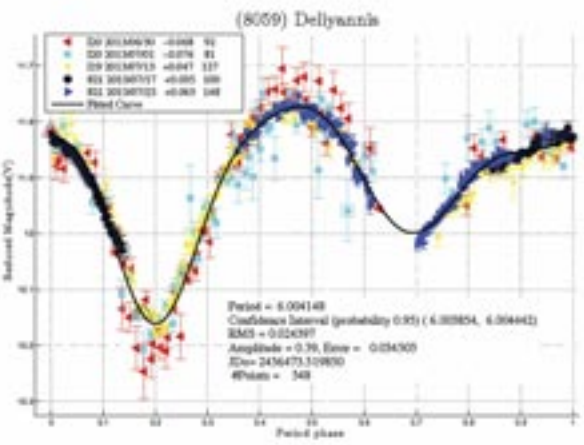
2. Observación: localizado el asteroide, se procede a capturar una serie de imágenes que luego serán procesadas para su posterior análisis de datos. Como es de imaginar, numerosas son las ventajas de presentar heterogeneidad de equipos y ubicación geográfica. Asignar tareas de acuerdo al brillo del asteroide en función de la luminosidad o resolución del equipo, o en función de cuál de nuestros horizontes está menos obstruido o contaminado por luz, o simplemente sortear el mal clima cambiando de observador, son solo algunas de esas ventajas. Esta tarea de coordinación surge casi espontáneamente al

atardecer a través de nuestro grupo de WhatsApp. No es inusual que observemos en una misma noche varios asteroides a la vez, o que compartamos un mismo asteroide observándolo en diferentes segmentos de la misma noche. Un detalle no menor, y como se anticipó más arriba, es que contamos con la colaboración de un observador australiano (Julian Oey), quien nos asiste en casos puntuales en que el período de rotación del asteroide en estudio sea de 24 horas (o múltiplo/divisor de ese período), lo que lleva a que siempre veamos el mismo tramo de la curva, independientemente de la noche de observación. La participación desde meridianos casi opuestos (este y oeste de Greenwich) permite aportar el tramo faltante y así completar el estudio.

3. Análisis de datos: con cada serie de imágenes se construye una "curva de luz" que constituye un bloque básico de información que cada observador aporta en una noche de trabajo. Esta información se puede representar en un gráfico cartesiano, donde se espera ver la variación de brillo del asteroide en función del tiempo. Las curvas de luz obtenidas en diferentes noches de observación, son apenas porciones de una curva más grande que se espera obtener como resultado final. Se hace evidente entonces que la cooperación y el trabajo en equipo son fundamentales para estos desafíos. Mientras más curvas de luz se tengan, mejor se podrá determinar el período de rotación de un asteroide. Desde GORA hemos definido una serie de técnicas y herramientas comunes que nos permiten simplificar la tarea y mejorar los resultados obtenidos, aun cuando se cuenta con equipos e instrumentos de lo más variados.

Cada observador elabora tablas y gráficos de su observación utilizando el software FotoDif de Julio Castellano, y los almacena en el sitio web de GORA. A medida que se acumulan informes, se utilizan programas llamados periodogramas, que vinculan las observaciones de las diferentes noches. Mediante algoritmos se busca el mejor ajuste de las curvas de luz y se construye un nuevo gráfico llamado diagrama de fase. En los primeros análisis suelen aparecer varios períodos candidatos, pero con nuevas observaciones algunos se desestiman hasta que se encuentra el período correcto. En GORA utilizamos dos periodogramas: para análisis preliminares, el de FotoDif, y para el análisis final, el del software Periodos de Fernando Mazzone.

4. Comunicación del período de rotación a la comunidad científica, mediante la publicación de artículos en revistas especializadas. La actividad de comunicación de los resultados obtenidos es una de las partes más importantes de nuestro trabajo. Las revistas científicas, a través de un sistema de arbitraje por especialistas, evalúan la calidad de los artículos y su recomendación, o no, para ser publicados. En el caso de las mediciones de rotación de asteroides, *Minor Planet Bulletin* es la revista que concentra los resultados fotométricos obtenidos por astrónomos aficionados, e incluso astrónomos profesionales, de todo el mundo. Una vez publicada en el *Minor Planet Bulletin*, toda la información aportada es recogida por las más completas bases de datos internacionales que reúnen información sobre cuerpos menores, como el S*mall-Body Database* del *Jet Propulsion Laboratory* (NASA), *The Small Bodies Data Ferret*, *The Asteroid Lightcurve Database*, entre otras. Allí los datos quedan disponibles permanentemente para su uso por parte de la comunidad científica: desde la utilización comparativa para un mejor conocimiento de la naturaleza de estos objetos hasta su utilización en misiones de exploración realizadas por sondas espaciales, los datos fotométricos sobre rotaciones son recursos indispensables en el avance de la investigación astronómica sobre cuerpos menores del sistema solar.



