

SI MUOVE

NÚMERO 25 - INVIERNO 2023



En Movimiento

Espectáculo de divulgación astronómica para público en general

Cuando estamos sentados frente a una PC, por ejemplo, tenemos la sensación de estar inmóviles. Sin embargo, nada más lejos de la realidad. A nivel cósmico TODO está ¡EN MOVIMIENTO!

Vivimos en un planeta que rota y se desplaza alrededor del Sol continuamente y sin detenerse nunca. El Sol arrastra su sistema planetario alrededor del centro de la Vía Láctea, y hasta nuestra galaxia se desplaza incesantemente a través del espacio. El universo todo está en movimiento en una verdadera coreografía cósmica.



SI MUOVE

NÚMERO 25 - INVIERNO 2023

Revista de divulgación científica del Planetario de la Ciudad de Buenos Aires Galileo Galilei
Av. Sarmiento 2601 - C1425FGA - CABA

STAFF

EDITORIA RESPONSABLE

ESTEFANÍA COLUCCIO LESKOW

DIRECTOR PERIODÍSTICO

DIEGO LUIS HERNÁNDEZ

DISEÑO GRÁFICO

ALFREDO MAESTRONI

SECRETARIO DE REDACCIÓN

MARIANO RIBAS

REDACTARON PARA ESTA EDICIÓN

DIEGO CÓRDOVA

WALTER GERMANÁ

GUILLERMO ABRAMSON

FACUNDO RODRÍGUEZ

COLABORACIONES

Gabriela Sorondo, Sol Bejarán, Delfina Rosa, Analía Pereyra, Karina Herrera, Franco Meconi, Mario Casco, Pablo Laise, Carlos Di Nallo, Andrea Anfossi, Ezequiel Bellocchio, Leonardo Julio, Sergio Montúfar Codoñer, Cyntia Olivera, Sergio Eguivar, Sabrina Mottino, Enzo de Bernardini, Maximiliano Falieres, Luis Szeferblum, Matías Tomasello.

AGRADECIMIENTOS

NASA, ESA, José Benavides, Ricardo Elía, Centro Islámico de la Rep. Argentina.

CORRECCIÓN

Walter Germaná, Natalia Jaoand.

FOTO DE TAPA

Franco Meconi. Muestra de astrofotografía "Argentina mira el cielo".

ISSN 2422-8095

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



Buenos Aires Ciudad

Ministerio de Educación

JePe de Gobierno: Horacio Rodríguez Larreta
Ministra de Educación: María Soledad Acuña
Subsecretario de Tecnología Educativa
y Sustentabilidad: Santiago Andrés
GO del Planetario: Estefanía Coluccio Leskow

EDITORIAL

El Planetario es un lugar único de la ciudad de Buenos Aires. Un edificio icónico que todos los porteños aprecian y valoran, y que quienes nos visitan de otros puntos del país y del mundo, siempre desean conocer. Es un lugar emblemático no sólo por su extraordinaria arquitectura, sino porque hace casi 56 años que es un referente en la educación y la divulgación astronómica. Su domo es visitado por miles de estudiantes de escuelas públicas y privadas por año; alumnos de todos los niveles que reciben de forma innovadora y atractiva, contenido científico sólido y acorde a sus etapas de aprendizaje. Son también miles los adultos que todos los años disfrutan de una oferta de múltiples actividades y propuestas que permiten despertar (o ahondar), su interés por la ciencia.

La revista Si Muove, declarada recientemente de Interés Social y Educativo en el ámbito de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, es una de estas propuestas. Con una calidad excepcional y un trabajo meticuloso del equipo del Planetario, cada número revela el compromiso que esta institución tiene con la comunicación de la ciencia, y nos invita, a través de sus páginas, a ser partícipes de historias y conocimientos maravillosos. ¡Felicitaciones a todos los que forman parte de su producción por la tan merecida distinción!

Segura de que la educación y el saber son bienes sociales, puertas hacia la libertad, medios para participar en el mundo y de encontrar un lugar en él, les deseo una placentera lectura y espero que disfruten de esta nueva edición de Si Muove.

Soledad Acuña

Ministra de Educación de la Ciudad de Buenos Aires.

Alfredo Maestroni



La revista **Si Muove**, producida enteramente en el Planetario Galileo Galilei, ha sido declarada de Interés Social y Educativo en el ámbito de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Es un gran reconocimiento al trabajo de divulgación científica que realiza esta institución por este medio hace ya doce años, y es el mérito de todos los que trabajan para crear un material que, número tras número, man-

tiene su excelencia en términos de comunicación de la ciencia.

El 18 de octubre de 2022, Diego Hernández, director de la revista, y yo, Estefanía Coluccio Leskow, Gerente Operativa del Planetario, asistimos a la ceremonia de presentación de diferentes proyectos en la legislatura porteña. Cuando llegó nuestro turno, hablé de la importancia de la divulgación científica, de cómo nos permite acercarnos, de manera sólida pero sin tecnicismos, a un tipo de conocimiento que sin ella sería inaccesible para quienes no tienen una formación académica en ciencia. La divulgación científica es fundamental para que las sociedades adviertan sobre cuál es la labor de los científicos, comprendan el sentido, las implicancias y el alcance que tienen sus investigaciones, y entiendan por qué sus estudios son relevantes para la vida de quienes las componen. Mencioné asimismo cómo los avances en ciencias y tecnología han dado lugar al progreso de la humanidad, mejorando la vida de las personas en forma significativa a lo largo de toda su historia.

Después de mi intervención, Diego les contó a los presentes algunos detalles sobre la revista, y los invitó a maravillarse con algunos datos astronómicos.

Poco después, la declaración fue ratificada, y el pasado 18 de marzo asistimos junto a parte del equipo del Planetario, al acto de reconocimiento y entrega de la distinción. ¡Mis felicitaciones a todas las personas que durante estos años han trabajado y siguen haciéndolo para que **Si Muove** siga divulgando conocimiento astronómico de calidad!

Dra. Estefanía Coluccio Leskow

Planetario de la Ciudad de Buenos Aires Galileo Galilei.



