

SI MUOVE

NÚMERO 29 - INVIERNO 2025





CURSOS EN EL PLANETARIO

Explorando el vecindario cósmico

Dra. Estefanía Coluccio Leskow
Cursos de astronomía para chicos y chicas
de 7 a 11 años

Descubrir, observar y disfrutar el cielo

Diego Luis Hernández
Curso de observación del cielo para mayores de 15 años

Astronomía general

Lic. Mariano Ribas
Curso de introducción y actualización al conocimiento
del universo

Crónicas del sistema solar

Dra. Estefanía Coluccio Leskow
Curso para chicos y chicas entre 12 y 15 años

SI MUOVE

NÚMERO 29 - INVIERNO 2025

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

STAFF

EDITORIA RESPONSABLE
ESTEFANÍA COLUCCIO LESKOW

DIRECTOR PERIODÍSTICO
DIEGO LUIS HERNÁNDEZ

DISEÑO GRÁFICO
ALFREDO MAESTRONI
FLORENCIA BARRAU

SECRETARIO DE REDACCIÓN
MARIANO RIBAS

REDACTARON PARA ESTA EDICIÓN
ADRIÁN GONZÁLEZ
JUAN MANUEL ARMALEO
ALEJANDRO HACKER
FACUNDO RODRÍGUEZ
GUILLERMO ABRAMSON
IVÁN E. LÓPEZ
JORGE KITTL
SANTIAGO NAHUEL BRAZ

COLABORACIONES
Karina Herrera, Pablo Laise, María Anté,
Edgardo Sborlini, Tomás Igarzábal,
Alberto Russomando, Mario Casco,
Andrea Anfossi, Carlos Di Nallo,
Franco Meconi, Cyntia Olivera,
Denis Martínez.

AGRADECIMIENTOS
NASA, ESO.

CORRECCIÓN
Walter Germaná, Natalia Jaoand.

FOTO DE TAPA
Eclipse total de Luna del 14 de marzo de 2025. Autor: Mariano Ribas.

ISSN 2422-8095

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



Ministerio de Cultura

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



Guillermo Abramson

EDITORIAL

Han pasado apenas cinco meses de este 2025 y en el Planetario... ¡ya pasó de todo! Durante las vacaciones de verano recibimos a miles de personas que disfrutaron de nuestras propuestas y, apenas terminadas, el 14 de marzo el cielo nos regaló uno de los fenómenos astronómicos más espectaculares: un eclipse total de Luna. Más de 3000 personas pasaron la madrugada entera disfrutando de esa casualidad cósmica y celebrando, además, otro gran suceso: el cumpleaños de Einstein.

El celeberrimo físico alemán nació un 14 de marzo de 1879 y, a la edad de 46 años —ya siendo una figura popular y con un Nobel en su haber—, desembarcaba en el puerto de Buenos Aires, el 25 de marzo de 1925. Como no podía ser de otra manera, el centenario de la visita a nuestro país de quien revolucionó varios campos de la física y nuestro entendimiento del universo, fue celebrado a lo grande, aquí en el Planetario.

Estos primeros meses también nos encontraron celebrando otro centenario: el de la existencia misma de los planetarios. La comunidad internacional se unió en una transmisión en vivo donde muchísimos planetarios del mundo dijimos presente y festejamos juntos cien años de maravillarnos con el cosmos y de compartirlo con los demás.

Y como desde hace tres años, dedicamos un día del primer trimestre a las chicas interesadas en la ciencia. *Apasionadas por el universo* se consolida como una jornada donde las jóvenes encuentran pares, conocen científicas y descubren que en el Planetario tienen un lugar para ser parte de una red que las impulsa.

En este nuevo número de nuestra querida revista, repasamos estos acontecimientos y hablamos, además, de cometas, agujeros negros, la Luna, exoplanetas... y mucho más. Espero, una vez más, que la disfruten, la compartan y que les despierte el mismo entusiasmo que sentimos quienes trabajamos en el Planetario cada vez que miramos hacia arriba.

Dra. Estefanía Coluccio Leskow

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



Código QR



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



30 Eclipse total de Luna.

SUMARIO

- 03 Editorial.
- 06 Exoplanetas: el desierto de los neptunos calientes.
- 11 Actividades: apasionadas por el universo.
- 12 Cráteres: un barrio griego en la Luna.
- 14 Cúmulos: el Cofre de Joyas.
- 19 El Eternauta.
- 20 Astrofísica: desentrañando la estructura de los jets.
- 25 Cometas: C/2024 G3 (ATLAS), el más brillante de los últimos años.
- 30 14 de marzo de 2025: eclipse total de Luna.
- 36 Cráteres: la paradoja de Bailly, el grande.
- 39 Agujeros negros y galaxias, una historia de evolución conjunta.
- 44 Mitos: el día en que los planetas estarán alineados... JAMÁS existirá.
- 47 Visita histórica: Albert Einstein en la Argentina.
- 50 Historia: a 100 años del primer planetario.

25 Cometa C/2024 G3 (ATLAS).

Cynthia Oliveira



Donde los planetas temen orbitar

EL DESIERTO DE LOS NEPTUNOS CALIENTES

Autor: *Alejandro Hacker, licenciado en Ciencias Físicas de la Universidad de Buenos Aires, estudiante de doctorado en el International Center for Advanced Studies de la Universidad Nacional de San Martín.*

Hace 33 años se descubrió el primer planeta fuera de nuestro sistema solar. Hoy ya conocemos más de 5800. ¿Son parecidos a los que ya conocíamos o son totalmente distintos? ¿Cómo se ve a gran escala la gran familia de planetas de nuestra galaxia? A medida que avanzan los descubrimientos, vamos encontrando tendencias inesperadas que están transformando por completo nuestra forma de entender el origen y la evolución planetaria.

Estamos en la orilla del océano cósmico, mirando las estrellas. Las vemos y cuesta imaginar que esos puntos de luz sean, en realidad, colosos gigantescos como nuestro Sol y que hospedan planetas como nuestro Marte, nuestro Júpiter o incluso la Tierra. Cuesta todavía más pensar que esos planetas sean fundamentalmente diferentes a los nuestros. Hoy sabemos que la mayoría de las estrellas similares al Sol tienen al menos un planeta orbitándolas. En las últimas tres décadas pasamos de conocer solo los 8 planetas de nuestro sistema solar a descubrir casi 6000 de los exoplanetas que pueblan nuestra galaxia. Y el número sigue creciendo cada mes.

La variedad de los mundos que orbitan otras estrellas es tan grande que las posibilidades para su clasificación son muy variadas: cuerpos pequeños y grandes, con superficie sólida y gaseosa, calientes y fríos, rocosos y helados, con y sin atmósfera, órbitas circulares o muy alargadas. Muchos de estos planetas son muy diferentes a cualquier cosa que exista en nuestro propio sistema solar, con tamaños, masas, órbitas y propiedades de sus estrellas que los hacen únicos.

Así como los cartógrafos y naturalistas de siglos pasados trazaban mapas de las regiones desconocidas y exploraban la diversidad de la naturaleza, los astrónomos analizan toda la información recopilada para identificar patrones en las características de los planetas y las estrellas que orbitan. Esto nos ayuda a entender mejor cómo se forman y evolucionan los sistemas planetarios y nos permite situar al nuestro en un contexto galáctico. ¿Qué averiguamos hasta ahora?

No importa la distancia

Detectar planetas en otras estrellas no es fácil. Debido a la distancia descomunal a las estrellas, incluso con los mejores telescopios, lo mejor que podemos obtener de la mayoría de ellas es una imagen borrosa de un punto de luz. Y para colmo, los exoplanetas son mucho más pe-

queños y su brillo es hasta 10 mil millones de veces más tenue, por lo que aparecen en el cielo fundidos con la estrella. Para superar estos problemas se diseñaron métodos muy creativos para detectarlos de manera indirecta. Se trata de distinguir los rastros que dejan en la luz que nos llega de la estrella. Existen varios métodos de este tipo, pero nueve de cada diez exoplanetas fueron descubiertos con los dos métodos principales: el método de **tránsitos** y el de **velocidades radiales**. El método de **tránsitos** detecta la leve disminución del brillo de una estrella cuando un planeta pasa frente a ella, y proporciona información como el radio y el período orbital del planeta; mientras que el método de **velocidades radiales** mide el vaivén que hace la estrella debido a la gravedad del planeta orbitando, y permite calcular su masa mínima y período orbital mediante cambios en la luz estelar asociados al efecto Doppler¹. Estos métodos de detección funcionan mucho mejor cuando el planeta es muy grande o muy masivo y está muy cerca de la estrella: mientras más imponente sea y más pequeña sea su órbita, mayor va a ser el efecto en la luz que percibimos de la estrella y más fácil va a ser detectarlo.

Todos los exoplanetas que conocemos hoy en día fueron detectados mediante estos métodos y otros adicionales, gracias a campañas de observación llevadas a cabo tanto con telescopios terrestres como espaciales. Distintas misiones e instrumentos nos permiten ampliar la muestra de planetas confirmados, abarcando una gran variedad de tamaños, masas y distancias a sus estrellas. ¿Qué encontramos al analizar todos estos descubrimientos?

Foto familiar

Si ordenamos todos los planetas confirmados según su **masa** (en múltiplos de la masa de la Tierra) y el tiempo que tardan en completar una órbita alrededor de su estrella -su **período orbital**, medido en días-, obtenemos el gráfico de la figura 03. Este tipo de gráfico es la herramienta clave para analizar, de manera estadística, cómo



se distribuyen las propiedades de los exoplanetas.

¿Cómo se lee el gráfico? Cada puntito representa un exoplaneta descubierto. La forma del puntito (círculo, triángulo, cuadrado, etc.) indica el método utilizado para detectarlo. Cuanto más arriba está el planeta en el gráfico, más masivo es. Cuanto más a la derecha, mayor es su período orbital, lo que significa que tarda más tiempo en completar una vuelta alrededor de su estrella. El período orbital está directamente relacionado con la distancia del planeta a su estrella: los planetas más cercanos tardan menos en completar una órbita. Por ejemplo, Venus, el segundo planeta más cercano al Sol, tarda 225 días en dar una vuelta, mientras que Neptuno, el más alejado del sistema solar, tarda 165 años. Podemos decir, entonces, que **mientras más a la izquierda en el gráfico, los planetas están más cerca de su estrella.** En el gráfico también se muestran algunos planetas del sistema solar como referencia.

Ahora que tenemos una imagen clara de cómo están distribuidos los planetas, veamos qué conclusiones podemos sacar. Lo primero que salta a la vista es que la zona donde se encuentra la Tierra está casi totalmente vacía. O sea, todavía no encontramos planetas de masa similar a la terrestre que estén tan alejados de su estrella. La razón detrás de esto es que estos planetas son, justamente, los más difíciles de detectar con los métodos actuales. Al ser pequeños, poco masivos y estar tan lejos de su estrella, generan señales extremadamente débiles que nuestros instrumentos todavía no logran captar. Sin embargo, gracias a estudios estadísticos, hoy sabemos que la mayoría de los planetas que existen -incluyendo los que todavía no descubrimos- son pequeños y rocosos, como nuestra Tierra.

Otra cosa que se puede ver en la figura es que, a grandes rasgos, hay tres zonas donde se concentra la mayoría de los exoplanetas detectados. La zona de arriba a la izquierda corresponde a planetas con masa parecida a la de Júpiter, pero con períodos más cortos, es decir, más cercanos a su estrella. A estos planetas los llamamos **Júpiter calientes**. Tienen estructura parecida a la de Júpiter y una atmósfera muy gruesa, pero están tan cerca de sus estrellas que llegan a temperaturas de miles de grados y sus 'años' duran unos pocos días. Estos planetas son los más fáciles de detectar con los métodos actuales, por eso conocemos tantos. Sin embargo, sabemos que son poco comunes en la galaxia.

La segunda zona de concentración está justo por debajo de los Júpiter calientes. Aquí encontramos planetas con períodos cortos e intermedios y masas que van desde la masa de la Tierra hasta algo menor que la de Neptuno, aproximadamente. En este grupo se encuentran las llamadas **supertierras** y los **minineptunos**. La diferencia entre ambos está en si tienen una atmósfera gruesa, como Neptuno, o si son predominantemente rocosos, como la Tierra. Al igual que los Júpiter calientes, estos tipos de planetas no existen en nuestro sistema solar y su verdadera naturaleza sigue siendo un misterio.

Finalmente, en la parte superior derecha del gráfico, hay una tercera zona de concentración donde se encuentran planetas muy masivos pero con períodos más largos, de hasta varios años, similares a Júpiter en tamaño y distancia orbital. Son análogos a los **gigantes gaseosos y helados** de nuestro sistema solar.

02

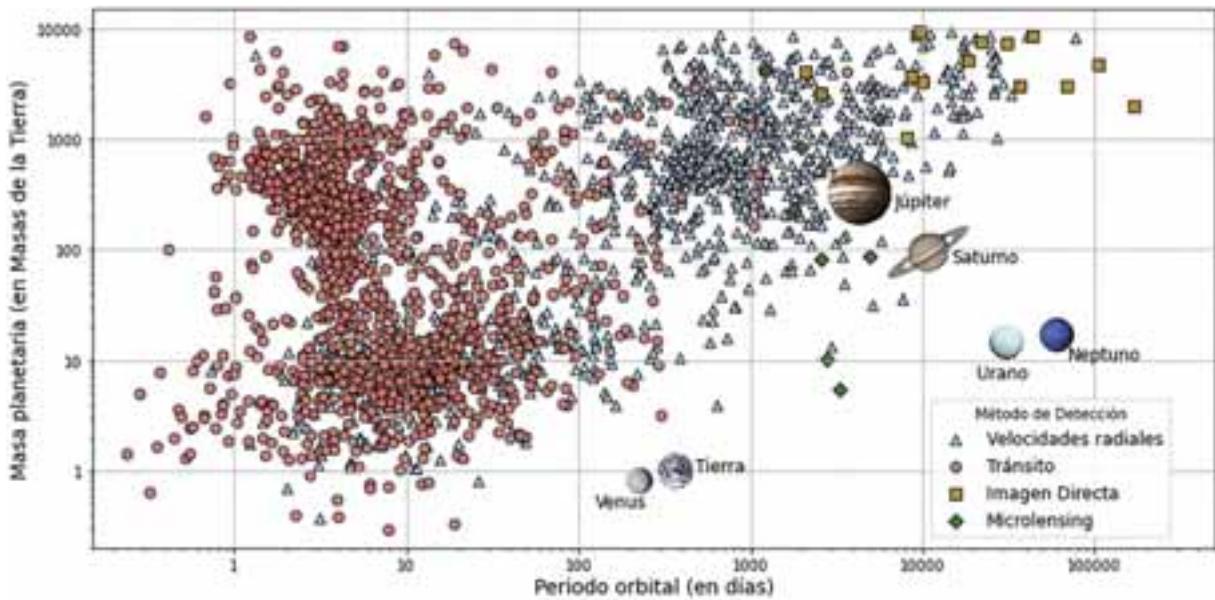


ESO/M. Kornmesser

Un desierto entre mares planetarios

A partir de la distribución de los exoplanetas confirmados, pudimos identificar tres tipos principales de planetas que destacan por la mayor cantidad de detecciones. Pero, como bien nos enseñan las obras del artista M. C. Escher, el fondo puede ser tan revelador como la figura. Y es precisamente lo que no se ve lo que más sorprende al analizar las propiedades de los planetas descubiertos. En medio de toda esta diversidad, aparece una región particular con una notable ausencia de planetas a la izquierda y al medio del gráfico. Esta zona abarca planetas con períodos orbitales de hasta 4 días y masas entre 10 y 250 veces la terrestre, y se la conoce como **desierto de los neptunos calientes** (también llamado “desierto neptuniano”, “desierto sub-joviano” o “desierto de evaporación”). El nombre viene del hecho de que esta región, prácticamente desierta, corresponde a planetas con masas similares a la de Neptuno (aunque también mayores, como la de Saturno o Júpiter) que orbitan extremadamente cerca de sus estrellas.

La pregunta surge de forma natural: ¿cómo se explica la falta de planetas de este tipo, en comparación con los demás planetas descubiertos? Una primera intuición sería decir que es simplemente un sesgo de detección. O sea, los neptunos calientes existen y son tan abundantes como los demás tipos de planetas, pero todavía no los detectamos porque son más difíciles de identificar o porque nuestros instrumentos tienen alguna limitación, conocida o no, para detectarlos, al igual que pasa con los planetas similares a la Tierra. Esta idea se puede descartar a priori ya que, como dijimos antes, los planetas con períodos orbitales cortos y tamaños intermedios son relativamente fáciles de detectar con métodos como tránsitos y velocidades radiales. Cuanto más cerca está un planeta de su estrella, más intensa es la señal que produce, y ya se identificaron muchos planetas con rangos de masas y tamaños similares, pero con períodos más largos.



Danza de fuego y gravedad

El origen del desierto neptuniano es uno de los principales misterios de la ciencia exoplanetaria. En los últimos años se propusieron muchas teorías para explicar por qué existe este desierto y por qué tiene esos límites tan marcados. La clave está en estudiar cómo pudieron haber sido los procesos de formación y evolución de los planetas, que evitaron que hubiera neptunos o saturnos muy cerca de sus estrellas.

Una de las principales teorías propone que estos planetas sufren un proceso conocido como **fototevaporación**. Al estar extremadamente cerca de su estrella, reciben una radiación estelar tan intensa que su atmósfera se calienta hasta el punto de evaporarse y escapar al espacio. Los planetas dentro del desierto pierden su envoltura gaseosa, reducen así su tamaño y su masa, y quedan como núcleos rocosos desnudos, representados en el gráfico por los planetas situados debajo del desierto. En cambio, si un planeta tiene una envoltura lo suficientemente grande y masiva, su propia gravedad es capaz de vencer la evaporación, lo que le permite conservar su atmósfera y mantenerse como un gigante gaseoso, es decir, los planetas ubicados por encima del desierto en el gráfico.

Otra teoría importante para explicar el desierto neptuniano tiene que ver con cómo interactúan gravitatoriamente los cuerpos del sistema planetario. Según las teorías de formación planetaria, los planetas más grandes suelen formarse lejos de sus estrellas y luego pueden “migrar” hacia adentro por distintos procesos. Uno de estos es la llamada **migración de alta excentricidad**, donde el planeta empieza en una órbita muy lejana y alargada (en forma de elipse) y, poco a poco, se va acercando a la estrella. El problema aparece cuando el planeta se acerca demasiado. Ahí entran en juego unas fuerzas gravitacionales conocidas como **fuerzas de marea**. Estas fuerzas intentan estabilizar la órbita del planeta, transformándola de elíptica a circular. Pero si se acerca demasiado, estas

mismas fuerzas pueden desequilibrarlo por completo. En lugar de estabilizarse, el planeta podría ser desgarrado o expulsado del sistema, creando una especie de “barrera” que limita cuán cerca de la estrella pueden migrar estos planetas gigantes. La ausencia de planetas en el desierto sería el resultado de un equilibrio gravitacional delicado que determina quién puede quedarse y quién no.