Entre los objetivos de GORA no solo está proporcionar mediciones de períodos de rotación ya conocidos, sino que su desafío mayor consiste en avanzar hacia resultados más novedosos como consolidar una medición a partir de múltiples determinaciones imprecisas previamente realizadas de un mismo objeto, e incluso brindar conocimiento nuevo de objetos que permanecen aún sin ser medidos.

El primer artículo de GORA, cuya publicación está próxima, contiene datos del período de rotación de nueve asteroides. Un segundo artículo, ya terminado, pronto ingresará en proceso de evaluación por parte del *Minor Planet Bulletin*. Mientras tanto, las observaciones fotométricas, a pesar de la cuarentena por el COVID-19, no se detuvieron desde los observatorios domésticos, lo que continúa manteniendo activo el proceso y el avance hacia un tercer artículo. ■

06 *Curva de luz del asteroide 8059 (Deliyannis) integrada a partir de las diferentes observaciones. Publicado por AOACM en: Minor Planet Bulletin, Volumen 41, Numero 1.*

Teorías sobre el origen de la Luna

NACIDA DE UN IMPACTO

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

01

NASA/JPL - Caltech

Desde fines del siglo XIX, con mayor o menor suerte, distintas teorías han intentado explicar el "nacimiento" de nuestro satélite. Actualmente, la explicación más aceptada es verdaderamente espectacular, pero a la vez, altamente confiable, dado que hace encajar razonablemente bien una serie de hechos, observaciones y precisos datos físicos, químicos y geológicos.

¿De dónde salió la Luna? Puede resultar curioso, pero esta ha sido una de las preguntas más incómodas para la astronomía. Estando tan cerca y habiendo sido estudiada a simple vista durante milenios, con telescopios durante siglos y con naves espaciales y astronautas durante las últimas décadas, podríamos pensar que nuestro satélite ya nos ha revelado todos sus secretos.

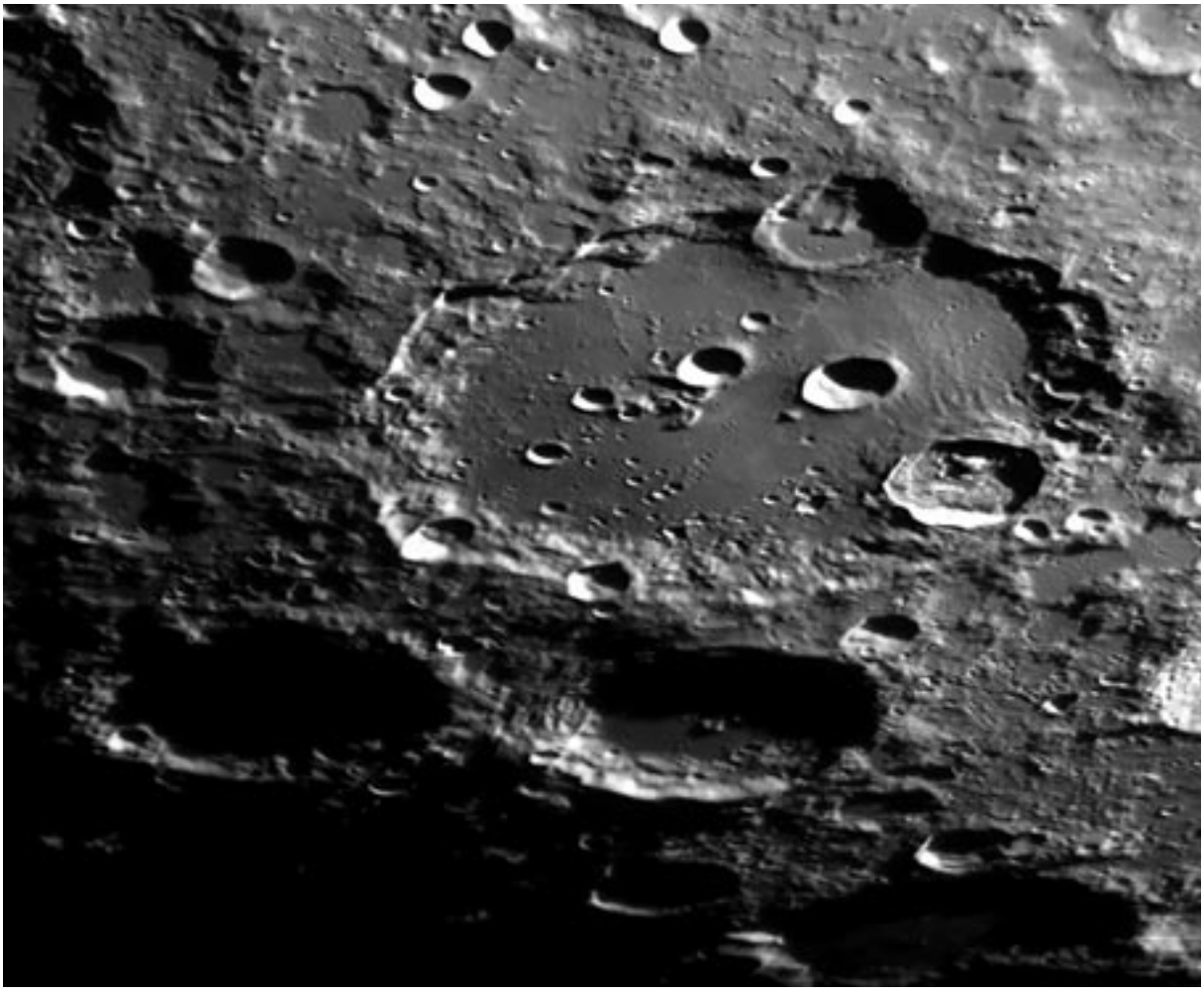
Sabemos, por ejemplo, que esas manchas grises que vemos a ojo desnudo, y esos incontables cráteres, valles, fisuras y cadenas montañosas, que vemos con telescopios, son las huellas de una infancia violenta y traumática. Sabemos que en sus primeros cientos de millones de años nuestro satélite sufrió impiadosos bombardeos de asteroides, cometas y escombros menores, y catastróficas y masivas inundaciones de roca fundida, que brotaban desde sus ardientes entrañas.