09 Dibujos en el cielo.



19 El regreso de la humanidad a la Luna ha comenzado.

Código Spotify



Código QR



www.planetario.gob.ar
planetario@buenosaires.gob.ar

SUMARIO

03 Editorial.

06 Si Muove: declaración de interés.

09 Dibujos en el cielo.

11 Observación: planetas de día.

15 La Llegada: de las galaxias a los cúmulos.

19 El regreso de la humanidad a la Luna ha comenzado.

25 Observación: ocultación de Júpiter por la Luna.

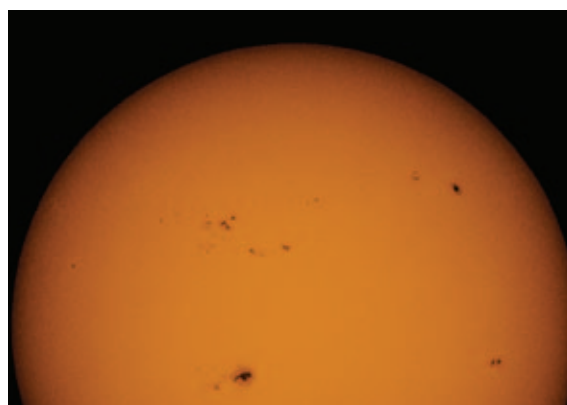
26 Observación: astrofotos.

28 Cometas y comunicación: grandes decepciones.

30 Detrás de la oscuridad: astronomía árabe e islámica.

43 Astrofísica: un rojo para cada uno.

50 Actividad solar.



50 Actividad solar.

SUMARIO



06

Revista Si Muove, declarada de Interés para la Comunicación Social y la Educación en el ámbito de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.



Declaración de Interés Social y Educativo

Y SIN EMBARGO SE MUEVE*

*Si Muove, la revista que Ud. tiene en sus manos (o que, si no llegó a retirarla en nuestro Planetario, puede estar leyendo en PDF desde nuestra página web), ha sido **declarada de Interés Social y Educativo en el ámbito de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.***



El proyecto de declaración de Interés Social y Educativo para nuestra revista fue presentado por la legisladora Lucía Romano, más su colaborador, Juan Lacroix, luego del asesoramiento del Director General del Área de Representaciones de la Ciudad, Alejandro Pérez.

El 18 de octubre de 2022, Estefanía Coluccio Leskow, Gerente Operativa del Planetario, y Diego Hernández, director de **Si Muove**, asistieron a la ceremonia de presentación de diferentes proyectos en la legislatura porteña. Allí hablaron de la revista y de la importancia de la divulgación científica en la sociedad, y del rol del Planetario para ese fin. Poco después, el 3 de noviembre, el proyecto fue aprobado por unanimidad por la Cámara y **Si Muove** fue declarada de Interés Social y Educativo.

El 18 de marzo de 2023, en el Salón Dorado de la Legislatura Porteña se efectuó el acto de reconocimiento

a la revista, en el que se destacó que **Si Muove** se realiza con el trabajo directo de los integrantes del Planetario Galileo Galilei y su equipo especializado en astronomía y divulgación científica, que cuenta con aportes de periodistas, astrónomos profesionales, aficionados, científicos de otras instituciones, más la valiosa participación de astrofotógrafos del ámbito local. El principal objetivo de la revista es llevar al público general los temas de la astronomía, sus descubrimientos, su historia y sus personajes, a través de un lenguaje claro y preciso, alejado del tecnicismo científico para que pueda ser comprendido por todos, pero sin dejar de lado la rigurosidad científica. **Si Muove** acaba de cumplir 12 años ininterrumpidos editada en papel, y también puede encontrarse en modo digital en la página web del Planetario.

Ante la presencia de trabajadores del Planetario y colaboradores de la revista, hicieron uso de la palabra Lucía



Romano, Alejandro Pérez, Estefanía Coluccio Leskow y Diego Hernández. La diputada Lucía Romano destacó que la labor de **Si Muove** “merece ser reconocida por su altruismo en pos de la educación y la cultura. La integralidad de esta revista puede despertar vocaciones científicas y lograr conectar el conocimiento científico y sus métodos con la sociedad”.

Luego, Alejandro Pérez, Director General del Área de Representaciones de la Ciudad, mentor de la iniciativa, aseguró que “esta revista es el fruto del trabajo del personal del Planetario, que es personal empleado público, que con sus propias manos y sus propios conocimientos, más el apoyo de las autoridades del Planetario, logran este producto de gran calidad”.

Por su parte, la Dra. en física Estefanía Coluccio Leskow destacó que “nuestra revista es una de las tantas activi-

dades que hacemos para divulgar ciencia, y en el Planetario estamos todos de acuerdo en que la divulgación de la ciencia es fundamental para que las sociedades desarrollen el pensamiento crítico, para que se comprendan ideas sólidamente, y eso se refleja en progreso tecnológico, que se traduce en crecimiento económico, social y cultural. La alfabetización en ciencia de la población es clave, porque la gente que hace política crece y sale de esa sociedad. Y es importante que los políticos también tengan una formación en ciencia básica, que les permita tomar buenas decisiones”.

Luego de pronunciar estas palabras, Estefanía invitó a hablar a Lucía Sendón, ex directora del Planetario, quien impulsó la idea de que nuestra institución editara regularmente una revista de divulgación astronómica. “Fue un sueño que ya había sido propuesto por Leonardo



Moledo” (anterior director, entre 2001 y 2006), dijo, y destacó que cuando “asumí como directora decidí encarar la revista porque sabía que tenía material humano para poder hacerlo. Sabía que se iban a apropiar del proyecto con mucha pasión y dedicación”.