Un safari astronómico

Quedan muchas preguntas por resolver, pero cada día avanzamos un poco más en nuestro entendimiento del desierto de los neptunos. Por ejemplo, sabemos que más allá de esta región desierta, hacia planetas más alejados de su estrella, se encuentra una “sabana”: una zona con algo más de planetas detectados, aunque no tantos como en las áreas más pobladas del gráfico. Ambas regiones están separadas por una especie de cresta, formada por una concentración de planetas con períodos orbitales entre 3 y 6 días. También aprendimos que, para entender la naturaleza de este desierto, no basta solo con evaluar la distancia

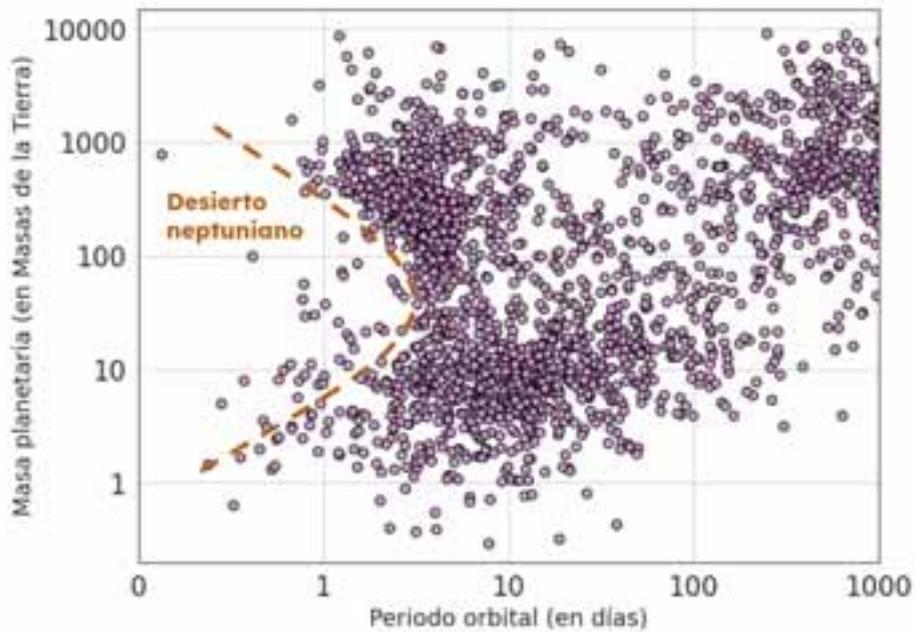
01 Ilustración de la artista Elsa Bersier inspirada en el proyecto SPICE DUNE del Observatorio de Ginebra, Suiza.

Créditos: ©Elsa Bersier-CFPArts/ESB. Di Genève.

02 Imagen ilustrativa para representar un planeta grande como Neptuno, pero muy cerca de su estrella.

03 Exoplanetas confirmados ordenados según su masa (eje vertical) y período orbital (eje horizontal) para distintos métodos de detección. Mientras más a la izquierda, los planetas están más cerca de su estrella. Se incluyen algunos planetas del sistema solar (Venus, Tierra, Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno) como referencia. El tamaño de los puntos no representa nada. Gráfico realizado por el autor a partir de la base de datos de NASA Exoplanet Archive.

04

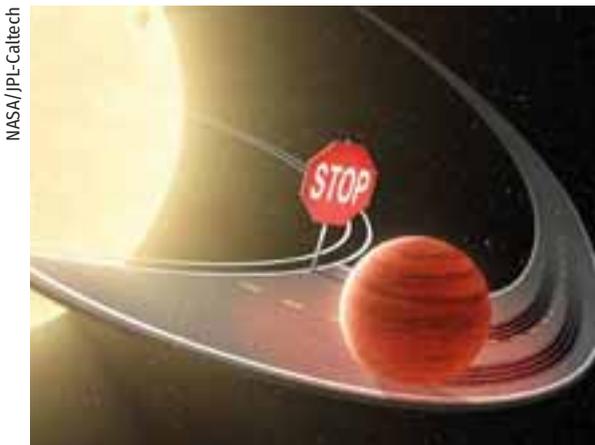


del planeta a su estrella; es esencial tener en cuenta también las propiedades de la estrella misma. Por ejemplo, no recibe la misma radiación un planeta que orbita una estrella enana roja, que uno que orbita una estrella gigante a la misma distancia.

Otra cosa que salta a la vista al observar el gráfico es la pregunta: ¿qué pasa con los planetas que están dentro del desierto? ¿Por qué son tan estables frente a la fotoevaporación y la barrera de fuerza de marea? Cada vez se descubren más planetas en esta región y se están llevando a cabo programas dedicados específicamente a estudiarlos en detalle. Caracterizar estos mundos con la mayor pre-

“Muchos de estos planetas son muy diferentes a los de nuestro propio sistema solar, con tamaños, masas, órbitas y propiedades de sus estrellas que los hacen únicos”.

05



04 Imagen ampliada de la figura 03 donde se señala, de forma esquemática, el desierto neptuniano. Gráfico realizado por el autor a partir de la base de datos de NASA Exoplanet Archive.

05 Una de las teorías para explicar el desierto neptuniano es una barrera de disrupción por fuerzas de marea. Es como si la propia dinámica gravitacional les dijera: “¡Hasta acá llegaron!”

cisión posible es clave, ya que los pocos planetas encontrados en el desierto probablemente hayan pasado por procesos de formación y/o evolución poco comunes en comparación con los planetas de regiones más densamente pobladas. Este análisis tiene el potencial de arrojar nueva luz sobre los mecanismos de origen del desierto neptuniano y su evolución a lo largo del tiempo. Cada descubrimiento nos acerca a entender mejor este paisaje cósmico, pero también nos recuerda cuán vasto y misterioso sigue siendo el universo que habitamos. Como los exploradores de antaño, estamos en una búsqueda constante, donde cada pregunta que se abre es una nueva invitación a seguir aprendiendo y a seguir asombrándonos. ■

Nota

1 El efecto Doppler es el que hace que escuchemos más agudo un auto o una moto que se está acercando y más grave cuando se está alejando. En el caso de la luz de la estrella, cuando esta se mueve hacia la Tierra, su luz se desplaza a frecuencias más altas ('hacia el azul') y cuando se mueve alejándose, su luz se desplaza a frecuencias más bajas ('hacia el rojo'). Llamado también Doppler-Fizeau, por quien lo aplicó por primera vez a la luz.

Proyectos vocacionales

APASIONADAS POR EL UNIVERSO

Autora: Dra. en Física Estefanía Coluccio Leskou, gerente operativa del Planetario de la Ciudad de Buenos Aires Galileo Galilei.



Gabriela Sorondo

Uno de los proyectos que llevamos adelante en el Planetario y que más me entusiasma es el espacio que estamos creando para jóvenes. Tenemos un grupo llamado Club del Cosmos, que reúne chicas y chicos de entre 13 y 20 años en la red social Discord. Allí organizamos encuentros, actividades y eventos en los que interactúan con pares, con científicos y científicas, y se va tejiendo una red genuina de curiosidad, identidad y comunidad.

El sábado 29 de marzo, unas 100 chicas participaron de nuestro evento anual “Apasionadas por el universo”, dedicado a ellas. Y fue una verdadera fiesta. Durante ese día, las chicas, de entre 14 y 20 años, compartieron experiencias con científicas, exploraron temas de astronomía, ciencia y filosofía y, sobre todo, se sintieron parte de algo más grande: una comunidad que las reconoce como pensadoras, como hacedoras de preguntas, como futuras protagonistas del conocimiento. Verlas hablar, debatir, emocionarse, construir ideas en conjunto, confirma que cuando la educación se ofrece con respeto, creatividad y sentido, el impacto es pro-

fundo. Es una apuesta a largo plazo, pero también un acto urgente: necesitamos más voces, más miradas, más jóvenes apasionadas por el universo.

Organizamos este encuentro en gran parte porque las mujeres en general, más aún cuando somos chicas, nos inhibimos para hablar de nuestras inquietudes -o de ciencia- frente a los hombres. Yo misma no le hacía preguntas en público a los profesores en la facultad, por miedo. Durante estos encuentros, muchas chicas contaron lo mismo, y también lo veo en los cursos que doy. Por eso, este espacio es para mujeres.

Con un enfoque interactivo, lúdico y enriquecedor, “Apasionadas por el universo” busca derribar barreras de género en áreas tradicionalmente masculinizadas, visibilizar el trabajo de mujeres en la ciencia y mostrar cómo su pasión por el universo puede convertirse en una carrera significativa. A través de charlas, diálogos y actividades artísticas, el evento no solo brinda conocimiento, sino que también refuerza la confianza de las jóvenes y las impulsa a explorar nuevas oportunidades en el mundo científico. ■

Nomenclaturas

UN BARRIO GRIEGO EN LA LUNA

Autor: *Adrián González, Planetario de la Ciudad de Buenos Aires Galileo Galilei.*

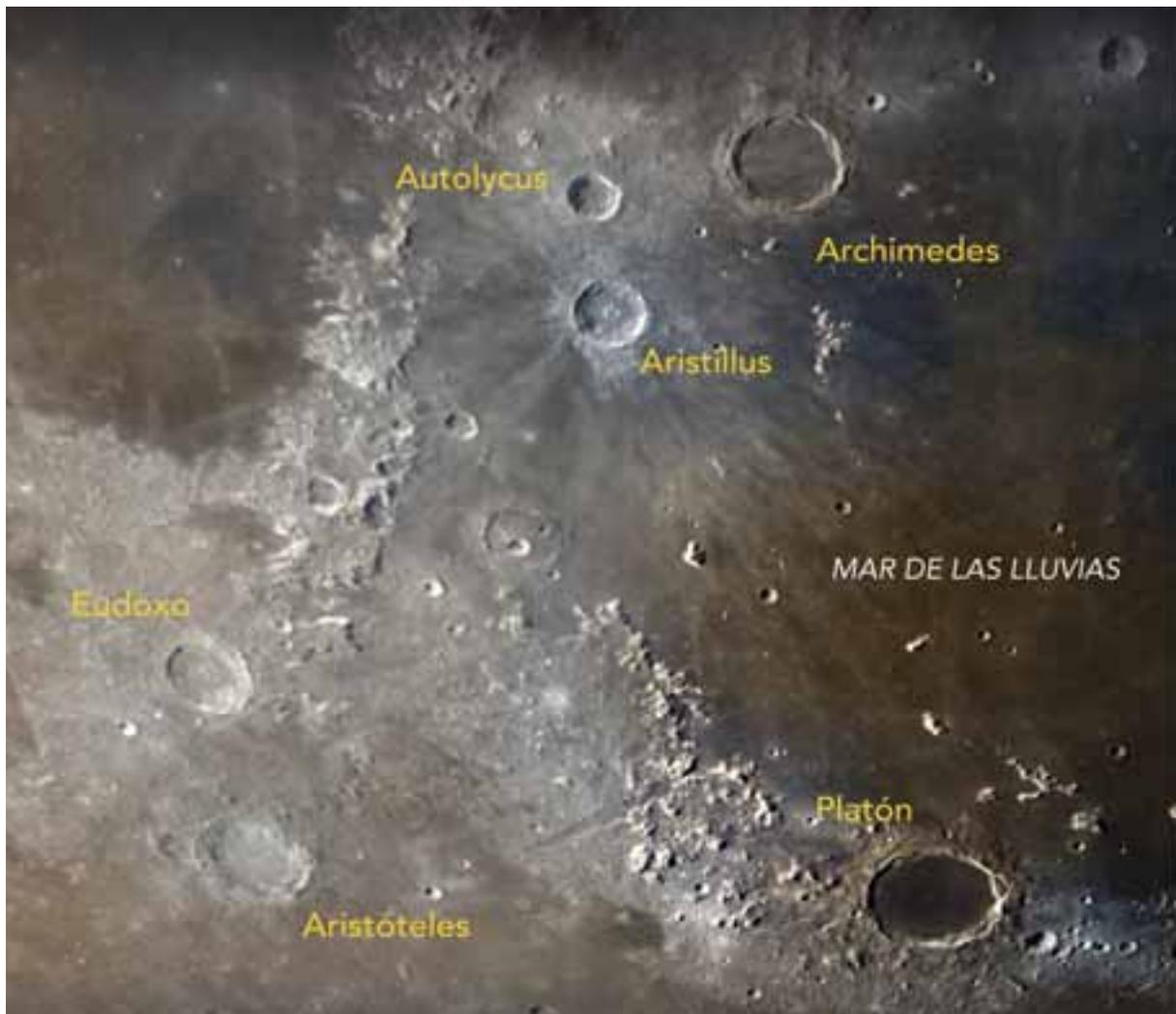
Muchos cráteres y mares lunares fueron nombrados por el astrónomo jesuita italiano Giovanni Riccioli, en el siglo XVII, quien introdujo el sistema de nomenclatura lunar que todavía utilizamos. Los que vemos en esta imagen son fáciles de distinguir con un pequeño telescopio, y aquí repasamos algunos detalles de cada uno de ellos.

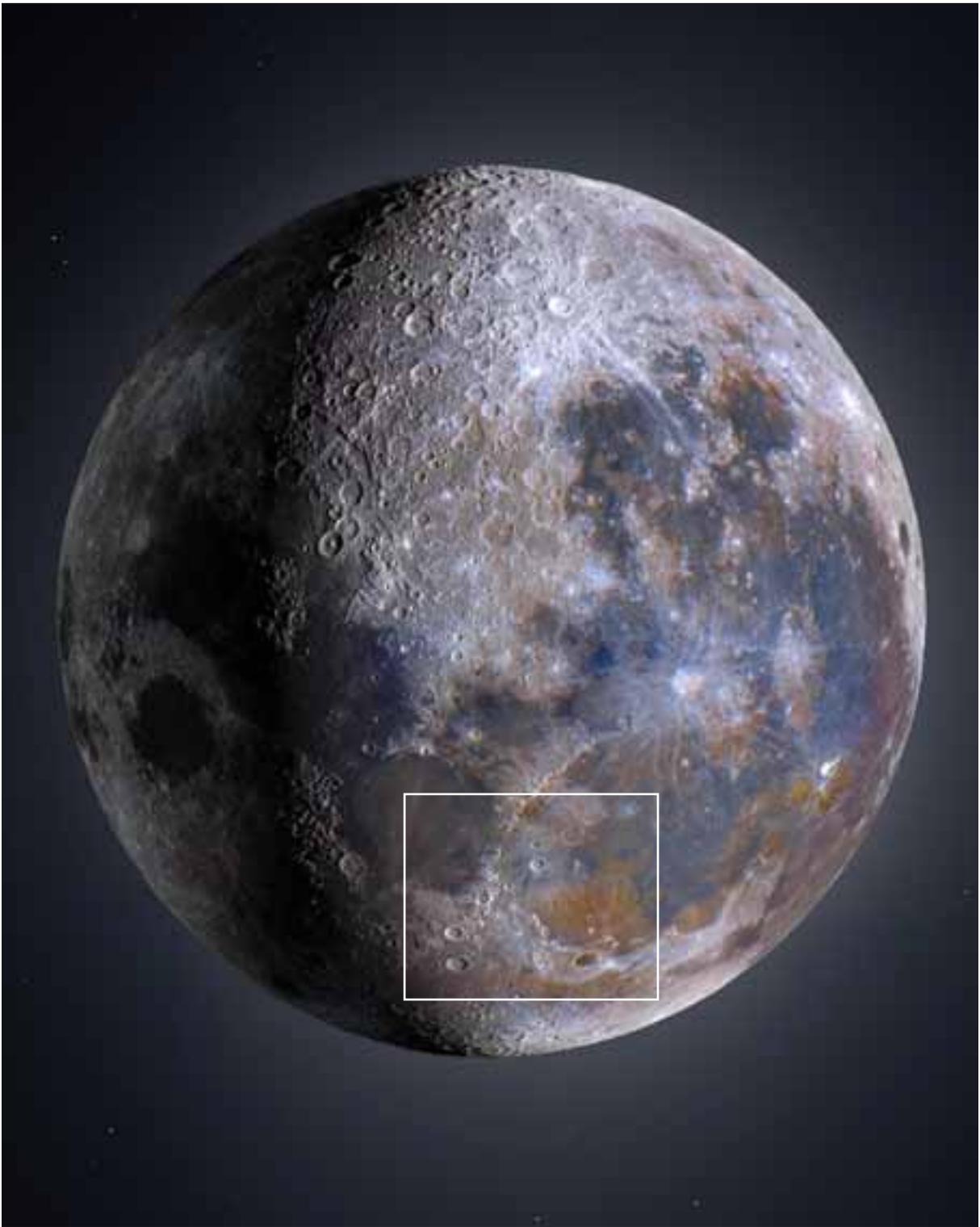
Uno de los cráteres más notables de este sector de la Luna es **Arquímedes**, dedicado al gran científico del siglo II *antes de la era común* (a.e.c.), fundador de la hidrostática y la estática, autor de numerosos inventos. Su cráter está inundado de lava solidificada, tiene un diámetro de 83 km y una profundidad de más de 2000 metros.

Por su parte, **Autólico**, astrónomo del siglo IV a.e.c., da nombre a un cráter de unos 40 km de diámetro y 3400 metros de profundidad.

Aristilo fue un astrónomo y matemático contemporáneo de Autólico, y confeccionó uno de los primeros catálogos de estrellas de los que haya registro. Su cráter es algo más grande que el anterior, pero con similar profundidad, y

Franco Meconi





es el más reciente de los tres.

Saliendo del **Mar de las Lluvias** (*Mare Imbrium*) tenemos el cráter **Platón** (*Plato*), uno de los más fáciles de reconocer, dedicado al famoso filósofo ateniense, discípulo de Sócrates. Esta estructura posee el mayor diámetro entre los cráteres mencionados: 100 km. Se cree que luego de su formación se inundó con lava procedente del Mar de las Lluvias.

Eudoxo, filósofo platónico del siglo IV *a.e.c.*, fundador de la astronomía matemática, tiene su homenaje en este cráter que presenta colinas en su centro y terrazas en sus paredes. Por último tenemos a **Aristóteles**, uno de los filósofos más trascendentes de la historia, alumno de Platón y tutor de Alejandro Magno. Su cráter tiene dimensiones similares al de Arquímedes, pero con mayor profundidad y con pequeños picos centrales. ■

Historia, perfil y observación del cúmulo más famoso del cielo austral

COFRE DE JOYAS

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

*“Es un cofre de piedras preciosas, de variados colores”,
John Herschel, astrónomo británico (1792-1871).*

No existe libro de astronomía, curso o simple charla de observación del cielo, que no mencione el Cofre de Joyas. Ni existe astrónomo aficionado que se precie de tal -al menos, en el hemisferio sur- que no lo conozca y no se haya dejado tentar, una y otra vez, por su innegable atractivo visual. A continuación, vamos a repasar su historia, sus características generales, curiosos detalles, revelaciones actuales y, por supuesto, imágenes y claves para su observación.

Es una joven familia de más de un centenar de soles variopintos, perdida en el ecuador de la Vía Láctea, a más de 6 mil años luz del sistema solar. A simple vista no es más que un pálido manchoncito de luz, muy cercano a una de las principales estrellas de la constelación de la Cruz del Sur. Ya con la ayuda de unos simples binoculares, aquel manchoncito se convierte en un compacto ramillete de brillantes puntos de colores, con forma de “A”. Pero son los telescopios los que revelan toda la gloria, variedad y belleza de este destacado cúmulo estelar abierto, probablemente el más icónico del cielo austral. Hecha su debida y merecida presentación, ya es hora de abrir juntos el cofre.

Hallazgo en la Cruz del Sur

Empecemos por donde corresponde: la historia. La primera referencia explícita a esta joyita astronómica la encontramos en Uranometría (1603), el gran catálogo estelar de Johann Bayer (1572-1625). Allí se la menciona simplemente como *Kappa Crucis*, como si se tratara de una estrella puntual de la Cruz del Sur. Claro, el gran astrónomo alemán no contaba con un telescopio¹, y eso es todo lo que pudo ver: una manchita difusa a menos de 1° de la brillante y azulada *Beta Crucis* o Mimososa. Tan difuso a ojo desnudo que Bayer la definió como “*estrella nebulosa kappa*”. Evidentemente, ahí había algo más.