Con inteligencia, astucia y paciencia, la astronomía y la geología lograron reconstruir las primeras épocas de la

01 *La Teoría del impacto gigante es, en la actualidad, el mejor modelo científico para explicar el origen de la Luna.*

02

Mariano Ribas



Luna. Sin embargo, su "nacimiento" nunca estuvo del todo claro. A continuación vamos a echar una mirada a las viejas teorías que intentaron dar cuenta de su origen, y también exploraremos en detalle el sensacional modelo teórico vigente en nuestros días, avalado por firmes y novedosas evidencias.

Darwin (hijo) y la Teoría de la fisión

Hacia fines del siglo XIX surgieron dos teorías formales sobre el origen de la Luna. En aquellos tiempos, los científicos ya sabían que nuestro satélite era un tanto "raro". En primer lugar, por su gran tamaño: la Luna tiene un 28% del diámetro de la Tierra, una relación mucho mayor que la de cualquier otro satélite con respecto a su planeta. En segundo lugar, por su relativa "liviandad": los cálculos de su densidad –basados en su tamaño y masa, inferida a partir de su tirón gravitatorio– indicaban que era mucho más liviana que la Tierra. En números precisos, la densidad media de la Luna es de 3,3 g/cm^3, mientras que la terrestre es de 5,5 g/cm^3. Esos números hablan claramente de una notable diferencia de composición.

Por último, y basándose en diferentes mediciones del pasado (fundamentalmente, eclipses de Sol y de Luna), los astrónomos también sabían que nuestro planeta rotaba cada vez más lentamente con el correr de los siglos y milenios, fundamentalmente, por las mareas y el juego gravitatorio con la Luna. En consecuencia, para conservar el momento angular del sistema Tierra-Luna (un parámetro que se mantiene constante, basado en masas, distancias y velocidades de giro), nuestro satélite debería estar alejándose lentamente, cosa que efectivamente sucede.

Si consideramos fundamentalmente este último punto, en 1879 el matemático y astrónomo británico George H. Darwin (hijo de Charles, el gran naturalista que nos legó la extraordinaria Teoría de la Evolución de las especies) se puso a hacer estimaciones. Según Darwin hijo, hace unos 50 millones de años la Tierra rotaba una vez cada 5 horas, y la Luna estaba a una distancia de solo

02 *El cráter Clavius tiene 225 km de diámetro y es uno de los más grandes.*

03 *El Valle Alpino, el cráter Plato y Sinus Iridum, una de las mejores zonas de la Luna para observar con pequeños telescopios.*