Por último, Diego Hernández dijo, entre otras cosas, que la constelación de Orión ahora podría representar la atajada salvadora del “Dibu” Martínez en la final del Mundial (ver siguiente artículo), y aprovechó la ocasión para hacer lo que más le apasiona: hablar de astronomía. Utilizó la relación entre una constelación inventada en la actualidad, después de ganar el Mundial, en reemplazo del cazador tradicional, para demostrar que esas figuras imaginarias son creaciones culturales, y que cualquier grupo de estrellas podría representar cualquier cosa que nos haga ver nuestra imaginación moldeada por nuestra cultura. Así, separó las aguas entre la ciencia y la pseudociencia, y explicó el valor de los métodos científicos y de que la sociedad llegue a comprenderlos. El Planetario de la Ciudad

Lluvia de distinciones

Paralelamente, nuestro Planetario recibió una distinción por parte del Ente de Turismo del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires por su trabajo en materia de accesibilidad en el evento titulado Calidad Turística 2023: Encuentro y Reconocimiento a Organizaciones Turísticas de la Ciudad. Allí, el equipo de accesibilidad del Planetario explicó las modificaciones que tuvo que realizar para lograr estar en el podio de los destinos turísticos más accesibles, sin modificar el patrimonio que lo hace emblemático, y destacó que el conocimiento es un derecho y que el Planetario se ha convertido en un ejemplo de lo que se puede lograr trabajando con personas con discapacidad.

En divulgación, el Planetario accesible cuenta con: talleres y shows para personas con discapacidad auditiva, visual y con CEA. Y en comunicación: nomencladora Braille, QR con Lectura Fácil, audiodescripciones, Biblioteca Virtual, podcast, web, redes, y capacitaciones al personal para una mejor atención. Desde el equipo del Planetario seguimos trabajando por una astronomía sin fronteras.



Luis Szeferblum



de Buenos Aires Galileo Galilei tiene como uno de sus objetivos principales, precisamente, divulgar ciencia al público masivo en forma clara y amena, y todas sus actividades intentan mantener ese camino. ■



Luis Szeferblum

* "Eppur si muove" es la frase que Galileo Galilei habría dicho después del juicio en el que la Inquisición lo obligó a humillarse y abjurar de sus descubrimientos científicos, bajo amenaza de muerte. "Y sin embargo se mueve" (en referencia a nuestro planeta) es su traducción literal, y representa mucho más que una historia improbable. Es un símbolo del pensamiento libre y crítico, y de la perseverancia por demostrar la verdad, con pruebas seguras. La revista **Si Muove** es un humilde homenaje a Galileo y a todos los que intentaron divulgar ciencia en cualquier época, contexto y lugar.

Culturas, constelaciones, nebulosas y pareidolias

DIBUJOS EN EL CIELO

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



01



02

Sergio Eguivar

Estamos familiarizados siempre con la misma versión de la historia, sin percatarnos de que puede haber otras versiones y hasta otras historias paralelas.

El Mundial de Catar nos mostró una cultura a la que, si bien hoy en día conocemos mejor, no estamos tan acostumbrados. Desde la opulencia de las construcciones, pasando por la deficiencia en materia de derechos humanos, hasta la curiosidad casi insoportable para muchos de la escasez de bebidas alcohólicas permitidas.

Estamos familiarizados con una versión de la historia, casi sin saber que pueden existir no solo otras versiones, sino también otras historias; paralelas o anteriores a las versiones oficiales. La historia de la astronomía y de la ciencia en general no escapa a estas vicisitudes. En la cultura occidental conocemos muy bien la historia y los descubrimientos de nuestros próceres: Galileo, Kepler, Copérnico, Einstein. Pero existe un vacío alarmante que ha desconocido sistemáticamente la ciencia y los descubrimientos realizados en el mundo árabe, entre otros. Incluso, muchos de esos descubrimientos precedieron a los mismísimos trabajos occidentales, tanto que muchos de sus modelos eran muy similares a los copernicanos. El mismo Copérnico tuvo acceso a aquellos tratados y estudios orientales, pero la historia occidental apenas se encarga de mencionar una supuesta influencia para llegar a su conclusión heliocéntrica. El artículo de la página 31 abarca todo ese proceso e intenta poner un poco de claridad.

Con las constelaciones ocurre algo parecido: desde hace un siglo, en todo el mundo se utilizan las 88 oficiales, pero existen y existieron muchas otras no oficiales. Incluso, si inventáramos constelaciones modernas, en el cielo no habría elementos de la navegación, ni dioses y seres mitoló-

gicos, y en lugar de héroes grecorromanos colocaríamos héroes actuales y propios.

El rectángulo que rodea las famosas Tres Marías (Alnitak, Alnilam y Mintaka, sus nombres oficiales), formado por las estrellas principales de la constelación de Orión (Rigel, Saiph, Bellatrix y Betelgeuse), podría convertirse en un arco de fútbol. Justo en el medio del arco, las Tres Marías se convertirían en un arquero, en este caso, el “Dibu” Emiliano Martínez. Por encima de las Tres Marías (que según nuevos catálogos, creados a partir del 18 de diciembre de 2022, han recibido las nuevas denominaciones de *1978, *1986 y *2022, respectivamente), hay otras tres estrellitas más tenues, ligeramente alineadas, que podrían representar tranquilamente la pierna salvadora del “Dibu” con la que evitó, en el último minuto de la final, el gol del francés Kolo Muani.

En el medio de esas tres estrellitas tenues está la famosa Nebulosa de Orión. Curiosamente, a su lado aparece una nebulosa más pequeña y no tan conocida, llamada hasta ahora el “Corredor” (o “*Running man nebula*”, Sh-279). Para algunos, parece también un fantasma, con su típica

01 *Minuto 122 de la final del Mundial de Catar. El “Dibu” Martínez piensa en la figura de la nebulosa del “Corredor” e imita la postura. Todavía había que sufrir para llegar a la gloria eterna.*

02 *La nebulosa del “Corredor” (“*Running man*”, o el “Fantasma”), ahora conocida como la atajada del “Dibu”.*

03

Ezequiel Bellocchio



“sábana” para asustar. Si se fijan bien en las fotos 02 y 03, la aparente figura fantasmal es muy similar a la forma en la que el “Dibu” Martínez quedó inmortalizado en el momento en el que nuestros corazones se detuvieron, casi sin darnos cuenta de lo que estaba pasando.