La verdadera naturaleza de *Kappa Crucis* comenzó a revelarse un siglo y medio más tarde: en enero de 1752, durante su permanencia en Sudáfrica, el abad y astrónomo francés Nicolas Louis de Lacaille (1713-1762) observó el enigmático astro con la ayuda de un diminuto telescopio refractor de apenas 12 mm de diámetro. Ese modestísimo instrumento le alcanzó para apreciar, según escribió, “5 o 6 estrellas”, e incorporó el conjunto (ya como una verdadera agrupación estelar) a su catálogo de 42 objetos del firmamento austral,

Sur les étoiles nébuleuses du ciel austral, publicado en 1755 por la Real Academia de Ciencias de París.

Un tesoro de brillos y colores

Ya hacia 1830, y de la mano de telescopios mucho más grandes, otros destacados astrónomos, como los británicos James Dunlop y John Herschel (hijo del gran William, descubridor de Urano en 1781, entre otros aportes a la astronomía) hicieron observaciones y estudios mucho más profundos de la “estrella nebulosa” de Bayer. Por supuesto: no era una, ni tampoco 5 o 6. Eran decenas y decenas de estrellas apiñadas, mayormente concentradas en forma de “triángulo” o una “A”, con muchas otras que salpicaban los alrededores de esa silueta dominante. Pero lo que más llamó (y llama) la atención de esta agrupación de soles lejanos es su rica variedad de brillos y, especialmente, colores. Allí había (y hay) estrellas azules, celestes, blancas, amarillas e, incluso, naranjas/rojizas, como una especialmente llamativa que se ubica en el centro de la “A” principal del cúmulo.

Ante semejante vista en el ocular de su telescopio, la cita inicial de John Herschel resulta por demás comprensible. Teniendo en cuenta todo lo anterior, no es raro que esta pequeña maravilla lleve sobre sus espaldas varias denominaciones: Cúmulo de *Kappa Crucis*, *Cofre*, *Caja* o *Cajita de Joyas*, *el Joyero* o el más seco y relativamente moderno *NGC 4755*, su entrada formal en el renombrado y extenso *New General Catalogue*², de fines del siglo XIX.

01 *El Cofre de Joyas es ese grupito compacto de estrellas en el medio y hacia la izquierda de la imagen. Más arriba, la estrella azul brillante es Beta Crucis o Mimososa, la segunda más importante de la Cruz del Sur, guía principal para encontrar el cúmulo.*



Galería de soles

Enclavado en la región del ecuador galáctico, y más puntualmente en la llamada Asociación *Scorpius-Centaurus* (donde abundan estrellas muy masivas y luminosas), el Cofre de Joyas está situado a unos 6700 años luz del sistema solar. Mide unos 60 años luz de punta a punta y contiene casi 150 estrellas, con brillos que van de la magnitud 6 hasta la 14³. La mitad de ellas está al alcance de telescopios de aficionados (con lentes o espejos de 150 a 200 mm de diámetro), y no menos de 20 pueden verse con unos simples binoculares 10x50. Es uno de los cúmulos abiertos más jóvenes de la Vía Láctea (ver más adelante).

Entre sus ejemplares más notables podemos mencionar la más brillante de este conjunto, la estrella azulada *DS Crucis* o *SAO 252069*⁴ (de magnitud 5,7), que marca la punta de la "A"; y la segunda más brillante (mag. 5,9), también azulada, cuya denominación actual es *Kappa Crucis* (el nombre que antes llevaba todo el cúmulo), que está ubicada en el centro. Y, por supuesto, no nos podemos olvidar de aquella estrella roja-anaranjada enclavada en el "corazón" visual del cúmulo: la supergigante roja *DU Crucis* o *SAO 252073* (mag. 7,5). El resto del largo centenar de "joyas" se reparte en colores azules, blanco-azulados, blancos más puros, amarillos suaves y hasta naranjas y rojos.

Un clásico con ojos modernos

Dadas sus singulares características, los cúmulos abiertos (ver recuadro) son verdaderos laboratorios de astrofísica, donde los científicos pueden estudiar y comparar la vida y la evolución de las estrellas. En el caso puntual de NGC 4755, su generosa población, variada fauna estelar y relativa cercanía a nosotros, lo coloca entre los favoritos de astrónomos profesionales, amateurs e, incluso, astrofotógrafos. No es raro, entonces, que en estas últimas décadas haya sido uno de los objetivos favoritos de los más grandes telescopios contemporáneos. Aquí compararemos las extraordinarias imágenes de algunos de ellos:

el telescopio MPG/ESO del Observatorio de La Silla, Chile (de 2,2 metros de diámetro), el colosal y famoso *Very Large Telescope* o VLT (formado por 4 instrumentos de 8 metros de diámetro cada uno), en Cerro Paranal, también Chile; y el aún más famoso Telescopio Espacial Hubble. Cada uno de estos aparatos logró una perspectiva diferente del cúmulo estelar, y así se armó este notable mosaico fotográfico (foto 03), elaborado en conjunto por el ESO (Observatorio Europeo Austral) y la NASA.

Vamos por partes: las dos primeras imágenes de la foto 03, simplemente, nos ayudan a situar la posición del Cofre de Joyas, allí, junto a la Cruz del Sur. La que sigue (arriba a la derecha) fue tomada por el MPG/ESO, nos muestra el cúmulo en un plano cercano y deja en evidencia su brillante identidad de grupo con respecto al fondo de estrellas de la Vía Láctea. Luego, abajo a la izquierda, está la exquisita imagen del VLT, donde claramente vemos el juego de colores de este conjunto de soles lejanos. Finalmente, un plano muy cercano del Hubble, centrado en el corazón de NGC 4755, combina imágenes visibles, ultravioletas e infrarrojas, que revelan detalles inéditos. Nunca antes se hundió tanto la mirada en esta familia estelar.

Examinando las joyas

¿Y qué nos dicen las fotos? Además de la belleza, riqueza y particular forma del conjunto, lo más evidente es el contraste entre la brillante estrella rojiza central y todas sus compañeras, las más luminosas, mayormente azuladas y blancas. Como dijimos al pasar, *DU Crucis* es una supergigante roja: una estrella muy masiva, inmensa (de cientos de millones de km de diámetro), hinchada por sus propios mecanismos astrofísicos internos, que tras vivir una corta vida de alrededor de 10 millones de años (lapsos habituales en las estrellas muy masivas), está quemando sus últimos cartuchos antes de estallar como supernova. Alguna vez, *DU Crucis* fue una radiante estrella azul, similar a varias de sus actuales compañeras. Esas mismas que, alguna vez, dentro de millones de años, envejecerán, se hincharán,

Cúmulos abiertos: identikit general

Técnicamente hablando, el Cofre de Joyas es un típico cúmulo abierto⁵, uno de los casi 1200 ya identificados dentro de la Vía Láctea (aunque probablemente sean varios miles). Casi todos los cúmulos abiertos se ubican en el plano principal de la galaxia, y son parte esencial y estructural de sus brazos espiralados, junto a inmensas masas de gas y polvo interestelares, las nebulosas. Estas agrupaciones de estrellas (reales, no aparentes como las constelaciones que dibujamos en el cielo) tienen decenas, cientos y hasta unos pocos miles de integrantes, desparramados a lo largo de decenas de años luz. Además de la relativa cercanía entre unas y otras (están mucho más próximas entre sí que las estrellas "sueltas" del resto de la galaxia, como el Sol), las estrellas que forman los cúmulos abiertos tienen un origen, una historia y un perfil físico-químico en común. Todas se han formado a partir del lento colapso gravitatorio de una misma y gigantesca nube molecular⁶, y más o menos al mismo tiempo. Por eso tienen edades y composiciones químicas similares. En pocas palabras, son "soles hermanos". Con el correr de los cientos de millones de años, las estrellas que forman los cúmulos abiertos evolucionan, envejecen y se van diseminando lentamente, hasta que poco y nada queda de aquella cofradía inicial.

se enfriarán y enrojecerán... como ahora *DU Crucis*. A partir del brillo y de un meticuloso análisis espectral de su luz, los astrónomos calculan que las estrellas azules del Cofre de Joyas tienen entre 15 y 25 masas solares. De ahí su tremenda luminosidad (hay una relación directa masa-luminosidad). Del mismo modo, estiman que las más pequeñas, amarillentas y anaranjadas (mucho menos calientes y brillantes), cargan con masas similares o menores a la del Sol. Como las estrellas muy brillantes y masivas no pueden vivir mucho, se estima que este icónico cúmulo abierto tiene una edad de 10 a 12 millones de años, y que dentro de otro tanto, todas sus estrellas azules

“Este cúmulo abierto llama la atención por su variedad de brillos y colores. Posee estrellas azules, celestes, blancas, amarillas e, incluso, naranjas/rojizas”.

02

ESO



ya se habrán convertido inexorablemente en supergigantes rojas; o incluso, ya habrán muerto tras estallar como supernovas. Así es: en un futuro no tan remoto en términos astronómicos, este rinconcito de la Vía Láctea será un páramo de agonía estelar. Su esplendor y belleza quedarán como un fugaz recuerdo, perdido en la gran enciclopedia galáctica. De algún modo, nos ha tocado en suerte observar y disfrutar esta breve, pero intensa, primavera de soles surtidos.

02 La mejor foto a la fecha del cúmulo estelar NGC 4755. Fue obtenida en 2014 por el famoso Very Large Telescope (VLT) del ESO, en Cerro Paranal, Chile.

03 Mosaico de imágenes que, a modo de “zoom”, se acercan a la posición y a los detalles del cúmulo estelar NGC 4755.

03

Digitized Sky Survey 2 - MPG/ESO - VLT/ESO - HST/NASA



¡A buscar joyas en el cielo!

Si aún no lo hicieron, ya es hora de salir a su encuentro. Es muy fácil. No necesitamos ni el Hubble, ni el VLT, ni ninguno de los colosos ópticos contemporáneos. Solo hay que levantar la mirada hacia la parte austral del cielo y buscar la famosa y fácilmente reconocible Cruz del Sur. Y luego, la estrella más brillante de su palo menor, la ya mencionada *Beta Crucis* o Mímosa. Ahí ya casi estamos: junto a ella, a menos de 1°, y con la ayuda de un simple binocular o de un pequeño telescopio, enseguida veremos un compacto triangulito de estrellas. ¿Parece una “A”? ¿Y hay una rojiza en el medio? Entonces ya no habrá dudas. Es ese, el cofre de piedras preciosas de la Vía Láctea. ■

Notas

1 Todavía faltaban unos años para la introducción de este instrumento, a manos de Galileo y otros astrónomos de comienzos del siglo XVII.

2 El *New General Catalogue* (NGC) es uno de los catálogos astronómicos más famosos. Contiene 7840 objetos de cielo profundo: cúmulos estelares, nebulosas y galaxias. Es una formidable compilación realizada durante la década de 1880 por el astrónomo danés John Louis Emil Dreyer. Junto al célebre Catálogo Messier, son los dos más conocidos y utilizados por los astrónomos profesionales y, especialmente, amateurs.

3 La escala de magnitudes aparentes indica la luminosidad de los astros en el cielo (otra cosa es su brillo real, expresado como magnitud absoluta). Cada punto de magnitud equivale a un brillo 2,5 veces superior al posterior. Por ejemplo: una estrella de magnitud 2, brilla 2 veces y media más que una de magnitud 3. Las estrellas más pálidas que podemos ver a ojo desnudo (en cielos oscuros) son normalmente de magnitud 6. Una estrella de magnitud 6 brilla 100 veces menos que una de magnitud 1, por ejemplo, las famosas Antares, Spica o Aldebarán. En el caso de astros extremadamente brillantes, la escala utiliza magnitudes negativas: la estrella Sirio, por ejemplo, tiene una magnitud de -1,46; y Venus, -4,5.

4 El Catálogo SAO de estrellas es uno de los más utilizados en la astronomía contemporánea. Fue elaborado por el *Smithsonian Astrophysical Observatory* en Washington, Estados Unidos, en 1966. Contiene 258.997 estrellas hasta la magnitud 9.

5 A veces también se los llama *cúmulos galácticos*, término introducido en 1925 por el astrónomo suizo-estadounidense Robert Trumpler, dado que se concentran en el cuerpo principal de la galaxia. Pero preferimos evitar esa denominación, ya que desde la comunicación solo da lugar a confusiones con las grandes familias de galaxias, también conocidas de ese modo.

6 Las nubes moleculares son las “cunas” de las estrellas. Están formadas por gas y polvo frío. Miden decenas de años luz y tienen desde miles a millones de masas solares. Su alta densidad y bajas temperaturas permiten la presencia de hidrógeno molecular (H₂), su principal componente (y de ahí su nombre). También contienen dióxido de carbono (CO₂), agua (H₂O) y moléculas más complejas. Las nubes moleculares se fragmentan por inestabilidades gravitacionales, lo que crea nódulos que colapsan, aumentan su presión y temperatura, y generan *protoestrellas*. Cuando estas inician fusiones termonucleares, se convierten en estrellas.

04 *La Cruz del Sur con sus estrellas principales realizadas. El círculo encierra la estrella Beta Crucis y, abajo a su derecha, el cúmulo del Cofre de Joyas o Joyero.*

04

Carlos Di Nallo



“Muy cerca de una de las principales estrellas de la Cruz del Sur, y con la ayuda de binoculares o pequeños telescopios, se observa ‘el Joyero’, el cúmulo más icónico del cielo austral”.

El Eternauta

UN VIAJE POR EL ÉTER

Autor: Santiago Nahuel Braz, Planetario de la Ciudad de Buenos Aires Galileo Galilei.



Debido al éxito de la serie, basada en la novela gráfica escrita por Héctor Germán Oesterheld y dibujada por Francisco Solano López hace casi 70 años, en todo el mundo se está hablando de El Eternauta, la historia de ciencia ficción más importante escrita en nuestro suelo. Una historia en la que un grupo de personas trata de resistir el apocalipsis en Buenos Aires, bajo la premisa de un héroe colectivo y de aquella máxima que proclama que “nadie se salva solo”.

Pero, ¿por qué se llama El Eternauta? Algún lector dirá que significa “el viajero de la eternidad”. Y sí, efectivamente, Oesterheld da ese significado en su historia. Pero también puede ser que, de casualidad o completamente consciente, esa palabra pueda ser interpretada de otra manera. El término éter nació en la Antigua Grecia a través de mitos, y era usado por los filósofos de la época. Posee muchas acepciones. En la física fue nombre de una hipótesis hoy descartada, pero más presente de lo que se cree.

Cuando las grandes mentes del siglo XVII empezaron a estudiar la luz, se presentaron muchas interpretaciones. Isaac Newton decía que la luz estaba formada por partículas, mientras que su contemporáneo Christiaan Huygens veía que se comportaba como una onda, de manera parecida al sonido o a cualquier otra onda mecánica. Con el diario del lunes sabemos que ambos tenían razón, pero en ese momento eran ideas opuestas, y el planteo de Huygens requería una explicación extra. Así como una roca que cae en un estanque genera ondas en el agua, el sonido requiere del aire para propagarse. Pero, si la luz también era una onda, ¿por qué medio se propagaba?

Es ahí donde aparece la hipótesis del “éter luminífero” o, simplemente, éter, un medio hipotético por donde la luz

se propagaba, basado en ese quinto elemento de los aristotélicos. Se encontraba en todo el universo, pero no interactuaba con nada. Esta idea se mantuvo por casi dos siglos, y con el descubrimiento de las ondas electromagnéticas, a mitad del siglo XIX, se dedujo que el éter era también el medio por donde muchas otras ondas se propagaban. La deuda era definir sus propiedades, ya que para algunos tenía que tratarse de un fluido que abarcara todo el espacio; para otros, tenía que ser más rígido que el acero, para soportar las altas frecuencias de la luz. Es por eso que a finales del siglo XIX se llevó adelante el experimento Michelson-Morley, que trataba de demostrar la existencia del éter con técnicas de medición de la luz muy precisas. **Los resultados de este experimento dieron que la existencia del éter era nula** y, aunque muchos científicos sostenían que no era prueba suficiente para descartarlo, todo cambió cuando Albert Einstein expuso su teoría de la relatividad, lo que dejó finalmente obsoleta la idea del éter.

Pese a que la idea nunca fue refutada, se la considera físicamente inexistente, y parafraseando a Carl Sagan, no hay “evidencia de ausencia”, sino “ausencia de evidencia”. Aun así, el éter quedó grabado en el imaginario de nuestra cultura. Los programas de radio, al transmitir una onda del espectro electromagnético, decían que se emitían a través del éter. Con esa misma lógica, uno podría plantear que, si alguien sale al espacio, podría navegar por ese antiguo éter invisible, infinito y eterno. Y ya que los navegantes del espacio tienen nombres diferentes (*astronautas* en EE.UU., *cosmonautas* en Rusia, *taikonautas* en China), sería propicio que los futuros astronautas argentinos sean llamados *eternautas*, como un homenaje a esa historia que trascendió espacio y tiempo, que caló en todo el mundo y que, pese a que terminó de escribirse en 1959, hoy sigue maravillándonos. ■

Un estudio reciente

DESENTRAÑANDO LA ESTRUCTURA DE LOS JETS

Autor: *Facundo Rodríguez, Instituto de Astronomía Teórica y Experimental (IATE).
facundo.rodriguez@unc.edu.ar*

Llamamos jets a los chorros de materia y energía generados por procesos altamente energéticos, emitidos por agujeros negros supermasivos que se encuentran en el centro de algunas galaxias, y por estrellas en formación. Conocer la naturaleza de estos jets es un desafío en el que trabajan equipos científicos de todo el mundo.

En el universo existen diversos tipos de objetos que emiten chorros de materia y energía, conocidos como jets. Entre estos se encuentran las protoestrellas, que son estrellas en formación, y los agujeros negros supermasivos ubicados en el centro de las galaxias. Las protoestrellas tienen un tamaño comparable al de nuestro Sol, mientras que los agujeros negros supermasivos poseen masas miles de millones de veces mayores, aunque comprimidas en espacios reducidos.

A pesar de esa diferencia de escala, en ambos casos se da un proceso similar en el cual un objeto central está consumiendo material de su entorno y, como parte de este proceso, se liberan jets energéticos. Todavía no se sabe si existe un único mecanismo que pueda explicar la generación de esos chorros en escalas tan diversas.

Un importante avance en un trabajo reciente, publicado en la revista académica *The Astrophysical Journal Letters*, fue logrado por un equipo internacional liderado por Adriana Rodríguez Kamenetzky, del Instituto de Astronomía Teórica y Experimental (IATE, CONICET), e integrado por científicos de México, España e India.

Para explicar mejor el mecanismo de generación de los jets, este equipo internacional analizó, por primera vez, los jets de una protoestrella combinando técnicas usualmente aplicadas para el estudio de jets expulsados por agujeros negros supermasivos. Eligieron un jet protoestelar muy energético, denominado HH 80-81, porque tiene un tipo de emisión denominada sincrotrón, que se encuentra también en los jets de las galaxias activas. Esta emisión está asociada a los campos magnéticos y permite estudiar en detalle cómo el material eyectado podría ser encauzado en forma de chorros o jets, es decir, cómo es su estructura al salir del objeto y hacia dónde apunta.