10.000 kilómetros (en lugar de los casi 400.000 km actuales). Llevando el tiempo más atrás, esos valores se hacían aún menores.
Más allá de lo erróneo de esos cálculos, lo verdaderamente interesante era la conclusión principal del modelo: la Luna había nacido como un desprendimiento de la joven Tierra, aún muy caliente y viscosa. Como nuestro planeta giraba a toda velocidad, razonaba el científico, la fuerza centrífuga lo habría abultado desmesuradamente en el ecuador. Hasta que, tironeado también por la gravedad solar, parte de ese material protuberante se desgarró, se separó y se enfrió en el espacio cercano, y formó un cuerpo independiente.
Esta curiosa Teoría de la fisión o Hipótesis de la hija, como también se la conoció, resultó científicamente bienvenida. Es más, algunos de sus partidarios creyeron encontrar el enorme y antiquísimo foso resultante –y casi "evidencia"– del fabuloso desprendimiento: la gran cuenca del Pacífico.
No es así, por supuesto. Pero la virtud de esta idea era que, de manera coherente y elegante, justificaba la baja densidad de la Luna: en este escenario, su materia prima provendría, fundamentalmente, del manto externo de la Tierra, más rocoso y menos denso que su núcleo metálico.

Modelo de la coacreción

A comienzos del siglo XX, el modelo de George H. Darwin comenzó a hacer agua por todas partes. Diferentes cálculos mostraban que, para justificar físicamente el supuesto desgarro sufrido por la Tierra primitiva, habrían sido necesarias velocidades de rotación inconcebibles. Pero, además, la geología le dio un golpe demoledor: las dataciones de diferentes rocas terrestres revelaron que nuestro planeta no tenía 50 o 100 millones de años, sino miles de millones de años. Por lo tanto, hasta las más osadas y remotas estimaciones del eventual momento de la fisión quedaban demasiado cerca en el tiempo, cuando la Tierra hacía rato que ya debería haberse enfriado y solidificado completamente.
Ante estas serias falencias, cobró más fuerza otra explicación, originalmente planteada por el astrónomo francés Edouard Roche en 1873, y retomada, una y otra vez, en las décadas siguientes. Quizás la Luna no era "hija" de la Tierra, sino su "hermana". Era la Teoría de la coacreción. En pocas palabras, la idea era esta: la Luna se había formado en el espacio de modo independiente, pero a partir del disco de gases, roca y polvo que rodeaban a la Tierra primitiva. Materiales, por lo tanto, comunes a ambas. En realidad, esta idea era una lógica extensión de la previa y exitosa "teoría nebular", que planteaba correctamente que los planetas y otros cuerpos menores nacieron del disco de materiales sobrantes de la formación del Sol.
La Teoría de la coacreción superaba algunos de los defectos del modelo de la fisión, pero tenía un agujero insalvable: no podía explicar la gran diferencia de densidad y, por ende, de estructura interna, de la pesada Tierra y la relativamente liviana Luna. A fin de cuentas, si ambas se habían gestado a la par, en la misma zona del sistema solar, sus materiales deberían ser esencialmente los mismos y sus densidades medias, también.
Pero no es así. La alta densidad media terrestre indica que, debajo de su fina corteza y su grueso manto rocoso, nuestro planeta esconde un enorme núcleo metálico, de

03

Mariano Ribas

> "La Teoría del impacto gigante es el mejor modelo científico para explicar el origen de la Luna, y funcionará mientras se sigan acumulando las evidencias necesarias para sostenerla."

hierro y níquel. Un duro y pesado corazón proporcionalmente mucho más grande que el que –se deduce– debe tener la Luna. Así las cosas, los científicos comenzaron a buscar una tercera variante para dar cuenta de la esquiva génesis selenita. Y enseguida apareció.

¿Y si fue capturada por la Tierra?

Cuando amanecía el siglo XX, una nueva teoría salió a la luz: en 1909, el astrónomo Thomas J. J. See se despachó con la Teoría de la captura, una variante científica que no tenía nada que ver con las dos anteriores. Según See, la Luna se había formado muy lejos de la Tierra, más allá de Saturno (o quizás, de Urano), en las regiones más frías y oscuras del sistema solar; zonas donde, desde los tiempos más remotos, abundaron los elementos químicos más livianos (de hecho, los planetas gigantes son esencialmente gaseosos). Una vez formada, la Luna fue migrando hacia zonas más internas debido a la pérdida de energía gravitatoria ocasionada por la resistencia que le oponían las masas de gas, polvo y escombros interplanetarios primitivos. Y así, poco a poco, fue cerrando su derrotero (y velocidad) orbital, hasta que un buen día fue capturada por la fuerza de gravedad de la Tierra.

La teoría de See encajaba bien en el marco teórico general de la astronomía planetaria. Además, tenía un fuerte punto a favor: el sistema solar tiene muchas lunas capturadas: cuerpos inicialmente errantes que, tarde o temprano, fueron atrapados por la gravedad de otros planetas (la gran mayoría de los satélites de Júpiter y Saturno pertenecen a esta categoría, y hasta las dos modestas lunitas de Marte parecen ser trofeos de caza gravitatoria).