Pareidolia es el término con el que se conoce este tipo de estímulo psicológico a través del cual una supuesta figura vagamente familiar nos recuerda alguna cara, objeto, personaje o animal. Es como ver a un prócer en una montaña, un santo en una tostada o un gato parecido a Hitler. Si además asumimos que estamos com-

pletamente sugestionados con los acontecimientos emocionales más recientes, será fácil entender que la mente humana obra en formas misteriosas. ■

03 *La Gran Nebulosa de Orión y, a la izquierda, la nebulosa del “Corredor” (aparece vertical), todo muy cerca de las Tres Marías.*

04 *La constelación de Orión desde Santiago del Estero. A la izquierda de las Tres Marías se ve un grupito de estrellas que representa la pierna salvadora del “Dibu” Martínez. Allí, en el medio, están la Nebulosa de Orión y la del “Corredor”.*

04

Cyntia Olivera



La empresa marplatense Innova Space lanzó al espacio (a través de la estadounidense SpaceX), entre otros, un pico satélite llamado “Dibu” Martínez. Estos pequeños instrumentos, de 10x10x5 cm y unos 500 gramos, forman parte de una flota que se completará en 2024.

Encontrar y fotografiar Venus, Júpiter y Saturno con el Sol sobre el horizonte

PLANETAS DE DÍA

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

01

La astronomía suele asociarse exclusivamente al cielo nocturno. Sin embargo, hay mucho para ver, aprender y disfrutar a plena luz del día. El ejemplo más evidente es la observación del Sol y su amplia variedad de fenómenos, siempre con los equipos y recaudos del caso. También podemos ver fácilmente la Luna, tanto a ojo desnudo como con binoculares y telescopios. Pero aquí hablaremos de los planetas y de qué podemos esperar de ellos cuando aún no se ha hecho de noche.



Un lindo entretenimiento es salir a buscar la Luna en el firmamento diurno, al este o al oeste del Sol, según su posición orbital. La creencia de que la Luna “sale solo de noche” es completamente falsa. El Sol, la Luna... ¿Allí se termina la astronomía de día? Con iniciativa e instrumentos no muy complejos, podemos ampliar el menú a las horas de luz solar. Al frente de estas opciones menos conocidas (porque hay otras, como algunas estrellas), marchan los planetas más brillantes. Podemos verlos y fotografiarlos, de mañana y de tarde.

02



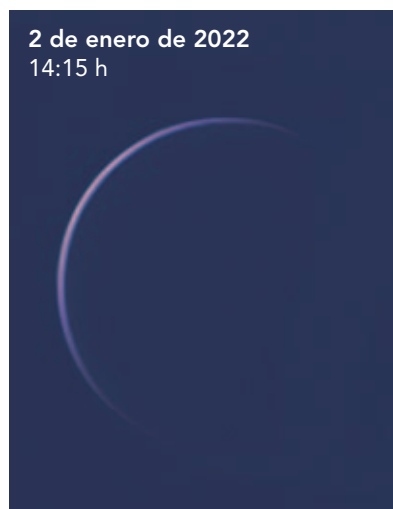
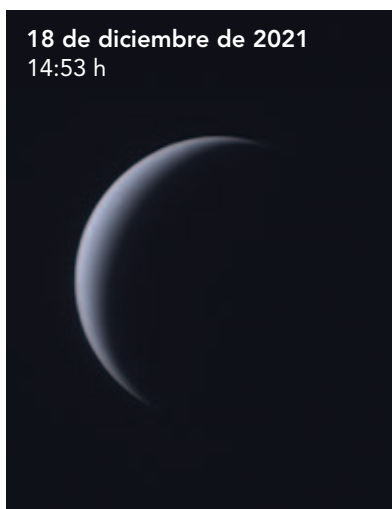
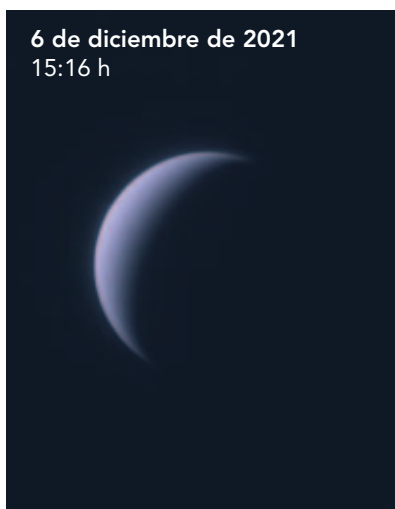
Venus: el más fácil

El famoso Lucero es un astro extremadamente luminoso. Por su proximidad, tamaño nada despreciable y, fundamentalmente, por su gruesa atmósfera altamente reflectiva (70% de la luz solar), tiene una magnitud aparente de hasta de $-4,7$. Eso lo convierte en el tercer astro más brillante del cielo.

Estamos muy acostumbrados a verlo como un “farol” durante varios meses seguidos en el crepúsculo vespertino o matutino, según de qué lado del Sol se ubique en su órbita con respecto a la Tierra. Lo interesante es que el brillo de Venus es tan elevado que se puede ver a ojo desnudo a plena luz del día, ya sea a la mañana, en pleno mediodía o a la tarde; hacia el este o hacia el oeste del Sol, siempre siguiendo la traza de la eclíptica (el camino aparente del Sol a lo largo del año). Solo hay que saber a qué parte del cielo mirar. Pero hay algo más: una vez al mes contamos con la valiosa ayuda de la Luna. Cuando ambos astros están en conjunción, es mucho más fácil encontrar a Venus de día, justamente, porque estará cerca de la Luna.

01 Saturno de día, el 19 de octubre de 2021 a las 18:44 h, con el Sol a 5 grados sobre el horizonte.

02 La Luna y Venus a plena luz del día, el 3 de diciembre de 2016 cerca de las 15:00 h.



Como tantas otras veces, si aún no estamos familiarizados con la observación astronómica, para localizar a Venus podemos recurrir a la ayuda de softwares y/o aplicaciones para celulares (*Stellarium*, *SkyMap*, *HNSKY*, *Mobile Observatory* y otros).