“Para estudiar en detalle el campo magnético en jets de protoestrellas con emisión sincrotrón se necesitan observaciones muy profundas que nos permitan analizar cómo se comporta esta emisión en distintas longitudes de onda, lo cual requiere un gran esfuerzo observacional”, explica la investigadora de CONICET Adriana Rodríguez Kamenetzky, quien

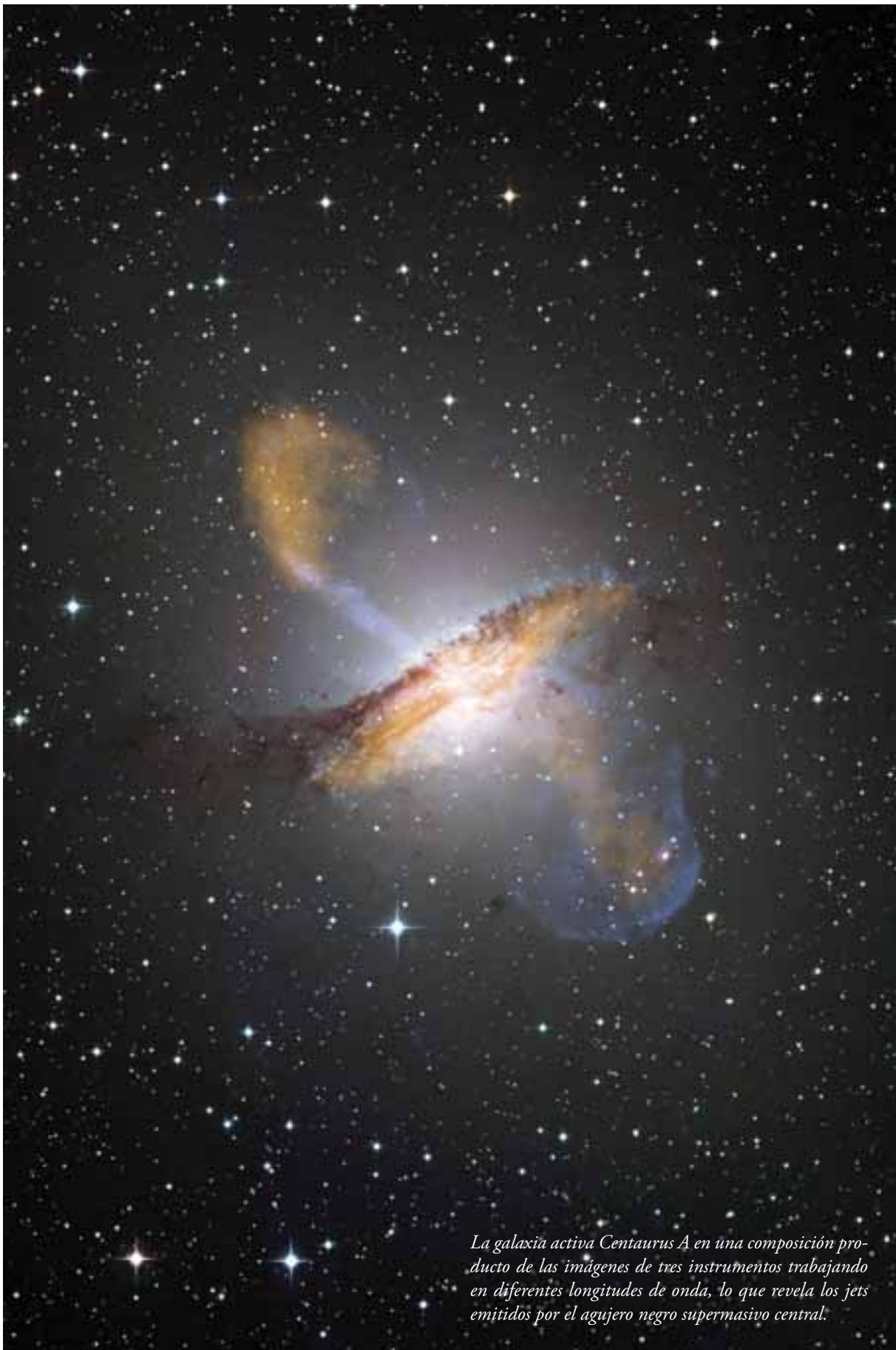
trabaja en estos temas desde hace una década. Además, agrega, *“el mayor desafío es que la emisión de los jets protoestelares es principalmente térmica, lo que no brinda información sobre los campos magnéticos. Por lo tanto, este trabajo permitió estudiar por primera vez la configuración tridimensional de los campos magnéticos en un jet protoestelar”.*

Campos magnéticos y hélices

Como resultado de ese análisis, se pudo descubrir que la estructura tiene una forma helicoidal, es decir, de hélices. Además, esa característica no tiene que ver con la interacción con el material que rodea al objeto, sino que es un mecanismo propio del sistema formado por el disco y la protoestrella. A partir del uso del radiotelescopio *Karl G. Jansky Very Large Array* (NSF VLA, de Nuevo México, EE.UU.), el equipo logró analizar la estructura magnética del jet HH 80-81 y, en particular, de sus dos chorros, algo que en general no es posible en los jets extragalácticos.

Un jet extragaláctico es un chorro gigantesco de partículas y energía que emerge del núcleo de ciertas galaxias, conocidas como galaxias activas. Aunque la mayoría de las galaxias, incluida la Vía Láctea, tienen un agujero negro supermasivo en su centro, no todas son “activas”. Una galaxia se considera activa cuando su agujero negro está acumulando y consumiendo grandes cantidades de gas, polvo y otros materiales, lo que libera una inmensa cantidad de energía en forma de luz visible, ondas de radio, rayos X y otras radiaciones. En algunas de estas galaxias activas, parte del material no cae directamente en el agujero negro, sino que es expulsado en forma de jets. Estos jets pueden extenderse a distancias asombrosas, incluso más allá de los límites de la galaxia, y son una de las características más distintivas de las galaxias activas. Su estudio nos proporciona información valiosa sobre cómo los agujeros negros influyen en su entorno y en la evolución de las galaxias.

“Esta es la primera prueba sólida de que los campos magnéticos helicoidales pueden explicar los chorros astrofísicos a diferentes escalas, lo que apoya la universalidad del meca-



La galaxia activa Centaurus A en una composición producida de las imágenes de tres instrumentos trabajando en diferentes longitudes de onda, lo que revela los jets emitidos por el agujero negro supermasivo central.

nismo de lanzamiento y colimación”, destaca Adriana Rodríguez Kamenetzky.

La relevancia de este hallazgo es que esta estructura de los campos magnéticos es similar a la que se observa en los jets extragalácticos. Por lo tanto, provee indicios de que hay un mecanismo universal que los eyecta y les da forma, independientemente de las escalas de estos jets. Esto brinda pistas de la física que está detrás de estos fenómenos y permite seguir relacionando las observaciones con los modelos teóricos, para poder explicar el surgimiento y la evolución de los sistemas que los albergan.

01

Gemini/NOIRLab/NSF/AURA

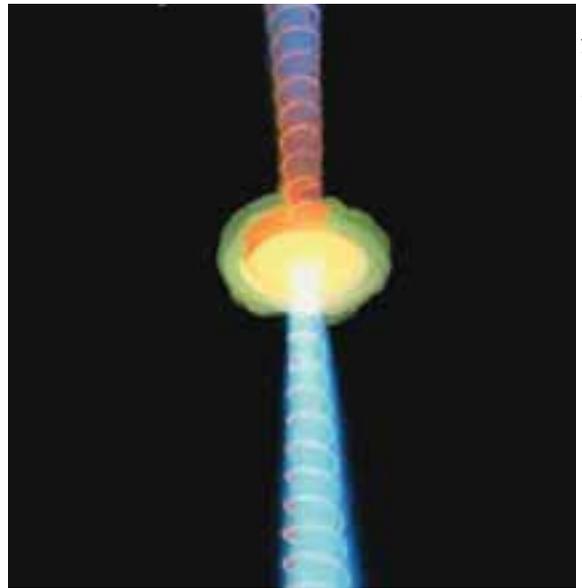


Trabajo a futuro

Para estudiar con más detalle los mecanismos encontrados, se planea pedir nuevas observaciones para investigar el área cercana a la protoestrella, lo que ayudará a entender mejor los jets y, a partir de ellos, los procesos de formación y evolución de las estrellas. Estos estudios ayudan también a preparar el camino para usar radiotelescopios de nueva generación, como el SKA (*Square Kilometre Array*) y el ngVLA (*Next Generation Very Large Array*), que permitirán observar más de cerca las estrellas y estudiar ciertos tipos de emisiones de luz, como la emisión sincrotrón, con mayor precisión y sensibilidad.

“Este es un gran avance en el estudio de los jets que nos abre muchas posibilidades de trabajos a futuro para profundizar la comprensión del proceso de formación estelar”, concluye Adriana, investigadora del IATE. Además, los resultados obtenidos conllevan el desafío de explicar mejor y modelar desde el punto de vista teórico este mecanismo que parece ser universal y se encuentra a partir de las observaciones. ■

Publicación científica: *Helical Magnetic Field in a Massive Protostellar Jet*. Equipo: Adriana Rodríguez Kamenetzky (IATE, CONICET/UNC, Argentina); Alice Pasetto, Carlos Carrasco-González y Luis F. Rodríguez (IRyA, UNAM, México); José L. Gómez, Guillem Anglada, José M. Torrelles (ICE-CSIC, España); Nuno R. C. Gomes (IEEC, España); Josep Martí (Universidad de Jaén, España) y Sarita Vig (Indian Institute of Space Science and Technology).



“Se analizaron los jets muy energéticos de una protoestrella, con un tipo de emisión denominada sincrotrón, asociada a los campos magnéticos, para estudiar cómo el material eyectado podría ser encauzado en forma de chorros”.

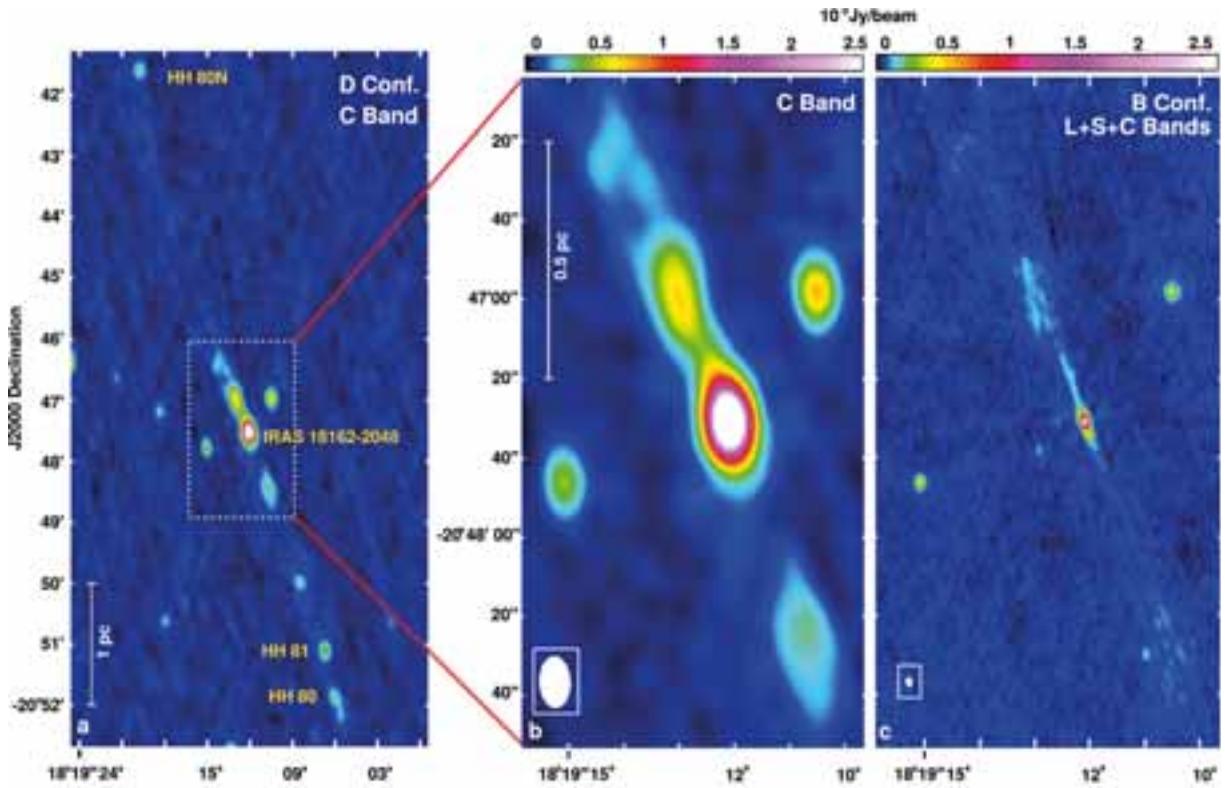
01 El jet estelar MHO 2147. Estas estructuras, de las imágenes 01 y 02, no solo son semejantes al observarlas, sino que su naturaleza parece tener una explicación similar.

02 Representación de la estructura helicoidal de los campos magnéticos del jet encontrados a partir de la emisión sincrotrón.

03 Mediante el observatorio radioastronómico Karl G. Jansky Very Large Array, de Nuevo México, EE.UU., se analizó la estructura magnética del jet HH 80-81. El complejo consta de 27 radiotelescopios de 25 metros de diámetro cada uno.

04 Imagen del jet protoestelar energético HH 80-81, detectada en ondas de radio por el equipo que realizó el estudio.

05 (Página 24). El disco y el chorro del sistema protoestelar HH 1177, obtenidos mediante los instrumentos del MUSE (*Multi-Unit Spectroscopic Explorer*, explorador espectroscópico multi-unidad), instalado en el Very Large Telescope (VLT), y del ALMA, ambos pertenecientes al Observatorio Europeo Austral, en Chile. Se muestra también una idea artística de los jets protoestelares.





Agujeros negros con carga eléctrica ¿UNA ALTERNATIVA A LA MATERIA OSCURA?

La materia oscura es uno de los grandes interrogantes de la ciencia actual. Si bien es necesaria para explicar la formación de las galaxias y las grandes estructuras del universo, aún no conocemos qué tipo de partículas la forman. Según los desarrollos teóricos, debería estar compuesta por algún material diferente del de las estrellas, del gas o del polvo, y no debería emitir luz. Se sugirieron diferentes propuestas para explicarla; entre ellas, planetas o estrellas apagadas, algunas partículas fundamentales exóticas o agujeros negros. En un trabajo publicado en la revista *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*, los investigadores retoman la propuesta de los agujeros negros para explicar la materia oscura, pero, en particular, piensan en los **agujeros negros primordiales**. Es decir, agujeros negros que, hipotéticamente, se formaron en momentos apenas posteriores al Big Bang. Estos agujeros negros estarían cargados eléctricamente. Esto podría tener implicaciones interesantes para la búsqueda de la materia oscura.

Nelson Padilla, investigador y director del IATE, explica: *“Desde los años sesenta, se piensa que agujeros negros pequeños podrían ser candidatos a explicar la materia oscura. Tendrían masa desde menos de un kilo en adelante y podrían ser más chicos que los átomos. Además, se habrían formado en un momento muy extraño, en los primeros momentos del universo”*. Y, agrega: *“Las ondas gravitacionales que lograron observarse en 2016 permitieron deducir que las masas que se necesitan para producir algunos de esos choques que originan las ondas podrían ser, justamente, agujeros negros del principio del universo”*.

Materia oscura y cargas eléctricas

Un equipo interdisciplinario formado por investigadores de Argentina, Chile, España e Italia, a través de estudios que combinan la física teórica y la astrofísica, determinó que, si los agujeros negros primordiales existieran en cantidades suficientes, podrían explicar la presencia observada de materia oscura en el universo, pero deberían, también, tener carga eléctrica. Esto proporcionaría una complicación nueva a la explicación alternativa a la idea de que la materia oscura está compuesta por partículas subatómicas que no interactúan con la luz.

Esta publicación propone y demuestra que, si la materia oscura está compuesta de agujeros negros primordiales, entonces, debe tener carga eléctrica. Por lo tanto, además de interactuar con el resto de la materia por la fuerza de gravedad, lo hará debido a las fuerzas electromagnéticas. Teniendo en cuenta esto, los autores calcularon la fracción de agujeros negros primordiales cargados eléctricamente que sería necesaria para explicar la cantidad observada de materia oscura y exploraron cómo podrían detectarlos los observatorios astronómicos existentes y futuros.

Además, se está analizando si es que las fuerzas electromagnéticas que producen los agujeros negros primordiales podrían ser el origen de los campos magnéticos en el universo y, por otra parte, si los campos electromagnéticos producidos por estos objetos podrían ser los responsables de ciertos fenómenos en la evolución de las galaxias.

Publicación científica: *Dark matter from primordial black holes would hold charge*. Autores: I. J. Araya (Universidad Arturo Prat, Chile), N. D. Padilla (IATE, CONICET/UNC, Argentina), M. E. Rubio (*Scuola Internazionale di Studi Avanzati*, Italia), J. Sureda (*Donostia International Physics Center*, España), J. Magaña (Universidad Central de Chile) y L. Osorio (Pontificia Universidad Católica de Chile).

C/2024 G3 (ATLAS)

EL COMETA MÁS BRILLANTE DE LOS ÚLTIMOS AÑOS

El tema del verano 2025 no fue “Amor de Vago” de La T y La M, ni “Music Sessions #61” de Luck Ra y BZRP, ni el frustrado pase de Paredes a Boca; sino una supuesta “alineación planetaria” que inundó las redes y los medios. Los planetas no pueden alinearse; nunca ocurre y nunca ocurrirá (ver página 44). Lo importante del verano pasado fue este aceptable cometa que pudimos disfrutar, especialmente, con binoculares y desde la ciudad (y, obviamente, el eclipse total de Luna del 14 de marzo, ver página 30. ¡Eso sí es una alineación!).

Muchas veces, los medios y las redes sociales obran en formas misteriosas. Copian, pegan y difunden noticias falsas (llamadas ahora *fake news*), sin chequear las fuentes ni la información, pero ignoran lo verdaderamente importante. En astronomía, lo vemos (y lo padecemos) casi a diario.

Este verano, poco se habló del cometa C/2024 G3 (ATLAS) que, si bien no fue nada espectacular a simple vista, estuvo fácilmente al alcance de unos simples binoculares, en un horario cómodo, tras la puesta del Sol, durante cerca de dos semanas.

Fue descubierto el 5 de abril de 2024 por el sistema robótico ATLAS (*Asteroid Terrestrial-impact Last Alert System*), de la NASA, y se calcula que su paso anterior habría ocurrido hace unos 200.000 años. Alcanzó su perihelio el 13 de enero, a solo 13 millones de km del Sol, una distancia “poco prudente” para un cometa. En ese momento, el cometa alcanzó una magnitud visual de -3 (muy brillante a simple vista), pero lamentablemente eso ocurrió en pleno cielo diurno y a pocos grados del Sol. Más allá de eso, ese valor lo coloca como el segundo cometa más brillante de lo que va de este siglo, solo superado por el recordado McNaught (C/2006 P1), en enero de 2007.

El mejor (y breve) momento del cometa ATLAS en el cielo fue al anochecer del 17 de enero, cuando pudo verse a simple vista en el crepúsculo vespertino, a baja altura sobre el horizonte oeste-sudoeste. Con binoculares lucía realmente bien, brillante, definido, con una coma (cabeza) muy concentrada (casi de aspecto estelar) y desplegando una cola de 3 o 4 grados, incluso en el cielo urbano. Pero el show fue muy breve.