Pero también tenía un punto débil: las órbitas de las lunas capturadas son casi siempre muy excéntricas e inclinadas con respecto al plano orbital de sus planetas. Pero la de la Luna, no: su órbita es elíptica (como todas las órbitas), pero poco excéntrica. Además, tiene una inclinación muy moderada: menos de 6 grados. Por último, y esto ya se ha dicho, es muy grande, mientras que los satélites capturados suelen ser minúsculos, a lo sumo, de unas decenas de kilómetros de diámetro.

"Simplemente, no puede existir"

La teoría de Thomas J. J. See tuvo cierta aceptación hasta bien avanzado el siglo XX. Entre otras cosas, porque su principal punto débil comenzó a relativizarse: quizás, con el correr de los cientos de millones de años, la órbita de la Luna tendió hacia la circularidad, y a un plano menos inclinado, a causa de interacciones gravitatorias de marea, principalmente.

Pero la transitoria aceptación de la Teoría de la captura tenía una causa más clara y contundente: las dos anteriores (fisión y coacreción) lucían aún peores. Créase o no, y al menos en cuanto a su origen, el astro más cercano a la Tierra, aquel que nos había acompañado desde los tiempos más remotos y al que tanto creíamos conocer, se había convertido en una pesadilla teórica. La Luna resultaba difícil de explicar, a punto tal que algún científico dijo, sin más vueltas, "simplemente, no puede existir".

Hacía falta una nueva vuelta de rosca. Y bien, resulta que a comienzos de los años '70 esta historia dio un giro abrupto: el estudio de las generosas muestras de rocas y polvo lunar traídas por las misiones tripuladas Apolo 11, 12, 14, 15, 16 y 17 (entre 1969 y 1972) echaron luz sobre el oscuro enigma selenita. Los análisis químicos de estos preciosos materiales revelaron ínfimas (o directamente nulas) cantidades de hierro, una llamativa ausencia de agua unida a los minerales y una muy baja cantidad de elementos volátiles en general. Algo que sugería que las piedras lunares habían soportado un calentamiento extremo, como si se hubiesen forjado en un medio violento e infernal. Aquí estaba el germen de un modelo teórico que, de a poco, comenzaba a insinuarse.

Teoría del impacto gigante

Hace medio siglo ya no había dudas: la "fisión" no funcionaba. La "coacreción", tampoco. Y la "captura", simplemente, parecía la menos mala de las teorías sobre el origen de la Luna. Pero los análisis de las rocas lunares, sumados a novedosas simulaciones por computadora, llevaron a dos científicos a una cuarta (y muy esperada) variante: en 1974 los astrónomos estadounidenses Donald Davis y William Hartmann, del Instituto de Ciencias Planetarias de Tucson, presentaron la Teoría del impacto gigante, un escenario que intentaba balancear una serie de hechos comprobados con un relato verosímil, aunque decididamente espectacular.

Al igual que todos los astrónomos y geólogos de su época, Davis y Hartmann sabían que los primeros tiempos del sistema solar habían sido particularmente violentos. Pedazos de roca, hierro, hielo, yendo de aquí para allá, a decenas o cientos de miles de kilómetros por hora, estrellándose sin piedad contra las superficies de los planetas embrionarios. Impactos por aquí, impactos por allá. La propia Luna daba cuenta de esos impactos, cual registro fósil, con cráteres de cientos de kilómetros, e incluso otros más grandes, que luego fueron rellenados por material volcánico que dio lugar a los llamados mares. Cráteres provocados por planetesimales de 50, 100 o 200 kilómetros de diámetro.

En ese contexto, nada impedía pensar en "objetos impactadores" aún más grandes. ¿Qué hubiera pasado si, por entonces, un enorme objeto se hubiera estrellado

04

Andrea Anfossi

contra la Tierra? Algo de miles de kilómetros de diámetro. ¿Por qué no?, pensaron Hartmann y Davis. Era el brutal escenario astronómico que necesitaban para resolver el misterio.

Theia

En su versión clásica, la Teoría del impacto gigante dice más o menos así: hace unos 4500 millones de años, un protoplaneta ardiente y semifundido, de unos 5 o 6 mil kilómetros de diámetro (similar a Marte), giraba en torno al Sol en una órbita muy parecida a la de la proto-Tierra (otra bola rocoso-metálica al rojo vivo, pero mucho más grande). Poco a poco, la interacción gravitatoria fue apretando sus derroteros orbitales, hasta que un día ambos chocaron.