Observación y fotografía diurna del Lucero con telescopios

Encontrar a Venus en el cielo diurno es mucho más fácil con la ayuda de binoculares, o con el buscador de un telescopio, lo que nos lleva justamente a la parte más interesante: verlo y fotografiarlo en detalle, de día. De hecho, en el caso puntual de este planeta, casi siempre es mucho mejor fotografiarlo en un cielo diurno que durante el crepúsculo o la noche. Por un lado, la claridad del firmamento “suaviza” un poco su brillo descomunal, y da lugar a una imagen mucho más definida. Pero tan o más importante que eso (porque podríamos usar un filtro para atenuar su luminosidad en el cielo nocturno), es la posición de Venus: dado que nunca se aleja más de 47° del Sol, es imposible que alcance mucha altura sobre el horizonte crepuscular; y menos aún, en el cielo nocturno. Vale la pena recordar que cuanto más bajo está un astro en el firmamento, peor se ve debido a los efectos de la absorción y la turbulencia atmosféricas.

03 Tres imágenes de Venus a plena luz del día en las que se ve el cambio en su fase y en su tamaño relativo debido a la menor distancia a la Tierra.

04 Júpiter y una de sus lunas principales, Ío. Tomado el 19 de octubre de 2021 a las 18:40 h, con el Sol a 6 grados sobre el horizonte.

05 Júpiter y su satélite Europa de día, con el Sol a 33 grados sobre el horizonte, el 8 de noviembre de 2021.

Durante el día, y eligiendo bien el momento, es posible ver el planeta a 50, 60 u 80 grados de altura. Eso se traduce, casi siempre, en una imagen más estable, especialmente a la hora de intentar fotografiarlo. Aquí compartimos algunas fotos diurnas de Venus obtenidas con una cámara acoplada a un telescopio de 300 mm de diámetro. Se aprecian su atmósfera opaca y sus conocidas fases, aquellas mismas variaciones de iluminación (y de tamaño angular, según la distancia que nos separe del planeta) que descubrió Galileo a principios del siglo XVII, con uno de sus rudimentarios telescopios.

Júpiter contra el Sol

Así como Venus es el tercer astro más brillante del cielo, Júpiter es el cuarto. En torno a sus oposiciones (los momentos, cada trece meses, en los que la distancia Tierra-Júpiter es la mínima posible), el gigantesco planeta gaseoso alcanza una magnitud visual de $-2,6$ a $-2,9$. De noche, siempre luce descolante, y supera cómodamente a las estrellas más luminosas: Sirio ($-1,5$), Canopus ($-0,7$) y Alfa Centauri ($-0,3$). Aun así, es extremadamente difícil ver a Júpiter a ojo desnudo en pleno día. Hay que saber exactamente adónde mirar, y las condiciones de transparencia atmosférica deben ser ideales. La tarea es más sencilla cuando el Sol se ubica a solo unos grados sobre el horizonte, ya sea poco después del amanecer o cuando le falta poco para ocultarse.

Con el auxilio de binoculares, y sabiendo cuándo y dónde buscarlo, Júpiter es observable en pleno día casi siempre (salvo, por ejemplo, cuando se ubica peligrosamente cerca del Sol: ahí ni hay que intentarlo, porque podríamos dañarnos seriamente los ojos). Luce como una diminuta bolita blanca casi “transparente”, que apenas supera el brillo del cielo de fondo. Una vez ubicado, podemos dar el paso siguiente: con telescopios de 100 o 150 mm de diámetro, podemos ver con más facilidad a Júpiter en plena mañana o tarde. Incluso, con buena transparencia atmosférica y usando 100 o 150 aumentos, hasta podríamos divisar sus dos prominentes cinturones

ecuatoriales. Pero a diferencia de Venus, Júpiter (y los demás planetas) se ven muchísimo mejor en el cielo nocturno.

Un Júpiter diurno es un muy lindo desafío astrofotográfico, más difícil que Venus. Pero no es poco lo que podemos registrar mediante una cámara y un telescopio de 100 o 150 mm de diámetro. Hasta es posible capturar sus lunas principales (fotos 04 y 05).

¿Y Saturno?

El segundo planeta más grande del sistema solar es una de las vistas telescópicas más cautivantes del cielo nocturno. ¿Pero qué pasa con Saturno durante el día? En sus mejores oposiciones, alcanza una muy respetable magnitud aparente de 0. De hecho, es más brillante que casi cualquier estrella. Pero no alcanza para verse a simple vista de día. Incluso no es nada fácil verlo a ojo desnudo durante los crepúsculos, con el Sol varios grados ya por debajo del horizonte. Si queremos ver a Saturno de día, no solo es imprescindible conocer con suma precisión su ubicación en el cielo en ese preciso momento (nuevamente, un software o una app de uso astronómico pueden ser de enorme ayuda), sino que además tendremos que buscarlo, con suma paciencia, con un binocular grande (15x70 o 20x80), y puede tomarnos varios minutos de “barrido” visual de cielo. La tarea será un poco menos dificultosa si esperamos a tenerlo a muy buena altura sobre el horizonte, y lejos del Sol, claro está. Y si una vez que lo tenemos bien localizado, echamos mano a un telescopio relativamente potente (por ejemplo, un refractor de 120 mm de diámetro, o un reflector de 150 mm), hasta podremos verlo y fotografiarlo con cierto detalle. La experiencia de “res-



catar” un Saturno fantasmal del resplandor diurno (ya sea a las 9 u 11 de la mañana, o a las 3 o 5 de la tarde) no tiene precio, y hasta parece completamente irreal.

La imagen 01 es una de las pocas medianamente claras que pudimos obtener en los últimos años. Para eso, utilizamos un telescopio reflector (tipo SCT) de 300 mm de diámetro y una cámara digital planetaria. En todos los casos, recurrimos a apilados de cientos de tomas y a un procesamiento moderado, justamente para imitar, lo mejor posible, la experiencia visual diurna en el ocular del telescopio.

Nuevos desafíos

¿Qué pasa con los otros planetas del sistema solar a plena luz del día? Marte, en muy contadas oportunidades, casi alcanza el brillo de Júpiter, y puede verse con binoculares y telescopios en horas diurnas (hasta podemos ver ciertos detalles en su disco anaranjado, recortado contra el fondo celeste).

Por su parte, Mercurio es muchísimo más difícil, no solo por su brillo más modesto (similar al de Saturno), sino porque presenta un disco muy pequeño (7 u 8” de arco) carente de detalles, y nunca se aleja más de 27° del Sol (casi siempre, mucho menos que eso, y queda en la parte más luminosa del firmamento). Y por supuesto, Urano (con magnitud 6) y Neptuno (magnitud 8) quedan completamente fuera de competencia.