Tal como era de esperar, semejante acercamiento al Sol le costó muy caro: poco después, entre el 19 y el 20 de enero, el núcleo del cometa sufrió una abrupta fragmentación, seguida de un proceso gradual de desintegración y una caída marcada en su brillo. Esto pudo apreciarse fácilmente con binoculares y telescopios, y mejor aún, en fotografías. Esta metamorfosis no fue la primera, ni

será la última de este tipo de objetos: en 2011, por ejemplo, fuimos testigos de un caso similar con el cometa C/2011 W3 (Lovejoy).

Desde Buenos Aires, tras dos días de nubes y lluvia, siete días después de su paso por el perihelio, poco después de la puesta del Sol y a unos 10° sobre el horizonte, pudimos observar con binoculares lo que quedaba del cometa ATLAS: una larga cola casi transparente, sin cabeza; un “fantasma” tubular de unos 2 o 3 grados de largo, apenas visible. Tal como revelaron las fotografías, el núcleo destruido dio lugar a una traza fina y rectilínea, restos de hielo, roca y polvo que recorría la cola desde su cabeza dispersa. En las páginas siguientes compartimos algunas fotos, realizadas desde diferentes lugares del país, del que, hasta el momento, fue el cometa más brillante del año, antes y después de su fragmentación. Pero como todos los cometas son impredecibles... ■

01



Mariano Ribas

02

Diego Hernández/Natalia Jaoand



03

Cyntia Olivera



04

Mariano Ribas





06

Mariano Ribas



07

Denis Martínez



08

Cynthia Oliveira



“Todos los cometas son impredecibles porque nunca se puede saber con certeza cuánto van a brillar al acercarse al Sol y, eventualmente, a la Tierra; ni anticipar la actividad que desplegarán al sublimarse sus hielos y esparcir parte de su material al espacio”.

01 Desde el barrio de Boedo en la ciudad de Buenos Aires, Mariano Ribas logró esta imagen del cometa C/2024 G3 (Atlas) el 17 de enero, unos días antes de la fragmentación. Ese día, probablemente, haya sido el mejor: pudimos detectarlo a simple vista (había que saber de antemano su posición exacta en el cielo, porque no era nada espectacular) y, mucho mejor, con binoculares. Se observaba una cabeza muy concentrada y una cola de 3 o 4 grados.

02 El primer día que lograron observar el cometa (exclusivamente con binoculares), muy bajo, cerca del horizonte y entre algunas nubes, Natalia Jaoand y Diego Hernández lo fotografiaron con una cámara con zoom, desde una terraza en Florida Oeste, Vicente López, el 16 de enero, tres días después de su paso por el perihelio. Este cometa fue descubierto el 5 de abril de 2024 por un sistema robotizado de la NASA, llamado ATLAS. Por eso, lleva su nombre después de la sigla que hace referencia al año y a la época de su descubrimiento. La letra C significa que se trata de un cometa no periódico: se estima que su último paso por el sistema solar interior debe haber ocurrido hace 200 mil años.

03 Una imagen realizada por Cyntia Olivera desde Santiago del Estero, tras la puesta del Sol del 29 de enero, muy bajo, cerca del horizonte. Para esa fecha, el brillo del cometa ya había bajado significativamente y resultaba difícil de observar a simple vista, incluso, en cielos oscuros como este, aunque podía ser visto con binoculares. A pesar de que lo mejor duró unos pocos días, fue el cometa más brillante de los últimos años.

04 Tras la fragmentación del núcleo del cometa, Mariano Ribas tomó esta foto el 21 de enero, desde Buenos Aires. Tal como se sospechaba, luego de un acercamiento poco prudente al Sol, a solo 13 millones de km, el núcleo del cometa sufrió una abrupta fragmentación, seguida de un proceso gradual de desintegración y una caída notable en su brillo. Esto pudo apreciarse con binoculares y telescopios, pero resaltaba mucho mejor en fotografías.

05 Denis Martínez, desde un octavo piso en una torre mirando hacia el oeste en la ciudad balnearia de Las Grutas, Río Negro, logró esta imagen el 21 de enero, en la que se observa también un sector de la ciudad, en dirección opuesta al mar.



Cyntia Olivera

06 Otra imagen realizada por Mariano Ribas, el 20 de enero, pero con los colores invertidos a negativo para que resalte el detalle de la fragmentación del núcleo del cometa. Se aprecia una larga cola casi transparente, sin cabeza, de unos 2 o 3 grados de largo, que resultaba apenas visible. El núcleo destruido dio lugar a una traza fina y rectilínea, restos de hielo, roca y polvo.

07 Desde Las Grutas, Denis Martínez realizó esta imagen del cometa, en el anochecer del 29 de enero. Se observa claramente la ausencia de “cabeza”, tras la abrupta fragmentación de su núcleo. Poco se habló del C/2024 G3 (ATLAS) que, si bien no fue nada espectacular a simple vista, estuvo fácilmente al alcance de unos simples binoculares, en un horario cómodo, tras la puesta del Sol, durante cerca de dos semanas.

08 El 19 de enero Cyntia Olivera logró esta imagen con el cometa a punto de ocultarse bajo el horizonte desde la zona rural del Departamento de San Martín, en Santiago del Estero, mientras en Buenos Aires no lo podíamos observar debido al mal tiempo.

09 Cyntia Olivera tomó esta imagen desde Santiago del Estero el 20 de enero, un rato después que la de la página 5, con el cielo más oscuro.

Página 5. El 20 de enero al atardecer, con luz diurna todavía iluminando parte del crepúsculo, Cyntia Olivera logró esta hermosa imagen del C/2024 G3 (ATLAS) desde Santiago del Estero. La fragmentación del núcleo del cometa no fue un evento inesperado, dada la cercanía al Sol en el momento del perihelio. No es la primera ni la última vez que veamos esto en este tipo de astros del sistema solar.

14 de marzo de 2025

SUEÑO DE UNA NOCHE FRESCA DE VERANO

01

María Anté



El evento astronómico del año se vivió a pleno en todo el país y casi todo el continente americano. En nuestro Planetario, lo compartimos con cerca de 3000 personas que se acercaron, pese a la hora y al frío poco común en marzo, a observarlo con telescopios. Como cada eclipse, tuvo detalles originales que aquí repasamos.

A partir de la medianoche, con un cielo despejado en la ciudad de Buenos Aires, unas 3000 personas se acercaron hasta el Planetario Galileo Galilei para observar el eclipse total de Luna, algunos, con sus propios telescopios, binoculares y reposeras. La mayoría pudo ingresar a la explanada para ver el eclipse a través de nuestros telescopios, ocho en total. Además, el Planetario ofreció una serie de charlas: en primer lugar, alusivas al centenario de la visita de Albert Einstein a la Argentina, y luego, obviamente, al eclipse de Luna.

A las 00:57 del viernes 14 de marzo, la Luna ingresó en la penumbra terrestre, un efecto que se produce porque la luz del Sol no “viene” de una única fuente puntual en el cielo, sino de todo un sector que, aunque pequeño, representa una superficie de medio grado de diámetro, visto desde la Tierra. Al principio, en esta etapa penumbral, la caída del brillo fue casi imperceptible, pero en la medida en la que la Luna se iba acercando al cono de sombra terrestre, hacia un borde comenzó a notarse algo diferente, como una mancha en la parte superior (el sur de la Luna). A las 02:10, cuando la Luna hizo su primer contacto con la umbra (justamente, lo que significa “sombra”), ya era evidente que su brillo habitual había disminuido, y lentamente

la sombra iba avanzando sobre su superficie. El contorno redondeado de la sombra terrestre fue cada minuto más notable, tanto a simple vista como con instrumentos.

A las 03:26, con la Luna a unos 39° sobre el horizonte, comenzó la totalidad, etapa que duró hasta las 04:31. El máximo de la totalidad se dio a las 03:59, pero durante todo este lapso de más de una hora, la tonalidad, el color y el brillo de la Luna fueron muy cambiantes, algo que llamó mucho la atención y que fue el distintivo que caracterizó este eclipse.

“Durante toda la totalidad, la tonalidad, el color y el brillo de la Luna fueron muy cambiantes, algo que caracterizó este eclipse”.

Una imagen histórica

Mientras en la Tierra se producía un eclipse de Luna, en la Luna se daba un eclipse de Sol: la Tierra ocultó el Sol durante más de una hora. Allí no había nadie para observarlo, pero quedó registrado por la cámara de la misión *Blue Ghost 1*, de la empresa estadounidense *Firefly Aerospace*, que había alunizado el 2 de marzo en el *Mare Crisium* como parte de los Servicios de Carga Lunar Comercial, para transportar diez instrumentos de la NASA a la Luna. En una de estas imágenes se ve su propia sombra, 12 días antes del eclipse, con el Sol detrás y la Tierra en el cielo, casi "llena".

La primera vez que vimos la foto del eclipse desde la Luna nos pareció falsa. Pensamos que era una de las tantas fotos falsas que desde hace años circulan en internet y que los medios levantan sin chequear su veracidad. A algunos nos pareció que se ase-



mejaba a la imagen de un eclipse anular de Sol visto desde la Tierra, donde alrededor de la Luna (en esta imagen, alrededor de la Tierra) se deja ver un anillo de luz: el Sol -con un tamaño apenas mayor- por detrás de la Luna.

Pero desde la Luna, la Tierra parece ser mucho más grande que el Sol. Entonces, ¿qué era ese anillo luminoso? Era nada menos que la atmósfera de la Tierra, iluminada por el Sol desde "atrás", vista desde la Luna. A su vez, el destello luminoso que aparece abajo a la derecha es el mismo Sol comenzando a aparecer tras ser eclipsado. Y los otros sectores brillantes en torno a la Tierra (que en nuestro descreimiento inicial asociamos a las clásicas protuberancias solares que se ven durante la totalidad de un eclipse de Sol, pero que en este caso no deberían verse) son los reflejos de la luz del Sol en los océanos de la Tierra.

Un eclipse en colores

Con la Luna completamente sumergida en la sombra terrestre, además, llamó la atención el borde más cercano a la penumbra, con un brillo que se iba desplazando en la medida en la que la Luna transitaba la etapa de totalidad; un tono blanco ligeramente azulado (más notable en las fotos de las páginas 33 y 35) en el borde más cercano al límite entre la umbra y la penumbra.

Durante esa etapa, el color principal de nuestro satélite fue variando entre el rojizo, naranja y marrón, especialmente, cuando se encontraba en la profundidad del cono de sombra. La razón por la que la Luna no desaparece de nuestra vista por completo durante la totalidad de un eclipse, es que la luz del Sol se dispersa y se refracta al

atravesar la atmósfera terrestre, lo que provoca un reflejo dirigido hacia nuestro satélite.

Vista desde la Luna durante la totalidad de un eclipse (desde allí, se produce un "eclipse de Sol", porque es la Tierra la que se le interpone), la atmósfera de nuestro planeta parece dibujar un círculo en torno a la superficie

01 En el Planetario observamos todo el eclipse con 8 telescopios y unos 3000 asistentes.

terrestre. Es lo que se nota bien en la imagen tomada por el módulo *Blue Ghost* (página 31). Ese círculo brillante se encuentra por encima de cada lugar de la Tierra en donde está amaneciendo o anocheciendo; representa, justamente, todos los amaneceres y atardeceres al mismo tiempo en el mismo momento, y ese brillo se ve reflejado en la Luna. Según el estado de la atmósfera, entonces, más o menos turbulenta, con mayor cantidad de polvo, ceniza volcánica o contaminación, el color de la Luna durante la totalidad de un eclipse será diferente. Después de la totalidad, nuestro satélite comenzó a salir lentamente del cono de sombra y, poco a poco, la luz solar volvió a reflejarse en su cara visible. La etapa parcial finalizó a las 05:48, y la penumbral, a las 07:00, con la Luna ocultándose y el Sol asomando por el sector opuesto.

Lo que viene

El próximo eclipse total de Luna visible por completo desde nuestro país será el **26 de junio de 2029**. Mucho antes, el **28 de agosto de 2026** habrá un eclipse parcial de Luna, que por muy poco no será total, por lo que resultará igualmente muy interesante, ya que la sombra terrestre cubrirá casi un 90 % de la Luna. ■



Mariano Ribas

“Quien dice *Luna de sangre*, evidentemente, nunca vio un eclipse, o nunca vio sangre, o las dos cosas”.

02

Tomás Igarzábal



02 Una imagen similar a como se ve un eclipse de Luna a simple vista, durante la totalidad del 14 de marzo.

03 Todo listo para comenzar a observar el eclipse en el Planetario.

04 Con telescopios y binoculares propios, reposeras, mate y sillones inflables, una vez más, gran cantidad de gente se acercó hasta el Parque 3 de Febrero para disfrutar de este eclipse, junto al Planetario.



María Anté

Eclipse lunar ozonizado

Texto y fotos: Dr. Guillermo Abramson.

La imagen 05 muestra las distintas fases del eclipse, desde la preciosa Luna llena previa, pasando luego por la larguísima fase parcial a medida que la Luna se metía en el cono de sombra de la Tierra, hasta la totalidad; y, finalmente, la salida. Las fotos no alcanzan a transmitir la belleza del espectáculo natural, tanto a simple vista como a través de telescopios o binoculares. El ojo humano tiene un rango dinámico que la fotografía no puede igualar, mucho menos en una pantalla o impresa en papel.

05



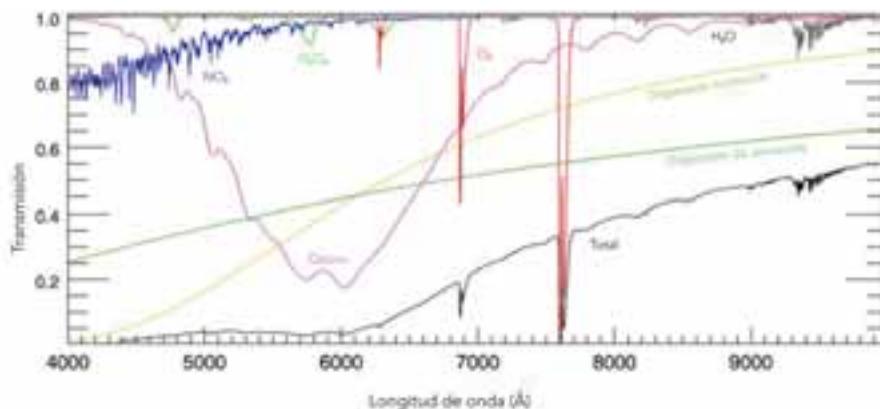
Es notable el color de la parte eclipsada. A pesar de que la Tierra bloquea la luz del Sol, hay algo que ilumina la Luna. Es la luz del Sol dispersada en la atmósfera terrestre, aligerada de los azules que vemos en el cielo (y, por lo tanto, enrojecida) que la Luna nos devuelve. Es un tono cobre o ladrillo, como se ve en las fotos. El que dice "Luna de sangre", evidentemente, nunca vio un eclipse, o nunca vio sangre, o las dos cosas. El brillo de este tono "rojo" depende de cuánta luz filtra la



atmósfera, y eso depende, en gran medida, de las grandes erupciones volcánicas que depositan grandes cantidades de polvo en la estratósfera. La más reciente fue la del volcán Hunga Tonga-Hunga Ha'apai, en el Océano Pacífico, hace más de 3 años. Por eso tuvimos un eclipse bastante brillante.

Pero en las fotos se ve algo más que un color rojo. En la franja entre la fase eclipsada y la iluminada se ven colores azules, turquesas y morados. Se ve mejor en las dos fases parciales (06).

Ese color azul es incluso visible, en estos eclipses brillantes, si uno presta atención en el telescopio. Se debe a la presencia de ozono en la estratósfera. El aire, normalmente, dispersa selectivamente las longitudes de onda corta (el extremo azul del espectro) y deja pasar los rojos. Pero el ozono absorbe fuertemente una banda de colores centrada en el rojo, que produce la disociación de la molécula. Por supuesto, los azules de todos modos se dispersan, pero el balance se invierte, y la luz que atraviesa una atmósfera con ozono resulta azulada, en lugar de enrojecida.



07

07 El espectro de absorción del ozono y otros gases atmosféricos fue tomado de un paper que, precisamente, analiza su efecto durante los eclipses: Yan et al., *High-resolution transmission spectrum of the Earth's atmosphere: Seeing Earth as an exoplanet using a lunar eclipse*, *Int. J. Astrobiology* 14:255–266 (2015).

08

Mariano Ribas



08 Segunda etapa parcial, a las 05:07 del viernes 14 de marzo, con unas pocas nubes que no llegaron a molestar, y una estrella de la constelación de Leo.

09 Unos pocos minutos después del inicio de la parcialidad, la sombra terrestre ya era muy notable sobre la superficie lunar.

10 La totalidad, entre los árboles, apenas pasadas las 4 de la mañana.

11 Secuencia de la totalidad (en el medio), instantes previos (arriba) y posteriores (abajo).

09

Andrea Anfossi



10

Andrea Anfossi



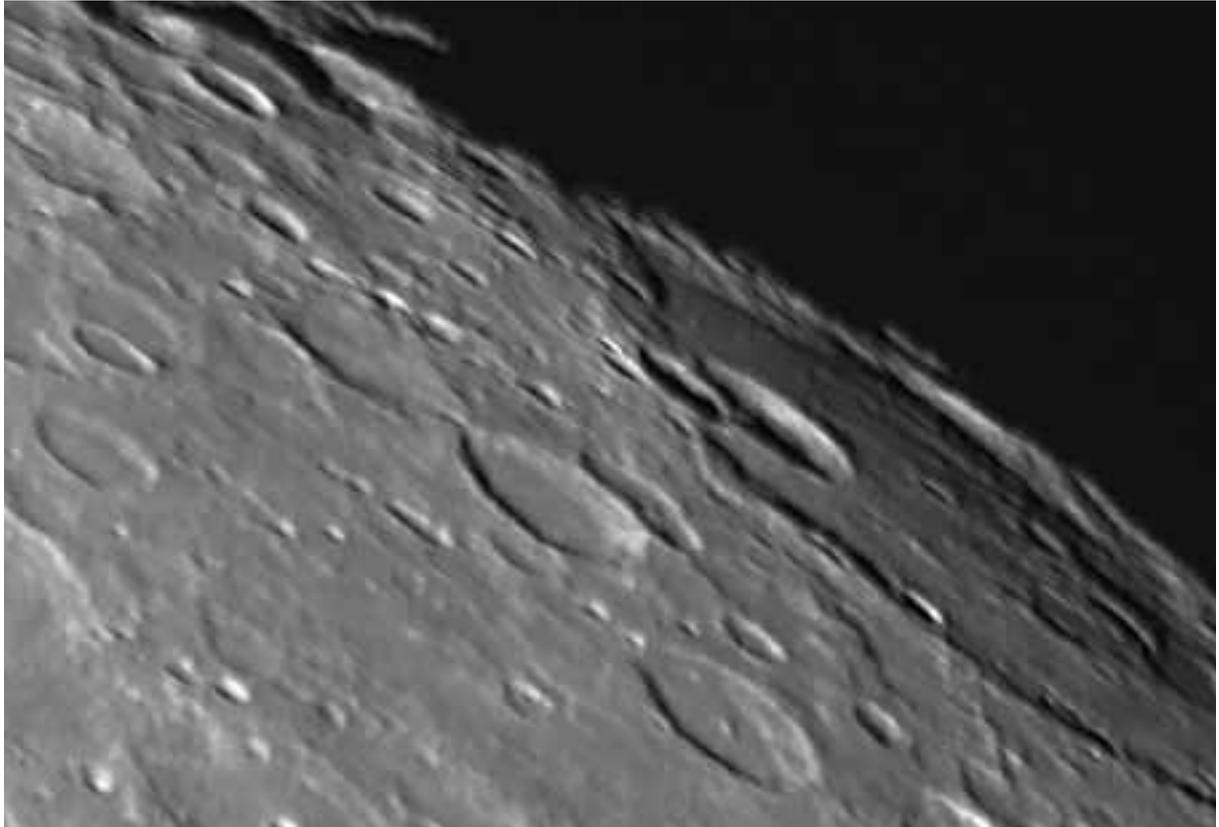


El mayor de la cara visible de la Luna

LA PARADOJA DE BAILLY, EL GRANDE

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

01



Mariano Ribas

La astronomía es una fuente inagotable de sorprendentes revelaciones y cotidianos descubrimientos, incluso en lugares aparentemente tan conocidos como la Luna. Con la ayuda de un telescopio y mapas lunares (impresos o digitales), nuestro satélite es, por lejos, el astro que más y mejor podemos observar en altísimo detalle. Un mundo que tenemos “ahí nomás” y que siempre guarda algo a lo que no le prestamos atención o, directamente, nunca vimos. El inmenso cráter Bailly es un ejemplo perfecto del “Lado B” de las maravillas selenitas.