Pero el violentísimo impacto no fue de frente, sino rasante. Y este punto es crucial para la teoría, justamente, por sus implicancias posteriores: el choque fundió y arrancó parte del manto de la Tierra, y destruyó casi completamente al infortunado "atacante" menor. Parte de los materiales fundidos de ambos volvieron a caer sobre nuestro planeta, pero grandes masas de gas, roca y polvo incandescente salieron disparadas al espacio y quedaron dando vueltas en torno a la Tierra, formando un grueso anillo de escombros (entre los que se contaba el núcleo sobreviviente del infortunado protoplaneta menor). Finalmente, gravedad mediante, y quizás en cuestión de unas semanas o meses, todos esos ladrillos sueltos terminaron agrupándose, formando la Luna. Más tarde, el hipotético kamikaze espacial fue apropiadamente bautizado Theia, el titán de la mitología griega que dio nacimiento a Selene, la diosa de la Luna.

Puntos a favor

La Teoría del impacto gigante fue superadora de todo lo anterior. Tiene la gran virtud de incorporar, con naturalidad, varios hechos fundamentales, empezando por dos que no encajaban en las tres teorías clásicas…

Uno: la baja densidad de nuestro satélite. La mayor parte de la Luna se construyó a partir de materiales rocosos arrancados, por el impacto, del manto y la corteza de la Tierra y de Theia, y no tanto de los pesados metales (hierro y níquel) del núcleo terrestre. Esos materiales rocosos y fundidos luego se aglutinaron en torno a un pequeño núcleo (seguramente, metálico), para dar origen a nuestro satélite.

04 *La Luna refleja la luz del Sol e ilumina tenuemente las noches.*

Dos: el calor infernal sufrido durante la colisión habría arrancado casi toda el agua y otros elementos volátiles del grueso de la materia prima que terminaría formando la Luna. Justamente, eso fue lo observado en las rocas lunares traídas por los astronautas del programa Apolo. Por otra parte, varias simulaciones realizadas por computadora a lo largo de los últimos años demuestran que el impacto rasante de un objeto del tamaño de Marte (o algo menos) contra la Tierra primitiva, efectivamente, generaría un producto final con las características de la Luna. Por si todo esto fuera poco, la Teoría del impacto gigante tiene dos beneficios teóricos extras: propone que el impacto torció el eje de rotación de la Tierra que, originalmente, era mucho más perpendicular al plano del sistema solar; y justificaría, al menos parcialmente, el muy alto momento angular del sistema Tierra-Luna (sintéticamente, la relación entre velocidades, fuerzas y distancias recíprocas). Sin embargo, a pesar de todos sus puntos a favor, este modelo tenía un punto débil.

Estudio de rocas lunares

El problema sería el siguiente: si la Luna fuese una mezcla de materiales de la Tierra primitiva y de Theia, el análisis químico de las rocas terrestres y las rocas lunares mostraría ciertas variantes. Fundamentalmente, en cuanto a las proporciones (o radios) de isótopos (variantes de un mismo elemento químico). Pero hasta hace menos de una década, todos los estudios indicaban que, por ejemplo, los radios de tres isótopos de oxígeno eran idénticos, y eso solo sería posible si los protagonistas de la terrible colisión hubiesen nacido con idénticos radios isotópicos de oxígeno. Algo inverosímil.

Pero en 2014 los científicos sacaron ese molesto palo en la rueda de la Teoría del impacto gigante: por entonces, un grupo de investigadores europeos, liderados por el Dr. Daniel Herwartz (Universidad George-August, Göttingen, Alemania), dio a conocer nuevos y meticulosos análisis de rocas lunares que mostraron claras diferencias isotópicas con respecto a sus pares terrestres. Los resultados aparecieron en un *paper* titulado Identificación del gigantesco impactador Theia en las rocas lunares, publicado en la prestigiosa revista *Science*.

"La colisión ocurrió"

Herwartz y su equipo analizaron varias rocas lunares, traídas a la Tierra por los astronautas de las misiones Apolo 11, 12 y 16. A decir verdad, no era la primera vez que se analizaban muestras lunares, pero a diferencia de intentos previos, ellos utilizaron microscopios electrónicos mucho más modernos, con una resolución asom-

05 *Amanece en el cráter Copérnico, de 93 km de diámetro. A su izquierda, el cráter Eratóstenes, de 59 km. Es otra de las zonas favoritas de los aficionados a la observación lunar.*

06 *La Luna creciente a punto de ocultarse, hacia el oeste, vista desde el interior de Yamay.*

05

Mariano Ribas

06

Andrea Anfossi

brosa. Así fue como descubrieron que los radios de isótopos de oxígeno eran claramente diferentes entre las rocas lunares y las terrestres. Concretamente, estudiaron las cantidades de los isótopos de oxígeno 16, 17 y 18, y notaron que el material selenita tiene 12 partes por millón más de oxígeno 17 a oxígeno 16 que las de nuestro planeta (con un margen de error de 3 ppm).