Hasta aquí esta breve reseña de un tópico pocas veces abordado en el ámbito de la astronomía amateur. La idea fue, precisamente, plantear nuevos desafíos, perfectamente alcanzables para muchos aficionados; o que en principio podrían parecer inalcanzables para muchos otros que recién están dando sus primeros pasos en el estudio y la observación del universo. Siempre hay algo nuevo para descubrir “allá arriba”, incluso, cuando el todopoderoso Sol parece acaparar toda la escena. ■

05



01

Leonardo Julio



De las galaxias a los cúmulos

LA LLEGADA

Un método para estudiar la historia del ensamblaje de los cúmulos de galaxias.

Autor: Facundo Rodríguez, comunicador científico e investigador en el Instituto de Astronomía Teórica y Experimental (IATE).
facundo.rodriguez@unc.edu.ar

A través de simulaciones por computadora y utilizando las posiciones y las velocidades de algunas galaxias, se logra establecer cuáles de esas galaxias habrían ingresado al mismo tiempo a un cúmulo. También se puede determinar que estas subestructuras dentro de un cúmulo se van desarmando, y que aquellas que ingresaron hace más tiempo están menos agrupadas y van perdiendo la conexión con su grupo originario.

Un cúmulo de galaxias está compuesto por cientos o miles de galaxias. Se forma debido a un proceso que, en astronomía, se denomina crecimiento jerárquico, mediante el cual estructuras más pequeñas se van uniendo para constituir estructuras mayores. Es decir, los cúmulos se van conformando a partir de la incorporación de galaxias individuales y grupos de galaxias.

Si las galaxias fueran personas, podríamos pensar en los cúmulos como ciudades, donde la gente migrante se establece. Algunas llegan solas; otras, en pareja o en pequeños grupos; y otras, en grupos más grandes. Durante un tiempo, guardan información de su origen, y luego la van perdiendo lentamente a medida que se mezclan con el resto de las galaxias del cúmulo. Quienes han investigado ejemplifican de esta manera algunas ideas que inspiraron su trabajo. Además, explican que se puede saber si un conjunto de galaxias proviene de un mismo grupo analizando si están cerca unas de otras y si tienen velocidades similares. Esto permitiría recuperar información de los grupos que se fueron anexando.

Este trabajo científico fue desarrollado por José Benavides, Mario

Abadi y Andrea Biviano. Los dos primeros pertenecen al Instituto de Astronomía Teórica y Experimental (IATE) del CONICET y la Universidad Nacional de Córdoba (UNC), y al Observatorio Astronómico de Córdoba (OAC), mientras que Andrea Biviano investiga en el Observatorio Astronómico de Trieste, Italia. En un trabajo anterior, José y Mario habían investigado en simulaciones cómo se formaban los cúmulos debido a migraciones galácticas, y a partir de una visita al IATE del investigador italiano Andrea Biviano, descubrieron que algunos de sus análisis podían conectarse con resultados observacionales. Así comenzaron a desarrollar conjuntamente un nuevo método para la identificación de subestructuras dentro de los cúmulos de galaxias.

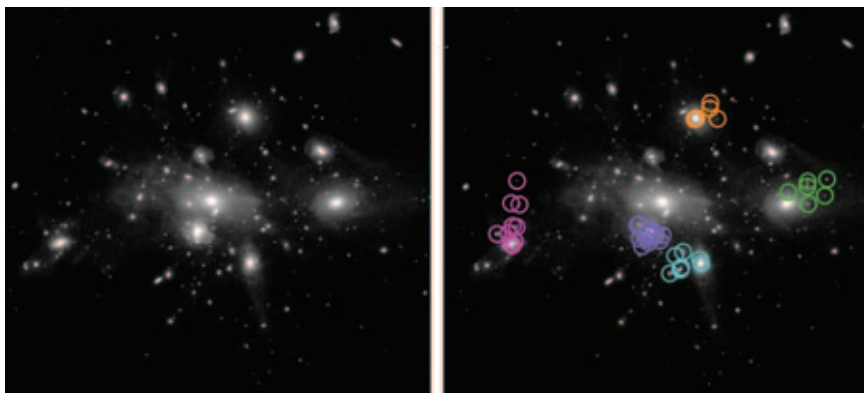
02

01 El Cúmulo de galaxias de Fornax (como los otros, lleva el nombre de la constelación en la cual se encuentra), es uno de los más ricos en cantidad de miembros. Está dominado por NGC 1316 y NGC 1399, aunque la que más llama la atención es la espiral barrada 1365, abajo de la imagen.

02 Imagen del cúmulo de galaxias Abell 1689, uno de los más grandes y más conocidos.



NASA, ESA, Hubble Heritage Team (STScI/AURA) y J. Blakeslee (NRC Herzberg, DAO) & H. Ford (JHU).



Grupos dentro de cúmulos

El trabajo fue publicado en la revista *Astronomy & Astrophysics* y forma parte de la tesis doctoral de José Benavides, basada en el trabajo anterior, pero ahora con un análisis, en algún sentido, inverso: a partir de las galaxias que hoy forman el cúmulo, intentaron recuperar información de cómo habían llegado a conformarlo. Utilizando las posiciones y velocidades de las galaxias en simulaciones, lograron establecer con muy buena confiabilidad cuáles habían entrado conjuntamente al cúmulo. Además, pudieron determinar que estas subestructuras dentro del cúmulo se iban desarmando y, por lo tanto, aquellas que habían entrado hace más tiempo estaban menos agrupadas e iban perdiendo conexión con su grupo originario. Si bien este no es el único método que explora estas subestructuras, demostró ser eficiente al ser evaluado con simulaciones cosmológicas de vanguardia.

Mario Abadi destaca: “Esta herramienta de identificación quedó disponible en un repositorio para que lo utilicen colegas interesados en hacer este tipo de análisis y puedan llevar a cabo sus propios estudios”.