No es Clavius, ni Ptolomeo, ni Deslandres. Tampoco Janssen o Longomontanus. Ni mucho menos Tycho, Copérnico, Aristóteles ni otras tantas famosas fosas de impacto lunares. El cráter más grande de la cara visible es otro: se llama Bailly y es un antiquísimo monstruo geológico de más de 300 km de diámetro. A pesar de semejantes dimensiones, es poco conocido y, menos aún, fotografiado. Además, siendo lo que es, curiosamente su nombre tampoco nos remite a ninguno de los más famosos próceres de ciencia, la filo-

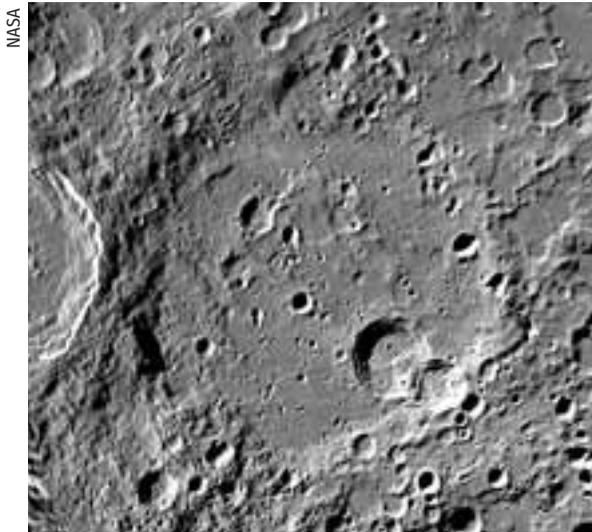
sofía, el arte o la cultura en general. ¿Cómo puede ser? A continuación, las respuestas, su perfil geológico, algunas curiosidades y, por supuesto, las claves para ver con un telescopio lo que podemos definir como *la paradoja de Bailly, el grande*.

01 Esta foto de Bailly fue obtenida en la noche del 13 de enero de 2025, víspera de la Luna llena.

Visión marginal

Bailly es realmente inmenso: mide 303 km de diámetro. Eso es mucho más que los 230 km de los otros dos grandes cráteres que le siguen en tamaño en la cara visible de la Luna: el altamente desgastado Deslandres, y el mucho más famoso, definido y fácilmente observable Clavius. El problema de Bailly claramente no es su tamaño, sino su ubicación, visualmente marginal. Está situado muy al borde sudoeste de la Luna: sus coordenadas son 67° de latitud sur y 69° de longitud oeste. Por eso, lejos de verlo de frente, o al menos medianamente de costado, esta fosa de impacto de la mitad del tamaño de la provincia de Buenos Aires se nos presenta bajo un ángulo extremadamente oblicuo. Solo puede verse muy de refilón, a punto tal que, siendo un cráter bastante circular (como podemos ver claramente en la foto 02, tomada por la sonda LRO de la NASA), su ubicación tan próxima al limbo lunar, visto desde la Tierra, le da una falsa apariencia ovalada.

02



Buscando a Bailly: cuándo y dónde

Dada su posición, tan próxima al limbo lunar sudoeste, Bailly solo puede verse un día antes de la fase de Luna llena. Es decir, cuando el terminador (la línea divisoria entre el día y la noche, o entre la luz y la oscuridad) cruza por encima del cráter y revela su esquiva silueta. Así que, generalmente, solo hay una chance al mes para observarlo, y no siempre la chance es óptima para verlo bien con nuestros telescopios.

Supongamos que llega el momento: estamos en la víspera del plenilunio a las diez u once de la noche, y esa casi Luna llena ha ganado buena altura sobre el horizonte. Nuestro telescopio está listo: en principio, elegimos un ocular de aumento bajo (entre 30x y 60x), que nos permita verla completa. ¿Cómo llegamos a Bailly? Es bastante fácil. Podemos usar como referencia la foto global de la Luna (03) que aquí compartimos con ustedes, con la ubicación de Bailly. Otra buena opción es recurrir a un mapa lunar, de los tantísimos que podemos encontrar en

libros de astronomía o en internet. En cualquier caso, la mejor referencia es el famoso, brillante y muy fácilmente reconocible cráter Tycho (de 85 km de diámetro). A partir de ahí, podemos ir “saltando” cráteres hacia el sudoeste lunar, hasta llegar a Bailly, justo en el borde visible de nuestro satélite.

El juego de la libración

Siendo estrictos, la verdad es que no todas esas “ventanas” observacionales son igualmente buenas. En algunos casos, Bailly queda demasiado de canto, y solo vemos su borde norte (el más cercano desde nuestra perspectiva), pero nada de su interior ni de su borde más alejado. A la inversa, en otros casos lo vemos bien completo, aunque nunca “de frente”, por supuesto. De esos, hay pocos episodios al año, y el resto son situaciones intermedias. Pero, ¿por qué pasa esto?

La respuesta se llama libración¹, una suerte de sutil “bamboleo” de la Luna, que a veces nos permite ver un poco más allá de alguno de los habituales bordes de su cara visible, unos pocos grados más al norte, más al sur, más al este o al oeste de lo habitual. Gracias a la libración, en realidad, llegamos a ver el 59 % de la Luna (y no solo el 50 %, la “cara visible”, como se suele creer). Hoy en día, la información sobre las libraciones lunares puede encontrarse fácilmente en la web o en las tantas aplicaciones de astronomía que podemos descargar y consultar en nuestros celulares. En resumen: las condiciones óptimas para observar a Bailly, el grande, son muy escasas, unas pocas al año. Por eso, cada una de ellas tiene un valor enorme.

03



02 El gran cráter Bailly (303 km) fotografiado desde la órbita lunar por la sonda espacial Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO), de la NASA.

03 Imagen global de la Luna con la ubicación de Bailly, obtenida el 14 de noviembre de 2024.

Un antiquísimo “campo de ruinas”

El cráter número 1 de la cara visible de la Luna presenta un aspecto extremadamente antiguo, complejo y desgastado. Por empezar, sus bordes y paredes externas e internas están altamente erosionadas (mayormente, por otros impactos). Su suelo es irregular: no solo tiene marcadas variaciones de nivel (es cientos de metros más elevado al norte que en el sur), sino que también está lleno de lomadas, crestas y una multitud de cráteres menores. Los dos más notables -y relativamente fáciles de observar- son Bailly A (43 km) y Bailly B (62 km), ubicados en el sector sureste del cráter principal, y superpuestos entre sí (podemos verlos claramente en la foto 01).

Otra particularidad de esta colosal fosa es que carece de uno o más picos centrales. Ese tipo de formaciones geológicas (que se generan -en pocas palabras- como resultado de una suerte de “rebote elástico” de la corteza tras un impacto) son típicas de grandes cráteres relativamente “modernos”. El caso más emblemático es el del cráter Tycho (cuya edad estimada es “apenas” 108 millones de años). Pero a todas luces Bailly es extremadamente viejo. A punto tal que, por todo lo antes dicho, muchos observadores lunares lo conocen como “un campo de ruinas”. ¿Cuán viejo? Los geólogos planetarios estiman que se originó hace unos 3900 millones de años, en el llamado Período Nectárico, aquel que corresponde a la formación de *Mare Nectaris*, una de las tantas llanuras volcánicas solidificadas originadas por tremendos impactos de antaño.

La paradoja de Bailly, el grande no solo es una invitación para buscar con nuestros telescopios una de las más notables maravillas de la Luna, sino también una muestra más de todo aquello que podemos descubrir por nosotros mismos cada vez que salimos a observar el cielo. Con entusiasmo, curiosidad, iniciativa y esa firme actitud de búsqueda y disfrute del conocimiento. ■



04 Jean Sylvain Bailly fue un importante astrónomo y político francés, y se destacó por sus observaciones del cometa Halley (1758-59) y sus estudios de las lunas de Júpiter.

Nota

1 La libración es un aparente “bamboleo” de la Luna, vista desde la Tierra. Este fenómeno de perspectiva, que nos permite ver un poco más allá del habitual 50 % (o “cara visible”) de la Luna, se debe a una combinación de factores: la leve inclinación del eje de rotación lunar respecto a su plano orbital, y las cambiantes velocidades de nuestro satélite a lo largo de su derrotero en torno a la Tierra (velocidades mayores cuando está más cerca, y viceversa). Entrando más en detalle: hay 2 tipos de libraciones: *latitudinal* (norte-sur), que ocurre justamente porque su eje de rotación está ligeramente inclinado respecto al plano de su órbita en torno a la Tierra, lo que provoca que veamos un poco más allá de sus polos norte y sur; y libración *longitudinal* (este-oeste), que resulta de las ligeras variaciones de velocidad de la Luna a lo largo de su órbita (al estar más cerca o más lejos de nuestro planeta).

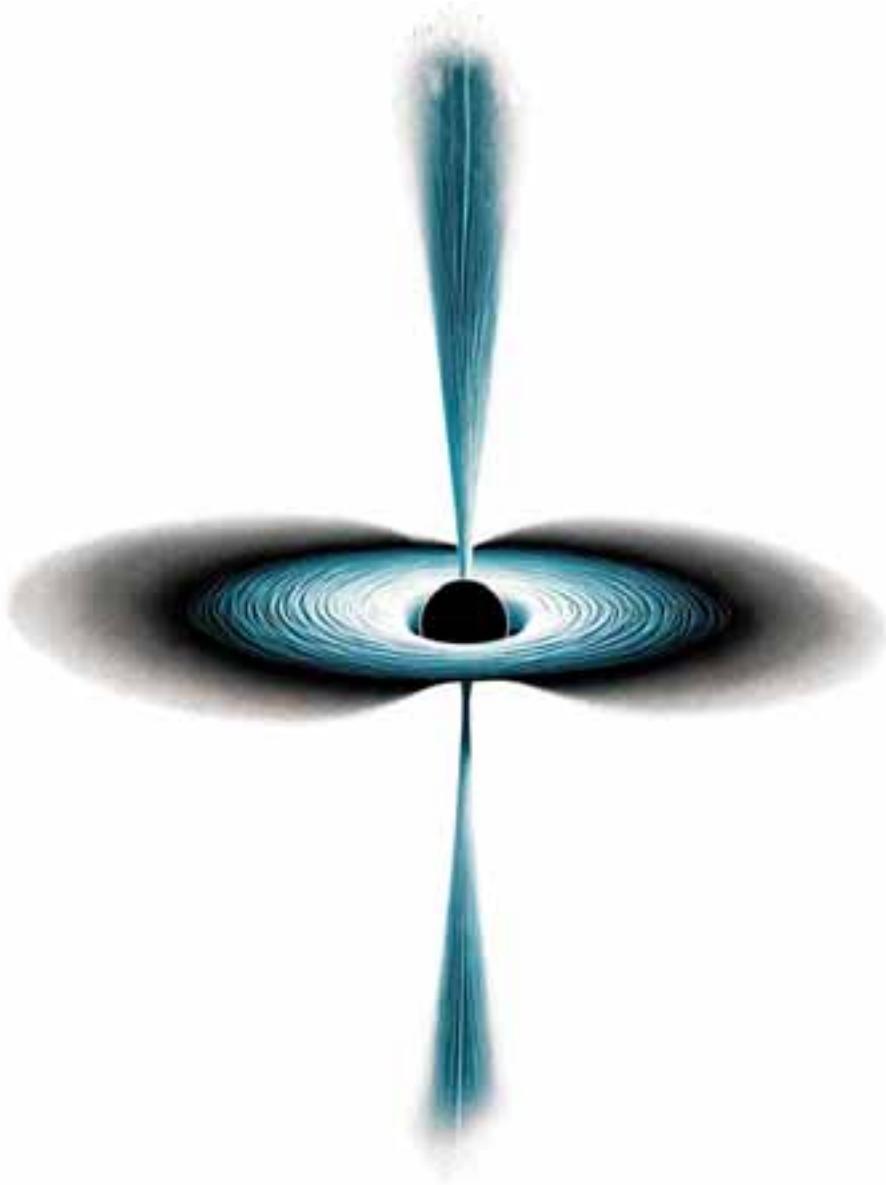
¿Por qué se llama Bailly?

El nombre de este cráter descomunal fue elegido por el gran astrónomo alemán Johann H. Schröter (1745-1816), uno de los padres de la selenografía moderna, quien lo incluyó y acuñó en *Selenotopografisches Fragmenten*, su completísimo atlas lunar de 1802 (el mismo Schröter, mercedamente, también tiene un importante cráter con su nombre). Jean Sylvain Bailly (1736-1793) era un destacado astrónomo, académico y político francés. Fue el primer alcalde de la ciudad de París, el primer presidente de la Asamblea Nacional francesa, y el autor de varias obras históricas. En el ámbito científico, Bailly fue un importante miembro de la Academia de Ciencias de París. Y en lo estrictamente vinculado a la astronomía, se destacó especialmente por sus observaciones del cometa Halley (en su visita de 1758-59) y sus meticulosos estudios de las posiciones y movimientos de las cuatro grandes lunas de Júpiter. La vida de Jean Sylvain Bailly terminó trágicamente unos años después de la Revolución Francesa: fue ejecutado en la guillotina en 1793.

Agujeros negros y galaxias

UNA HISTORIA DE EVOLUCIÓN CONJUNTA

Autor: Dr. Iván E. López, Osservatorio di Astrofisica e Scienza dello Spazio di Bologna, Italia.
ivan.lopez@inaf.it



Lejos de ser objetos aislados, los agujeros negros supermasivos y sus galaxias anfitrionas evolucionan juntos, influyéndose mutuamente a lo largo de la historia del universo. Nuestra comprensión de estos objetos ha cambiado con el avance de la ciencia y, hoy en día, el modelo unificado de núcleos de galaxias activas resulta insuficiente para explicar su evolución. La evidencia actual indica que los agujeros negros supermasivos moldean sus galaxias, regulan la formación estelar y dejan una huella profunda en la evolución del universo.

Los agujeros negros son la manifestación extrema del poder de la gravedad. Se forman cuando una estrella masiva colapsa bajo su propio peso y comprime su materia en un espacio increíblemente pequeño. La idea de estos “monstruos” gravitatorios ya existía en el siglo XVIII, cuando John Michell imaginó una “estrella oscura”, un objeto tan masivo que ni siquiera la luz podría escapar de su atracción. Sin embargo, fue en el siglo XX cuando Karl Schwarzschild encontró la primera solución exacta de la relatividad general para describir un agujero negro sin rotación.

La evidencia observacional llegó en 1963, cuando Maarten Schmidt descubrió el primer cuásar, un objeto con una luminosidad extraordinaria y tan distante que fuentes convencionales de luz –como estrellas, cúmulos estelares o supernovas– no podían explicar su brillo. Así nació el concepto de núcleos de galaxias activas, o **AGN**, en el que la intensa luz se debe a la actividad de un agujero negro supermasivo en el centro de la galaxia. Uno de los hitos más recientes se dio en 2019, cuando el *Event Horizon Telescope* (EHT) –una red global de radiotelescopios– capturó la primera imagen de un agujero negro supermasivo en el centro de la galaxia M87. Esta imagen mostró una región oscura rodeada por un anillo luminoso, que representa el horizonte de eventos y el material en acreción. Poco después, se obtuvo una imagen similar para Sgr A*, el agujero negro supermasivo en el centro de la Vía Láctea.

Es importante destacar que los agujeros negros supermasivos tienen un origen distinto al de los agujeros negros de masa estelar. Mientras que estos últimos se forman por el colapso final de estrellas masivas, la génesis de los agujeros negros supermasivos –que pueden tener masas desde cientos de miles hasta miles de millones de veces la del Sol– sigue siendo un enigma. Se cree que estos gigantes se formaron en la juventud del universo y cre-

cieron considerablemente tras aprovechar el abundante material disponible. Recientes descubrimientos del Telescopio Espacial James Webb, que revelan agujeros negros más masivos de lo esperado para un universo muy joven, han complicado aún más este panorama. Esto implica que estudiar estos agujeros negros hoy en día es comprenderlos en el marco de la evolución cósmica, lo que contrasta con la visión clásica, en la que las galaxias activas con agujeros negros supermasivos se consideraban raras y representaban apenas el 10 % de las galaxias.

Un modelo para gobernarlos a todos

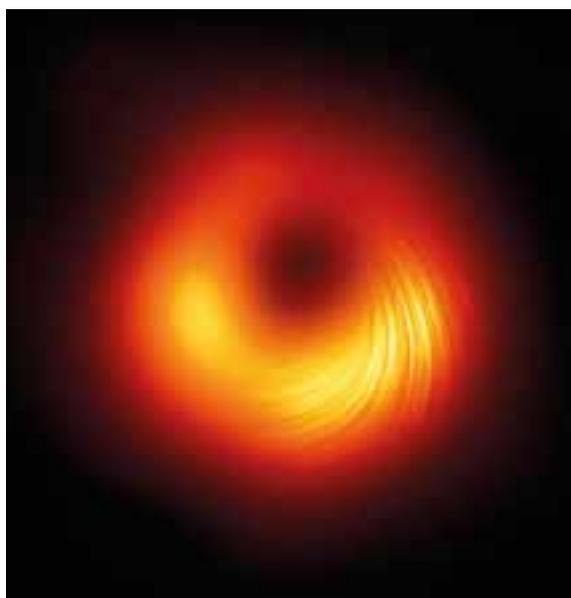
La comprensión moderna de los AGN se apoya en el modelo unificado propuesto en los años '90, que nos permite entender la diversidad de estos objetos de forma coherente. La idea básica es que, sin importar el ángulo desde el que se observe, todos los AGN comparten los mismos ingredientes principales:

- Un agujero negro supermasivo.
- Un disco de acreción.
- Una corona de gas caliente.
- Nubes de gas con distintas densidades.
- Un *toroide* frío de polvo y gas (ver imagen 04).
- Un par de jets relativistas que salen en direcciones opuestas.

“Estudiar estos agujeros negros es comprenderlos en el marco de la evolución cósmica, lo que contrasta con la visión clásica, en la que las galaxias activas con agujeros negros supermasivos eran consideradas raras”.

01

Event Horizon Telescope Collaboration



01 En 2019, el *Event Horizon Telescope* capturó la primera imagen de un agujero negro supermasivo en el centro de la galaxia M87. Se aprecia una región oscura rodeada por un anillo luminoso, que representa el horizonte de eventos y el material en acreción.