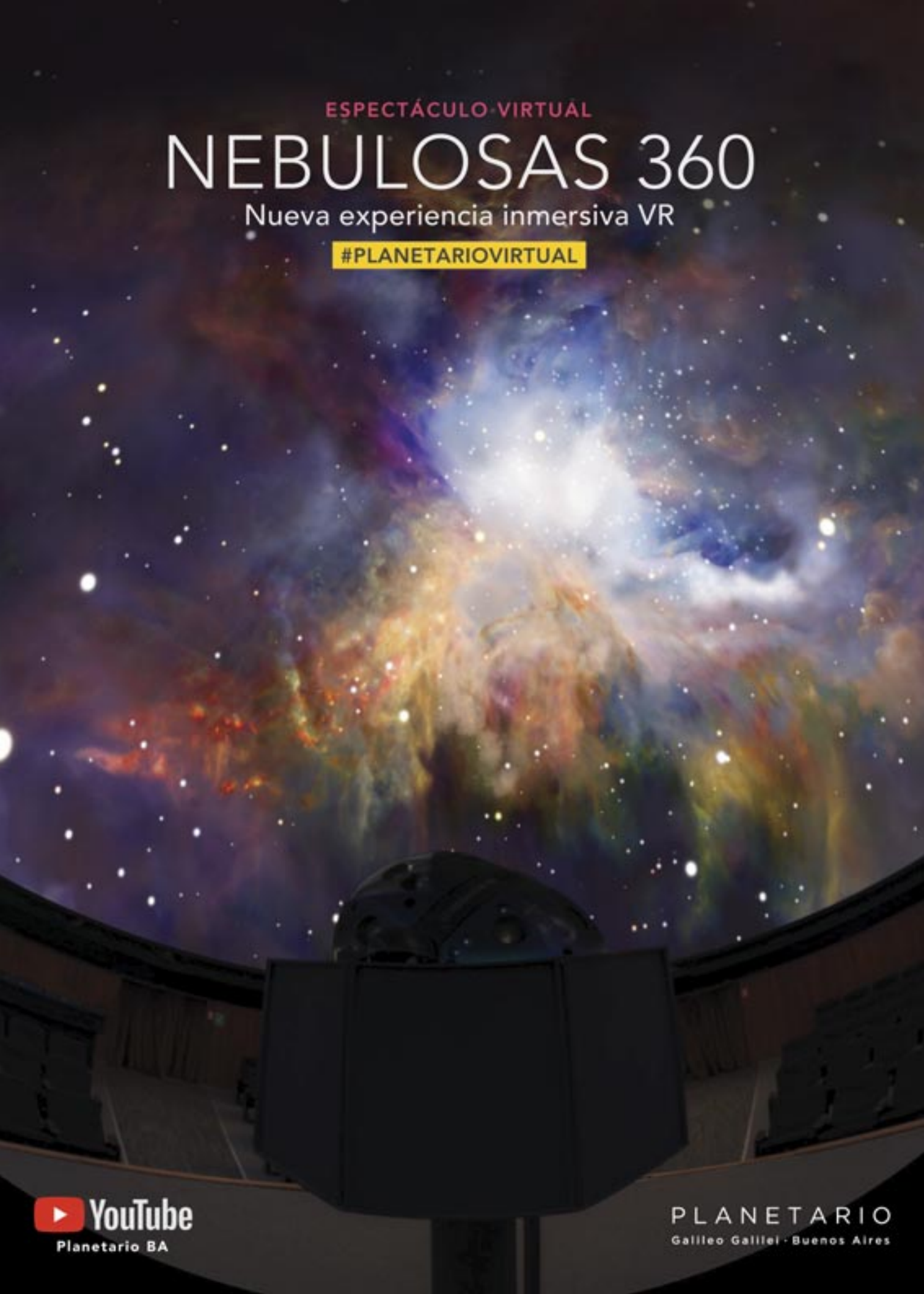
El resultado, que exprimió al máximo las capacidades en este tipo de análisis, es especialmente significativo, justamente porque parece terminar con el principal punto débil de la teoría. *"Si la Luna se formó en gran medida por fragmentos de Theia, como predice la mayoría de los modelos, la Tierra y la Luna deberían diferir (químicamente); y así es. Nuestros resultados indican que, muy probablemente, esa gigantesca colisión ocurrió"*, explicaba el investigador alemán.

La Teoría del impacto gigante es el mejor modelo científico para explicar el origen de la Luna. Quizás no sea del todo perfecta, y ante ojos no expertos podría lucir como meramente espectacular y catastrófica. Pero es muy razonable. Aun así, como toda teoría y como todo camino, se hace al andar, y funcionará mientras se sigan acumulando las evidencias necesarias para sostenerla.