Además de la evaluación de la técnica en simulaciones, los autores implementaron su identificación en observaciones. En particular, lo aplicaron al famoso Cúmulo de Bala (1E 0657-56), que está formado por dos cúmulos que están

chocando. Esto, además, representa una de las mejores evidencias de la existencia de la **materia oscura**. Se pensaba que, durante estos choques, la materia que conocemos como ordinaria o bariónica (que es la que forma las estrellas, el gas, el polvo, etc.) y la materia oscura (que aún no sabemos qué partículas la forman) se debían comportar de manera diferente. Se cree que la materia oscura no colisiona, es

decir, que en estos choques simplemente se reacomoda. Esto es justamente lo que pudo observarse en el Cúmulo de Coma: mientras la materia bariónica está interactuando, la materia oscura está distribuida de manera suave y se mezcla sin seguir el violento choque del gas.

José Benavides explica: “El método permite identificar la subestructura principal del Cúmulo de Bala (que da origen a su nombre) junto a algunas subestructuras adicionales en el eje de la colisión. Sin embargo, lo más novedoso es la identificación de algunas subestructuras localizadas a lo largo del eje principal del cúmulo y casi perpendicular al eje de la ‘bala’”. En un futuro, pueden hacerse nuevas implementaciones del método en observaciones que utilicen información de las galaxias que forman los cúmulos de Coma, Virgo u otros. Además, los datos recabados de las subestructuras que conforman cada cúmulo podrían ayudar, por ejemplo, en ciertos estudios dinámicos de los cúmulos de galaxias y en las estimaciones de sus masas.

03 A la izquierda, uno de los cúmulos analizados en la simulación. A la derecha, el mismo cúmulo con 5 de las 17 estructuras identificadas.

04 Imagen del Cúmulo de Bala en la que se muestran sus galaxias y, sobre estas, superpuesta en azul, la distribución de materia (obtenida con lentes gravitacionales); y en rosa, la emisión en rayos X.

05 La galaxia espiral NGC 4945 pertenece al gran Grupo Centaurus AIM 83. En la imagen aparecen también las galaxias NGC 4945 A (justo en el medio) y NGC 4976 (abajo). La estrella azul muy brillante es Xi² Cen, se ve a simple vista y resulta de gran utilidad como guía para buscar la galaxia con telescopios.

06 El supercúmulo de Pavo-Indus contiene seis cúmulos de galaxias principales: Abell 3656, Abell 3698, Abell 3742, Abell 3747, Abell 3627 y Abell 4038. En el centro de la imagen, NGC 6872 es una galaxia espiral barrada, llamada “el cóndor”, debido a esas “alas” largas que parece tener, de unos 700.000 años luz de extensión, debido a que está interactuando con otra galaxia, una de forma lenticular, IC 4970. En el mismo campo de la imagen figuran muchas otras galaxias, más pequeñas o, simplemente, más lejanas. Pero las estrellas pertenecen a nuestra Vía Láctea y aparecen solo porque se encuentran en la misma dirección, vistas desde nuestra posición, y muchísimo más cerca.





Visitas entre instituciones

Además de la visita de Andrea Biviano al IATE, este trabajo fue el resultado de una estancia de investigación de José Benavides y Mario Abadi en el Observatorio Astronómico de Trieste, Italia. Si bien estas estancias duraron solo algunos meses, fueron muy intensas y productivas, y dieron origen a resultados relevantes plasmados en su publicación. Es importante mencionar que esa posibilidad se debe a que el IATE pertenece a la red LACEGAL (*Latin American Chinese European Galaxy Formation Network*), financiada por la Unión Europea, y permite el intercambio de investigadores entre instituciones de Latinoamérica, Europa y China. ■

Nota: Para ver la publicación científica:
DS+: A method for the identification of cluster substructures





Artemis

EL REGRESO DE LA HUMANIDAD A LA LUNA HA COMENZADO

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

02



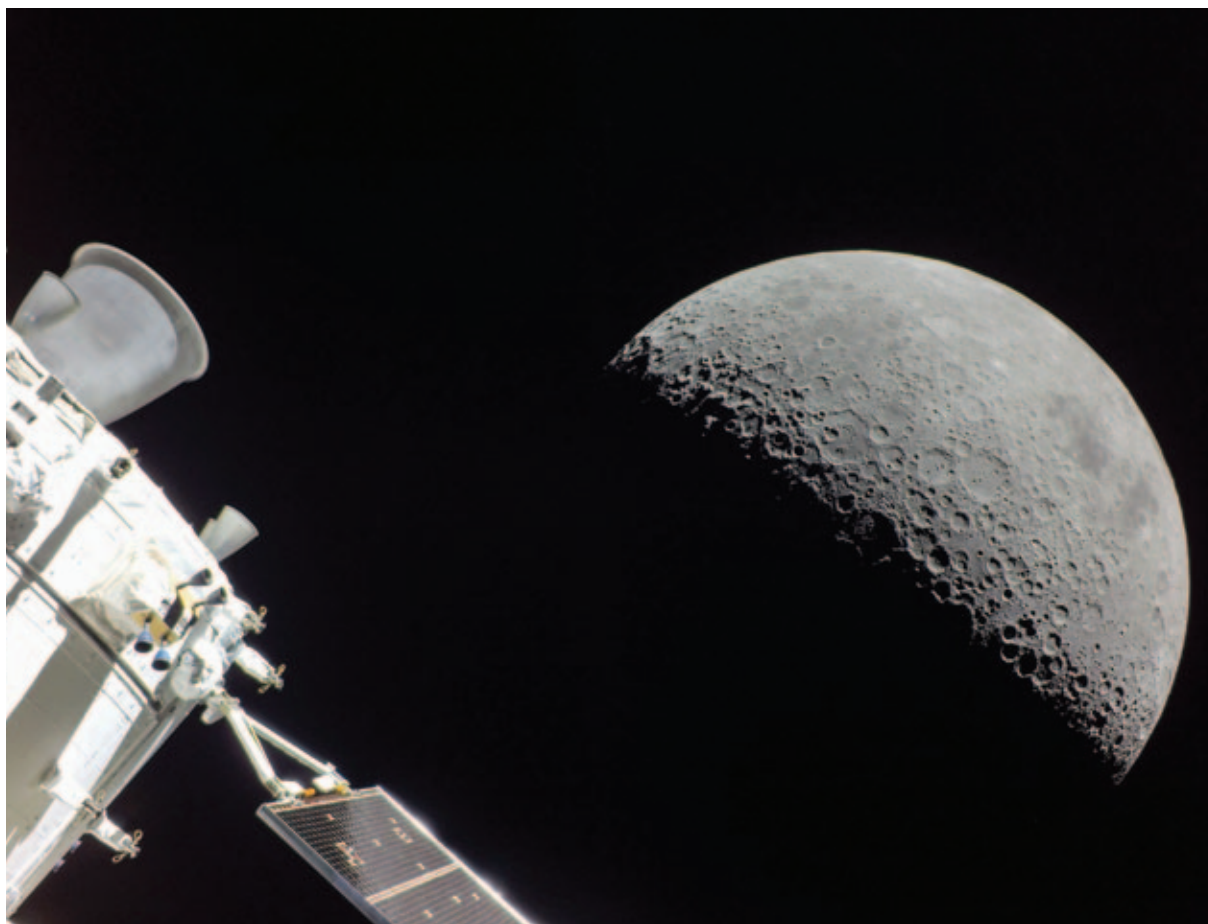
El exitoso vuelo, no tripulado, de Artemis 1 alrededor de la Luna, realizado entre noviembre y diciembre de 2022, marcó el comienzo de una nueva era en la exploración espacial. Artemis, continuación directa del programa Apollo, que colocó un total de doce hombres en la superficie lunar entre 1969 y 1972, promete ser un plan sostenido de exploración planetaria para las próximas décadas.