02 El *feedback* radiativo expulsa gas y polvo del núcleo galáctico mediante presión de radiación. Mediante el *feedback* cinético, los jets interactúan con el medio interestelar, producen turbulencia, ondas de choque y calentamiento del gas. Crédito: I. E. López (CC4.0 <https://amsdottorato.unibo.it/>).

¿Cómo funciona este “motor”?

En el corazón del AGN se encuentra un agujero negro supermasivo que, aunque no emite luz, se alimenta del material que forma un disco a su alrededor. Este disco es muy eficiente en producir luz: al caer hacia el agujero negro, la materia convierte su energía gravitatoria en calor y, al calentarse, emite principalmente luz ultravioleta. El equilibrio entre la fuerza gravitatoria y la presión sobre el gas es crucial

para mantener la estabilidad del disco; si la gravedad fuese demasiado fuerte, el disco colapsaría, y si la presión fuera excesiva, se dispersaría. Este balance permite que el agujero negro crezca de forma moderada, consumiendo solo una pequeña cantidad del material disponible.

Rodeando el disco se halla la corona, una región donde electrones que se mueven a velocidades cercanas a la de la luz y temperaturas extremas generan radiación en rayos X. A mayor distancia, se encuentra el *toroide* frío de polvo y gas. Este material denso actúa como un velo que, dependiendo del ángulo, bloquea la luz intensa del disco y la reemite en infrarrojo, lo que permite conocer la cantidad y distribución del polvo; además, reabastece el disco para que el agujero negro siga alimentándose.

Antes y después del *toroide*, se encuentran dos regiones clave que nos permiten estudiar el movimiento del gas. Muy cerca del centro, las nubes de gas denso se desplazan a velocidades altísimas. Estos rápidos movimientos ensanchan las líneas espectrales y nos ofrecen una forma de medir la intensa gravedad que actúa en esa zona. Más lejos del centro, el gas menos denso se mueve más lentamente y emite solo líneas espectrales angostas. Dado que las nubes densas están cerca del núcleo, el *toroide* puede bloquear su luz en ciertas orientaciones, mientras que las líneas angostas del gas más externo permanecen siempre visibles.

Finalmente, algunos AGN generan potentes jets de partículas que salen perpendiculares al disco de acreción. Estos jets, impulsados por campos magnéticos y la energía de rotación del agujero negro, pueden recorrer enormes distancias y afectar el medio intergaláctico, influyendo en la formación de estrellas de la galaxia anfitriona o, incluso, en algunos casos, en galaxias cercanas. El poder del modelo unificado radica en su capacidad para explicar las diferencias observadas en los AGN

“Los agujeros negros supermasivos no solo crecen: transforman su entorno e influyen en la formación estelar de sus galaxias anfitrionas”.

Feedback radiativo



La intensa radiación del AGN genera vientos que expulsan el gas y polvo.

Feedback cinético



Los jets del AGN generan turbulencia y ondas de choque que calientan el gas.

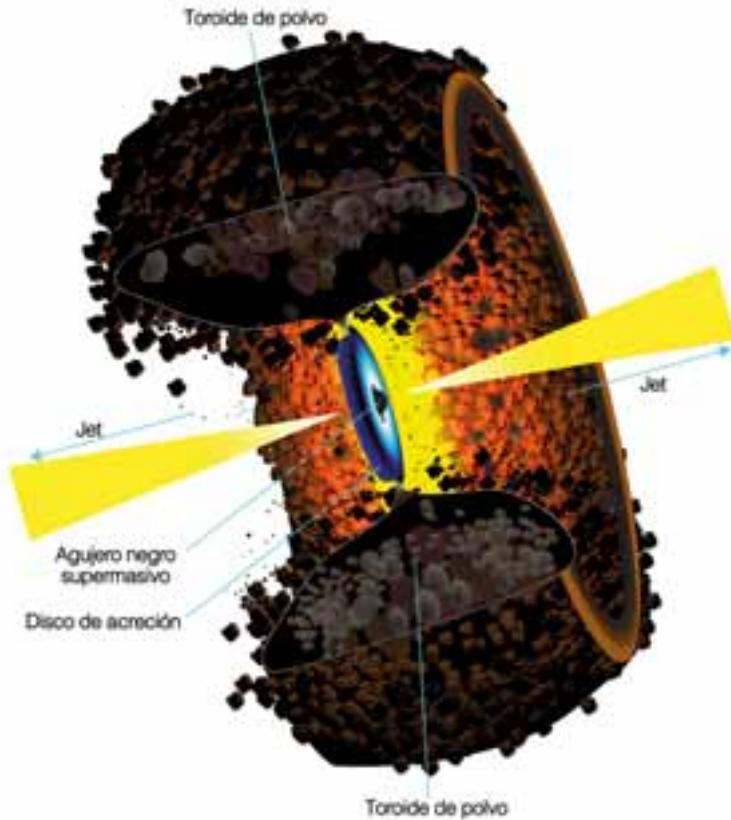
únicamente en función de la orientación del sistema respecto a nosotros. Por ejemplo, si miramos directamente a lo largo del eje del jet, observamos un “blazar”¹ dominado por la radiación no térmica²; con una vista ligeramente inclinada se aprecian tanto líneas anchas como estrechas, típicas de quasares¹; y en ángulos más elevados, el *toroide* de polvo oculta las zonas internas y deja visibles solo las líneas estrechas, característica de las galaxias Seyfert¹ tipo II.

Perspectiva evolutiva de los AGN

Aunque los procesos que rigen un AGN dependen principalmente de la dinámica del gas bajo la fuerte gravedad del agujero negro, se observa que su actividad varía a lo largo de la vida del universo. En el universo cercano (nuestro presente, donde el universo ya está evolucionado) es poco común encontrar AGN extremadamente luminosos, mientras que en épocas pasadas —cuando el universo tenía aproximadamente la mitad de su edad actual, en lo que se conoce como el *cosmic noon* (mediodía cósmico)— estos objetos eran mucho más frecuentes.

Hoy en día sabemos que los AGN no son objetos aislados, sino fases transitorias en la vida de todas las galaxias, que influyen de manera significativa en su evolución. Un agujero negro supermasivo no está en constante actividad: su fase activa es solo un breve episodio, cuyo inicio y duración dependen de la interacción entre el agujero negro, el material circundante y el crecimiento mismo de la galaxia. Procesos como fusiones galácticas o episodios intensos de formación estelar pueden desencadenar la actividad del AGN, y demostrar que su comportamiento va mucho más allá de una simple cuestión de orientación respecto al observador.

El entorno del AGN, es decir, la distribución y geometría del material que lo rodea, también influye en lo que observamos. Por ejemplo, el polvo de la galaxia también puede ocultar el AGN, y cuánto lo oculta depende en gran medida de la tasa de acreción del agujero negro. A tasas altas, la presión de la radiación despeja el camino y se revela más del “motor” central. Además, el modelo unificado enfrenta complicaciones cuando se estudian fuentes con muy baja tasa de acreción. En estos casos, la física de la acreción cambia: el disco presenta inestabilidades, se emite poca luz ultravioleta y la acreción se ve dominada por la advección³, lo que puede alterar la estructura tradicional del AGN.



Actualmente, el paradigma es que la evolución de los AGN está íntimamente ligada a la de sus galaxias anfitrionas. Durante su vida, un AGN puede liberar una enorme cantidad de energía, a través de la radiación o mediante potentes jets, lo que afecta directamente el gas de la galaxia. Este proceso, conocido como *feedback*, puede expulsar o calentar el gas y, de esa forma, regular la formación de nuevas estrellas. La energía liberada —que puede alcanzar aproximadamente el 10 % de la energía del material que cae en el agujero negro— modula el crecimiento de la galaxia.

Las observaciones respaldan este escenario, ya que hemos capturado galaxias en pleno proceso de *feedback*. Se distinguen dos modos principales:

-Feedback radiativo: asociado a AGN muy luminosos, en los cuales la intensa radiación ioniza el gas e impulsa fuertes vientos que pueden expulsar el material necesario para formar estrellas.

-Feedback cinético: donde potentes jets interactúan directamente con el gas de la galaxia y generan cavidades, ondas de choque y turbulencia que calienta el gas. Este modo es más común en galaxias masivas y en etapas tardías de evolución, cuando hay menos material disponible para alimentar el agujero negro.

En ocasiones, ambos modos de *feedback* actúan simultáneamente e, incluso, pueden estimular la formación de estrellas al comprimir el gas en ciertas regiones. Sin em-

bargo, surgen interrogantes: ¿qué tan efectivos son estos mecanismos para detener la formación de nuevas estrellas? ¿Cómo influyen las características particulares del entorno y de cada galaxia en el impacto del AGN? Además, el *feedback* no es la única evidencia de la evolución conjunta entre la galaxia y su agujero negro central. Se observa una correlación lineal entre la masa del agujero negro y la masa estelar de su galaxia, aunque aún se debate si primero se forma un agujero negro masivo que atrae el gas, o si una galaxia rica en material propicia el crecimiento de su agujero negro hasta alcanzar esa relación.

En resumen, lejos de ser simples “lámparas” orientadas de diferentes maneras, los AGN deben entenderse como fases dinámicas y cruciales en la evolución de las galaxias, con impactos que se extienden desde el entorno inmediato del agujero negro hasta escalas que involucran galaxias enteras e, incluso, cúmulos de galaxias. Esta visión evolutiva abre una ventana para comprender mejor cómo el cosmos llegó a ser lo que es hoy. ■



03 El modelo unificado de AGN incluye un agujero negro supermasivo rodeado por un disco de acreción, donde el material cae y se calienta, y emite radiación. Un par de jets emergen perpendicularmente al disco, impulsados por campos magnéticos. Un toroide frío de polvo y gas envuelve las regiones internas, oculta algunas estructuras según el ángulo de observación y genera la diversidad aparente de los AGN.

04 Representación artística de un agujero negro supermasivo y su toroide. Aunque se lo llama “toroide” por su forma (similar a una rosca), se trata de una estructura compuesta por nubes densas y oscuras de gas y polvo. Este material rodea el núcleo central y puede bloquear la luz proveniente de las regiones internas, según el ángulo desde el que se observe.

05 La galaxia elíptica M87 se encuentra en la constelación de Virgo, al alcance de telescopios de aficionados bajo cielos oscuros.

Notas

1 Blazar, quásar y galaxia Seyfert, entre otros, fueron los nombres asignados originalmente a estos peculiares objetos celestes en el momento de su descubrimiento. Con el tiempo y con el desarrollo del modelo unificado, estas denominaciones clásicas se mantuvieron, ya que reflejan las propiedades con las que fueron identificados. Sin embargo, hoy se comprende que son manifestaciones de un mismo tipo de objeto.

2 La diferencia entre procesos térmicos y no térmicos radica en su relación con la temperatura. Los procesos térmicos, como la radiación de cuerpo negro o las líneas de emisión de un gas en equilibrio termodinámico dependen directamente de la temperatura del medio. En cambio, los procesos no térmicos, como la radiación sincrotrón, el efecto Compton inverso, la radiación Cherenkov, entre otros, no presentan esta dependencia.

3 La advección se refiere al transporte de materia y energía junto con el flujo de gas sin una eficiente disipación de calor. En el contexto de los agujeros negros con baja tasa de acreción, el gas no se enfría de manera eficiente mediante radiación. En estos casos, gran parte del calor generado por la compresión y la fricción dentro del disco de acreción se conserva y es *advectado* (transportado) hacia el agujero negro junto con la materia.

“En los núcleos de las galaxias activas (AGN), la intensa luz que emiten se debe a la actividad de un agujero negro supermasivo. Los AGN no son objetos aislados, sino fases transitorias en la vida de todas las galaxias”.

05

NASA, ESA, Hubble Heritage Team

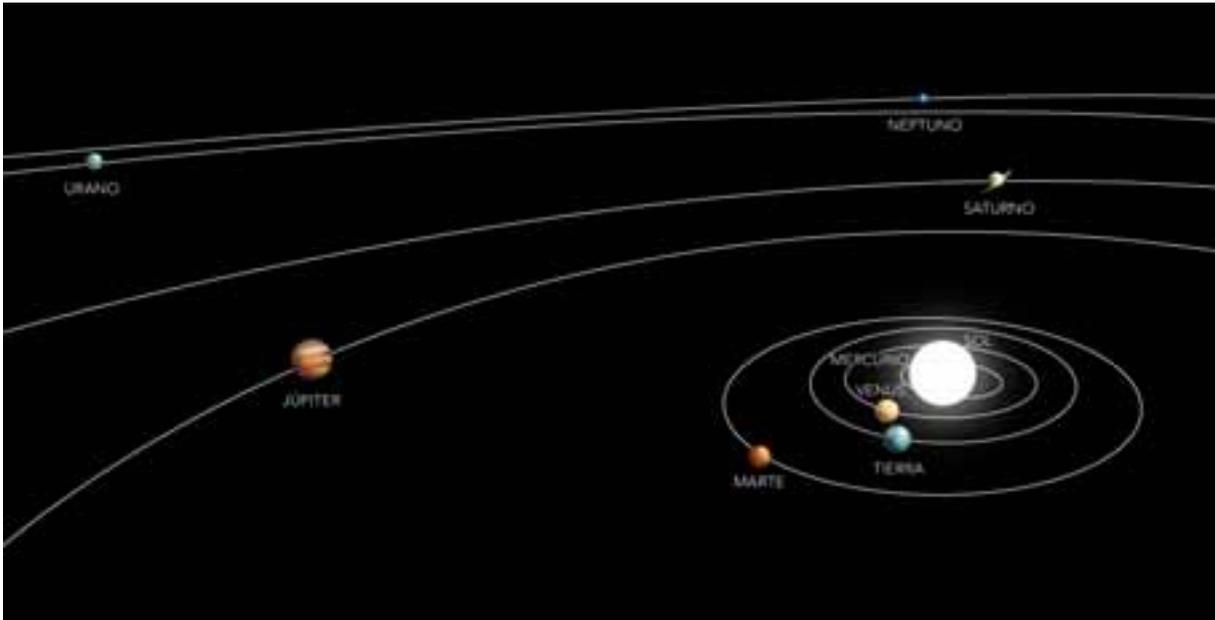


¿Cómo te explico que los planetas no se alinean?

EL DÍA EN QUE LOS PLANETAS ESTARÁN ALINEADOS... JAMÁS EXISTIRÁ

Autor: Dr. Juan Manuel Armaleo, Planetario de la Ciudad de Buenos Aires Galileo Galilei.

01



Florencia Barrau

“¡Los planetas se alinearon!” ¿Cuántas veces hemos escuchado esta frase que hace alusión a un evento único e irrepetible? Cuando se recibe un llamado o un mensaje de una persona de la que hace mucho no se tiene noticias, o cuando salimos finalmente campeones del mundo luego de 36 años, y muchos ejemplos más... Pero más que un suceso excepcional, esta frase esconde (aunque desconocido por la mayoría) la imposibilidad de que, en realidad, ocurra tal suceso: los planetas no se alinearán JAMÁS, y aquí explicamos por qué.

Diversos son los motivos por los cuales los planetas no se alinearán nunca. Entre ellos resalta el hecho de que sus órbitas se encuentran sobre planos distintos y, por consiguiente, una alineación es imposible. Pero también hay algo más básico: el período de traslación de cada uno es tan diferente que, para que todos coincidan -suponiendo que orbitaran sobre un mismo plano- habría que esperar muchísimo más tiempo de lo que vivirá nuestro sistema solar.

Para tener una idea, el Sol vivirá unos **5000 millones de años** más. Posteriormente, cuando se le acabe el combustible (en este caso, el hidrógeno), se convertirá en una gigante roja y devorará en su paso a Mercurio y Venus. Muy seguramente, la Tierra también tendrá este trágico final. ¿Esto significa que tendríamos que esperar, por lo menos, 5000 millones de años para que los planetas se alineen?

No. Muchísimo más. Es tanto el tiempo que ni siquiera la edad del universo (**13.800 millones de años**) compite con este número.

Pensemos en el sistema solar como un gran reloj con 8 agujas, donde cada aguja representa un planeta, y el Sol, en el centro; para que las agujas estén todas alineadas (como cuando marca las 12:00) habría que esperar casi **mil trillones de años**. Esto es el número 1000 seguido por ¡18 ceros!: 1.000.000.000.000.000.000.000. No alcanza la vida del sistema solar ni la edad del universo para llegar a este valor gigante. Con este número en mente, no es difícil imaginar por qué jamás se alinearán los planetas. Sí es difícil, en cambio, pensar por qué se suele promocionar este supuesto evento (y muchos otros!) como algo único en la historia de la humanidad, cuando, en realidad, no existe... Pero esa discusión quedará para otro momento.

Haciendo las cuentas

Mientras tanto, sí podemos tratar de entender cómo llegamos a ese número abismal mediante unos simples cálculos, que cada quien puede chequear y corroborar por su cuenta aplicando el método científico en su máximo esplendor. La analogía del sistema solar con un reloj resulta útil para fines didácticos, aunque cabe remarcar que la realidad no es así. Dejando esto de lado, adentrémonos en la analogía para tratar de entender un poco más por qué los planetas no se alinearán jamás.

Para llevar la analogía a su forma más básica y entendible posible, podríamos comenzar preguntándonos algo tan sencillo como, por ejemplo: ¿cuántas veces se alinean las agujas del reloj en un día? Para responder esa pregunta basta con saber dos características principales de un reloj: la primera es que las agujas se mueven de manera uniforme (es decir, que todos los “pasos” que da son iguales), y la segunda es que cada aguja tiene un período dado por el tiempo que demora en completar una vuelta. Por ejemplo, la aguja que indica los minutos tiene un período de 60 minutos, ya que demora 1 hora en completar una vuelta; la aguja que indica la hora tiene un período de 12 horas, y la aguja del segundero tiene un período de 60 segundos. Habiendo dicho esto, hallar cuánto demoran las agujas en coincidir se reduce a un problema de encuentro de un movimiento circular uniforme. Sí, la vida nos da muchas sorpresas. Lo que en el colegio secundario se decía “¿cuándo en la vida voy a usar esto?”, hoy se convierte en la herramienta necesaria para entender la (no) alineación de los planetas; pero más aún, se convierte en la herramienta para combatir la propagación de noticias falsas o pomposas. No, no hablo del MCU (Movimiento Circular Uniforme), sino del conocimiento en sí.

Sin hacer cuentas, podemos estimar cuándo coincidirán las agujas del reloj. Tomemos como ejemplo el caso de las agujas horaria y minuter, y comencemos suponiendo que ambas se encuentran alineadas marcando las 12. ¿Cuándo volverán a coincidir? La manera rápida y sencilla de responder esto es pensando que, para que se vuelvan a cruzar, la aguja minuter tendrá que dar una vuelta completa al reloj. Esto marcaría el comienzo de una nueva hora, pero la aguja horaria se habrá movido al número “1”. Por ende, luego de, aproximadamente, 65 minutos, las agujas se volverán a encontrar. Esta respuesta podría valer también para que se encuentren las agujas minuter y segunder, que se volverían a encontrar al cabo de 61 segundos.