Al menos por ahora, aquí finaliza la historia del origen de la Luna, que hoy luce calma y prácticamente inalterable, pero que hace miles de millones de años vivió los más furiosos "fuegos de parto" que la ciencia planetaria pueda imaginar. ■

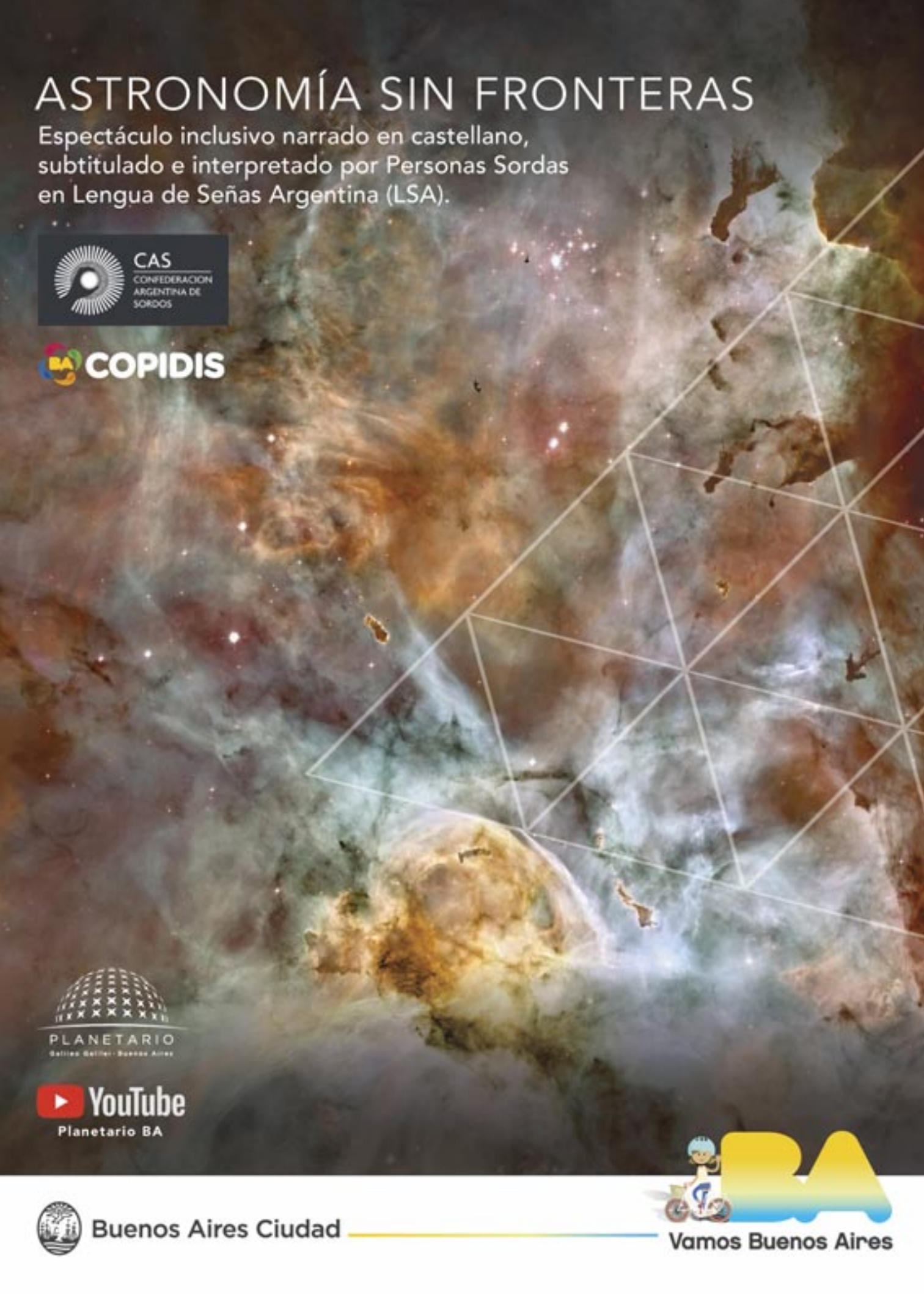
Luna llena
7 de abril de 2020.

Mariano Ribas


ESPECTÁCULO VIRTUAL
NEBULOSAS 360
Nueva experiencia inmersiva VR
#PLANETARIOVIRTUAL
YouTube
Planetario BA
PLANETARIO
Galileo Galilei · Buenos Aires

ASTRONOMÍA SIN FRONTERAS

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



CAS
CONFEDERACION ARGENTINA DE SORDOS

COPIDIS

PLANETARIO
Galileo Galilei · Buenos Aires

YouTube
Planetario BA

Buenos Aires Ciudad

Vamos Buenos Aires