Mas la pregunta que nos compete no es cuándo se encontrarán las agujas de un reloj, sino los planetas del sistema solar. Y no solamente dos, sino ¡todos los planetas! Yendo al caso en cuestión, podríamos comenzar haciendo un razonamiento análogo al de las agujas, pero aplicado a dos planetas. Por ejemplo, tomemos el caso de Mercurio y la Tierra; aquí Mercurio representaría la aguja minuter, mientras que la Tierra,



la aguja horaria. La diferencia con un reloj real es que la relación entre estas “agujas” no es de 60 a 1 (60 segundos = 1 minuto, 60 minutos = 1 hora), sino que cambia debido a la relación entre los períodos de ambos planetas. En particular, el período de la Tierra es de 365 días, mientras que el de Mercurio es de unos 88 días, aproximadamente. Esto otorga una relación de casi 4 a 1. En lo que sigue y para que se entienda mejor el razonamiento, vamos a suponer que Mercurio demora 90 días en completar una vuelta, mientras que la Tierra 360 días. Esto da una relación exacta de 4 a 1. Es decir que, cuando Mercurio da una vuelta completa, la Tierra recién completa $\frac{1}{4}$ de su giro alrededor del Sol. Por lo tanto, si suponemos que ambos planetas comienzan su órbita alrededor del Sol en la posición “12” (pensándolo como un reloj), luego de 90 días Mercurio habrá completado una vuelta, mientras que la Tierra habrá recorrido un cuarto de su órbita.

01 Disposición espacial del sistema solar para el 28 de febrero de 2025, una de las tantas fechas en las que se anunció mediáticamente la falsa “alineación” de planetas.

02 Conjunción es el término con el que, en astronomía, conocemos estas hermosas vistas del cielo. Son posiciones completamente aparentes, en las que dos o más astros parecen estar hacia la misma dirección y ocupan un sector cercano en el cielo. En esta imagen, la Luna, Venus, Saturno (arriba) y Mercurio (abajo), en la madrugada del 25 de abril pasado.

Pero los planetas aún no se han encontrado. Para que suceda esto, Mercurio tiene que recorrer su cuarto de órbita para “alcanzar” a la Tierra. Pero en esos casi 23 días que Mercurio demora en completar $\frac{1}{4}$ de su vuelta (90 dividido 4 da 22,5), la Tierra también habrá recorrido un camino en su órbita que se corresponde con 23 días. Es decir que, aunque se encuentren más cerca, aún siguen sin estar “alineados”. Este cuento de la liebre y la tortuga sí tiene un final, que será cuando indefectiblemente Mercurio sobrepase a la Tierra en su órbita. Si mantenemos la relación 4 a 1, podemos contar la cantidad de días que tienen que transcurrir hasta que se encuentren ambos planetas. Hasta este momento habían transcurrido $90+23=113$ días, pero aún falta tiempo hasta que se encuentren. Pero, como la relación es 4 a 1, la siguiente cantidad de días que habrá que sumar a los 113 anteriores será 23 dividido 4, lo que da, aproximadamente, 6. Entonces, tenemos $90+23+6=119$ días. El paso siguiente será $\frac{6}{4}$ que da 1,5 días, y así siguiendo. Entonces, tendríamos algo como $90+23+6+1,5+0,375+0,09+\dots$ Esta **aproximación** otorga una suma de 121 días, que si calculamos el valor exacto de encuentro da 120 días. Es decir que nuestra estimación sencilla sin hacer ningún cálculo complicado, solamente teniendo en cuenta la relación entre los períodos, da un valor que se asemeja bastante al valor exacto calculado¹.

Si quisiéramos calcular el encuentro entre los demás planetas, habría que usar un razonamiento análogo al que hicimos recién, donde solamente basta saber la relación entre los períodos de cada uno. El cálculo exacto, por ejemplo, para los tres primeros planetas del sistema solar da lo siguiente: Mercurio-Venus 144,5 días, Mercurio-Tierra 116 días, Venus-Tierra 586,6 días. Si ahora, en cambio, quisié-

ramos calcular cuándo se “alinearán” estos tres planetas, lo que tendríamos que hacer es calcular cuándo coinciden los tres tiempos calculados. Es decir, calcular el *mínimo común múltiplo* entre ellos. Lo fascinante de este cálculo es que para que se alineen **solamente** estos 3 planetas, habría que esperar ¡3960 años! Este número se vuelve cada vez más grande a medida que vamos incorporando los demás planetas del sistema solar. Por ejemplo, si consideramos todos los planetas excepto Urano y Neptuno, el tiempo que habría que esperar para que se alineen los seis sería de **6 billones de años** (6.000.000.000.000), mucho más que la edad del universo. Al agregar Urano y Neptuno en nuestros cálculos, este número se vuelve incluso más inconmensurable, y otorga el valor que dijimos al principio: **mil trillones de años**.

A pesar de que los planetas no se alinearán jamás, esto no debería quitarnos la inspiración de observar el cielo en búsqueda de fenómenos sorprendentes o, quizás más sencillo y banal, contemplar su belleza. Pero ahora, teniendo ciertas herramientas para entender este fenómeno de la (no) alineación, se puede incluso más que contemplar, también se puede entender la belleza del universo. ■

Nota

1 Si quisiéramos calcular de manera exacta el tiempo de encuentro entre dos planetas, suponiendo que realizan un movimiento circular en un mismo plano orbital y que arrancan en la misma posición, la fórmula que otorga eso viene dado por $t=T1*T2/(T2 - T1)$, donde T1 y T2 son los períodos de los dos planetas, y se asume que T2 es mayor que T1.

03 *Conjunción entre la Luna y Venus, vista en un amanecer desde Buenos Aires.*

03

Andrea Anfossi



¿Quién lo trajo a nuestro país?

A 100 AÑOS DE UNA VISITA HISTÓRICA

Autor: Jorge Kittl, Lic. en Física (UBA) y bisnieto del profesor Jorge Duclout.

01



Archivo General de la Nación

A comienzos del siglo XX, Jorge Duclout, profesor de la Universidad de Buenos Aires, introdujo, promovió y divulgó la teoría de la relatividad en la Argentina, primero en círculos científicos y, luego, interesando a pensadores de otras disciplinas. Duclout tuvo un rol central en la propuesta y gestación de un hito en la historia de nuestra ciencia: la visita de Albert Einstein, hace 100 años (para los devotos del sistema decimal), a la Argentina.

El profesor Jorge Duclout fue quien propuso la visita del afamado científico y quien mantuvo comunicación con él desde 1922, con la invitación inicial, hasta concretarse la visita, en marzo/abril de 1925. El proceso involucró también a muchas otras personalidades, como Leopoldo Lugones y Enrique Gaviola, entre otras; e instituciones, como la Sociedad Hebraica Argentina y las universidades de La Plata y Córdoba. Duclout era un académico físico-matemático francés originario de la región de Alsacia. Al igual que Albert Einstein, estudió y se recibió en el Politécnico de Zúrich, Suiza. Inmigró a la Argentina a fines del siglo XIX, se naturalizó argentino y tuvo un rol destacado en el ámbito científico nacional e internacional. Se lo llega a mencionar como “el personaje de nivel intelectual y científico más sobresaliente de su tiempo en la región”.

Cuando llegó a la Argentina, participó de numerosas obras de ingeniería, como la construcción del Puerto de Buenos Aires y del Puerto de Rosario, el trazado de líneas férreas,

rutas y canales. Fue encargado de organizar y dirigir la Dirección de Navegación y Puertos en el Ministerio de Obras Públicas, creado en 1898. Impulsó la adopción de nuevas tecnologías en el país, fue aficionado a la fotografía y al cine, y fue pionero de la radio y de la aviación.

Jorge Duclout fue profesor de la UBA, reconocido nacional e internacionalmente. Viajaba frecuentemente a Europa y participó de los congresos mundiales de matemáticas en Heidelberg (1904), como único representante de Sudamérica, y en Cambridge (1912), como delegado argentino. Una nota en *La Gaceta* señala el gran número de conferencias dictadas por Duclout sobre una variedad de temas científicos candentes en la época: incluye la, por entonces, reciente teoría electromagnética (men-

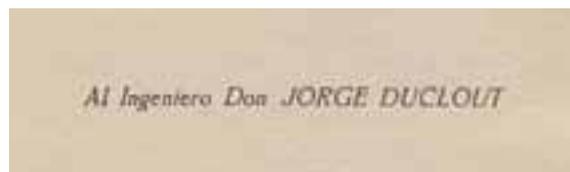
01 *Einstein en la Argentina, dando una conferencia en el Aula Magna del Colegio Nacional Buenos Aires, el 27 de marzo de 1925.*

ciona a Maxwell, Hertz y Marconi), la radioactividad (Curie, Becquerel), la revolucionaria teoría de la relatividad (Lorentz, Einstein y Minkowsky), la física atómica (Plank, entre otros), la reversibilidad del universo¹ y muchos otros temas. Ya en 1892, había escrito un artículo sobre la teoría electromagnética de Maxwell, que incluía la traducción de conferencias dictadas por Ludwig Boltzmann en Múnich. Allí se cuestionaba si la propagación de la luz (y los campos electromagnéticos en general) era una “acción a distancia o médium²”, una cuestión central de la concepción del universo de la época, lo que motivó los experimentos que luego Einstein explicaría con su teoría de la relatividad. En su introducción, Duclout menciona que la traducción de la conferencia de Boltzmann “presentará un interés bastante crecido para quienes no se contentan con demostraciones o pruebas falaces, pero quieren ir al fondo de las teorías que son la base de la ciencia moderna, la más elevada y la más fecunda, desde sus primeros pasos, en grandiosos resultados”; una lección a la necesidad de honestidad y rigor científico en la investigación.

02



03



La relatividad en la Argentina

Conociendo los cuestionamientos generados por la teoría de la luz de Maxwell, Jorge Duclout siguió con interés los trabajos de Einstein que, en el momento de su publicación, eran casi inverosímiles para la concepción del universo de la época. Rápidamente, se transformó en uno de sus promotores, y fue el primero, en 1912, en dar una conferencia sobre la teoría de la relatividad restringida en Sudamérica (la teoría de la relatividad general no saldría a la luz hasta 1915). Asimismo, en 1920 publicó un artículo denominado “Materia-energía, relatividad”, capturado de una conferencia suya, en la Revista del Centro de Estudiantes de Ingeniería (XXI, N° 219, 1920), cuya copia se encuentra en la biblioteca de la Universidad Nacional de La Plata.

El libro de su amigo Leopoldo Lugones, *El tamaño del espacio* (El Ateneo, 1921), lleva una dedicatoria en su segunda página: “Al Ingeniero Don JORGE DUCLOUT”. Allí captura el contenido de una conferencia dictada por Lugones en agosto de 1920, por invitación del centro de estudiantes de Ingeniería de la UBA. Creemos que fue Jorge Duclout quien introdujo y cautivó a Lugones con la teoría de la relatividad.

“Einstein llegó a Buenos Aires para dar una serie de conferencias sobre su teoría de la relatividad. El evento fue ideado por el ingeniero francés Jorge Duclout, profesor de la UBA, y contó con el apoyo de Leopoldo Lugones, quien había tenido contacto con el físico alemán en el marco del Comité de Cooperación Intelectual de la Liga de las Naciones”. En “Albert Einstein visita la Argentina”, un artículo de Alejandro Gangui y Eduardo L. Ortiz, y en el sitio web de la UBA, se indica que “su contacto con la Argentina se había iniciado tres años antes, cuando, por iniciativa del ingeniero Jorge Duclout, la Universidad de Buenos Aires le cursó una invitación para dictar un ciclo de conferencias sobre su novísima y controvertida teoría de la relatividad general”.

Fue Duclout, también, quien estuvo a cargo de las comunicaciones con Einstein, incluidos el contacto inicial y la invitación formal. Se especula que el hecho de haber tenido el Politécnico de Zúrich como alma mater común, facilitó la comunicación entre ambos. Además, Duclout se preocupó en reunir el apoyo económico de la casa de estudios porteña.

Lamentablemente, Jorge Duclout cayó gravemente enfermo (enfermedad que sería terminal) antes de la llegada de Einstein a la Argentina, y no pudo participar de los eventos. Sin embargo, Einstein tuvo el gesto, que denota un aspecto loable de su carácter, de visitarlo en su casa de Ezeiza. “Le quedaba aún una última conferencia. El lunes 20 (de abril de 1925) cumplió con su contrato y escribió en su diario que había ofrecido su última sesión científica ante una audiencia entusiasta”. También se hizo tiempo ese día para visitar al ingeniero Jorge Duclout, que se encontraba enfermo”, (Gangui y Ortiz, en “Albert Einstein visita la Argentina”).

Los detalles fueron narrados por el secretario de la UBA y miembro de la Asociación Hebraica, Mauricio Nirenstein, quien acompañó a Einstein durante la visita. En “Einstein

04



en Buenos Aires”, publicado por la Facultad de Filosofía y Letras, menciona que “*conmueve ver cómo, mediante simples matices de la voz cascada, Duclout, con la modestia de los que saben de veras, reconoce la jerarquía espiritual de su visitante (...). Regresamos silenciosos. Einstein se halla emocionado. Para sacarlo de su mutismo, le digo que acaba de realizar una buena acción: visitar a un enfermo. ‘Kant diría que no’, me contesta sonriendo, ‘porque ha sido para mí un placer conversar con el señor Duclout, y usted sabe que, para Kant, todo aquello que nos agrada es inmoral’*”.

Poco después, en 1927, Duclout recordaba su labor y su trayectoria, y recalca que “*nuestra facultad está, en ciencias, a la altura de las enseñanzas de cualquier escuela del extranjero*”, y decía sobre su cátedra en particular: “*Es para mí una profunda satisfacción el haber levantado a tal altura esta enseñanza entre nosotros*”. Menciona que “*ha sido larga y dura la tarea de tener a mis alumnos al tanto de los métodos, cada día renovados, de estas teorías*”. Jorge Duclout falleció en febrero de 1929, y hoy aprovechamos para recordar su injerencia en la visita a nuestro país del científico más destacado de los últimos tiempos. ■

Notas

1 La reversibilidad del universo planteaba si los procesos naturales podrían invertirse y volver a su estado inicial, es decir, si el tiempo podría volver hacia atrás.

2 “Acción a distancia o médium” está tomado textualmente de un escrito de Duclout, y se refiere a la discusión previa al experimento de Michelson-Morley o pre-relatividad. Muchos científicos creían que la transmisión de una onda requería un medio (por ejemplo, el sonido se puede transmitir en el aire o a través de un sólido, pero no en el vacío). Al descubrirse la existencia de las ondas electromagnéticas, se postuló la exis-

tencia del éter, un supuesto medio que transmitía la luz. En ese texto de Duclout se menciona el debate entre los que creían en una “acción a distancia” de los campos electromagnéticos, sin necesidad de un medio, y los que creían que debía haber un medio (el éter). El mismo Maxwell apoyaba la teoría del éter, pese a que sus ecuaciones no necesitaban de la existencia de un medio. Boltzmann estaba convencido de la existencia del éter. El experimento de Michelson-Morley fue muy problemático para las teorías que contaban con el éter, y motivó la teoría de la relatividad restringida, que finalmente dio por tierra con las teorías pro-éter.

El autor: Jorge Kittl es licenciado en Física de la UBA, doctor (Ph.D.) en Física Aplicada de Caltech (*California Institute of Technology*), EE.UU. Fue investigador en la Universidad de Harvard y trabajó en investigación y desarrollo de tecnología (director en *Texas Instruments*, científico en jefe de IMEC y vicepresidente de Samsung). Actualmente es profesor del Departamento de Física y Astronomía de la Universidad Católica de Leuven (K. U. Leuven), Bélgica, y dicta el curso de Física del Estado Sólido. Es autor o coautor de más de 250 trabajos científicos y de 75 patentes.

05



02 Primera página del libro *El tamaño del espacio*, de Leopoldo Lugones, publicado en 1921.

03 La dedicatoria de Lugones a Duclout, quien lo introdujo en la teoría de la relatividad.

04 Leopoldo Lugones, *Jorge Duclout y el rector de la UBA, José Arce, en el Centro de Estudiantes de Ingeniería de la UBA*. Foto publicada por la Universidad de Córdoba en el artículo “Einstein y Córdoba, recuerdos en el año centenario de la teoría de la relatividad”.

05 Una imagen publicada en *La Galena del Sur*, de Uruguay, en un artículo acerca de los radioaficionados, en 1924, acompañada por el epígrafe: “Ing. Jorge Duclout, aficionado, autor, propulsor y divulgador del arte y técnica de la radiotelegrafía y radiotelefonía”.

100 años del primer planetario

EL CIELO QUE LE GUSTA A LA GENTE

El primer planetario del mundo se inauguró y comenzó a funcionar regularmente el **7 de mayo de 1925**, en el Museo Alemán de Múnich. Debido a eso, la Asociación Internacional de Planetarios (IPS, su sigla en inglés) eligió esa fecha para conmemorar el Día del Planetario. Poco después, los planetarios empezaron a producirse y distribuirse en distintos museos del mundo, y en la actualidad hay cerca de 4000.

Desde hace 100 años, los planetarios proyectan en un domo una simulación objetiva del cielo real. Hoy en día, quienes vivimos en ciudades inmersas en la contaminación lumínica, aprovechamos los planetarios para volver a relacionarnos con la naturaleza del cielo. Sin la observación y la comprensión del cielo, de sus elementos y de sus movimientos, nuestra historia, nuestra cultura y nuestra civilización no serían como las conocemos. Las primeras comunidades agrícolas pudieron establecerse cuando sus pueblos comprendieron los movimientos del cielo y la relación que ello tenía con los eventos anuales de la naturaleza. Pero también sus antepasados y, a la vez, contemporáneos cazadores recolectores, conocían bien los cambios que se producían en su entorno natural en diferentes épocas del año, y podían predecirlos observando el cielo.

Entre otras cosas, los planetarios nos permiten volver a vincularnos con ese cielo que transformó a nuestra especie y mejoró la consciencia que hoy tenemos acerca del lugar que ocupamos en el universo. Desde siempre, los planetarios son instituciones dedicadas a la comunicación científica, que buscan llevar la astronomía a la mayor cantidad

de público posible, mediante diferentes técnicas y para todas las edades, no solo a través de los conocimientos, sino también desde las emociones. Y hay pocas cosas que emocionen más que descubrir o entender algo que siempre estuvo ahí, a lo que no le habíamos prestado atención hasta que alguien, quizás en un planetario, nos lo contó. ■

01



01 *El primer proyector planetario ubicado en la cúpula del Deutsches Museum, un Zeiss Modelo 1, que mostraba 4500 estrellas, la Vía Láctea, las constelaciones, el Sol, la Luna y los planetas. Este proyector estuvo en funcionamiento hasta 1960 y fue creado para ver el cielo desde la latitud de Múnich. En el medio de la imagen se observa la Osa Mayor.*

02 *El Planetario más lindo del mundo.*

02



Andrea Anfossi



▶ Espectáculos inmersivos

Funciones astronómicas para todo público y para público infantil. Video arte en el domo.



▶ Visitas guiadas

Recorrido por el museo y la plaza astronómica.



▶ Telescopios

Sábados y domingos al ocultarse el Sol. Actividad gratuita por orden de llegada, con cupo de 250 personas. SE SUSPENDE POR NUBOSIDAD O LLUVIA.



▶ Encuentros de ciencia

Científicos, especialistas y divulgadores comparten conocimientos en el domo del Planetario.



▶ Cursos

Para niños, adolescentes, jóvenes y adultos.



▶ Planetario accesible

Propuestas adaptadas para grandes y chicos.



▶ Planetario itinerante

Visitamos escuelas y otras instituciones.



▶ Club del Cosmos

Comunidad virtual para adolescentes.





MUNDOS MÁS ALLÁ DEL SISTEMA SOLAR

NUEVO ESPECTÁCULO FULLDOME



 exoplanetas