En la madrugada del 16 de noviembre de 2022, en el Centro Espacial Kennedy, el rugir de los cuatro grandes motores RS-25 (*) del cohete SLS (*Space Launch System*), de 98 metros de alto, marcó el fin de largas esperas, retrasos y especulaciones. Puntualmente a la 01:47 (03:47 en Argentina) se elevó desde la plataforma 39B, uno de los históricos puntos de partida de las misiones Apollo, el gigante SLS de dos etapas, que portaba en su cima la cápsula *Orión*, dando comienzo a la misión Artemis 1, el vuelo inaugural del nuevo programa lunar que lleva adelante la NASA (agencia espacial

estadounidense), en conjunto con la ESA (Agencia Espacial Europea) y otras agencias espaciales. En esta primera oportunidad, Artemis 1 no llevó astronautas. Pero

01 *El cohete SLS abandona el VAB (Edificio de Ensamblado de Vehículos) rumbo a la plataforma de lanzamiento PAD 39B en el Centro Espacial Kennedy.*

02 *La cámara externa, montada en uno de sus paneles solares, capta el conjunto Tierra-Luna en una vista única para una nave espacial diseñada para ser tripulada.*



la misión encomendada fue de vital importancia para determinar los tiempos y parámetros para los siguientes vuelos, que sí serán tripulados; y lo más importante, saber cuándo volverán a transitar seres humanos por la superficie selenita, después de más de cincuenta años.

Perfil de misión de Artemis 1

La misión de Artemis 1 consistió en llevar la cápsula *Orión*, diseñada para transportar hasta seis astronautas, alrededor de la Luna, pero de una forma muy particular, describiendo una trayectoria llamada órbita retrógrada distante, consistente en sobrevolar en sentido contrario a como la Luna orbita nuestro planeta, utilizando los puntos de Lagrange¹ L1 y L2 del sistema Tierra–Luna. Es una trayectoria muy estable que requiere pocas correcciones de rumbo y gasto de combustible, pero de máxima precisión de cálculos por parte de las computadoras y los sistemas de navegación.

03 La cámara externa de *Orión* toma la Luna el día 5 de diciembre de 2022 (día 20 de vuelo), antes del encendido del motor que iniciará el viaje de regreso a la Tierra.

04 Cara oculta de la Luna captada en el sexto día de vuelo (21 de noviembre de 2022).

Si bien las próximas misiones Artemis tripuladas no realizarán trayectorias tan complejas, esta primera misión sirvió, justamente, para llevar al extremo la capacidad de navegación de la cápsula *Orión* y, con ello, recolectar los suficientes datos que ya mismo están siendo volcados en los centros de cómputos de la NASA para las próximas misiones.

Apenas transcurridos dos minutos del lanzamiento, se separaron del cohete SLS los dos cohetes aceleradores laterales de combustible sólido, derivados directos de la tecnología de la histórica flota de transbordadores espaciales. Dieciséis minutos después, la cápsula *Orión* desplegó sus cuatro paneles solares.

Tras las comprobaciones técnicas de rigor, en órbita terrestre, noventa minutos después de su lanzamiento y por primera vez en cincuenta años, una cápsula diseñada para seres humanos venció la gravedad de la Tierra mediante el empuje translunar de su etapa propulsora, llamada ICPS, poniendo rumbo a la Luna en un viaje que le llevaría los siguientes cuatro días.

Luego del empuje translunar, la cápsula se separó de su etapa propulsora, comenzando su viaje, mientras que desde la etapa ICPS fueron liberados, en distintos momentos, diez pequeños satélites llamados Cubesat, con propósitos múltiples, agrupados en tres grandes aspectos a estudiar: ciencia lunar (encargados de realizar mapeos

de la superficie lunar en busca de hidrógeno y hielo subterráneo), demostración tecnológica (realizando mediciones de tensiones estructurales y tomando imágenes de todas las etapas del cohete durante su trayectoria) y radiación (midiendo la radiación solar y cósmica en el espacio entre la Tierra y la Luna).

El 20 de noviembre a las 16:09 (hora argentina) la cápsula *Orión* entró en la zona de influencia lunar y, al día siguiente, luego de sobrevolar la cara oculta de la Luna con una prevista pérdida de comunicaciones, comenzó la maniobra de órbita retrógrada distante.

La cápsula *Orión* realizó una gran aproximación lunar, llegando hasta 130 km de la superficie, para luego encender su motor y cambiar su velocidad hasta los 398 km/h. El 28 de noviembre llegaría a la máxima distancia que pudo llegar una nave “tripulada” (aunque, en esta oportunidad, no llevara tripulantes): a 432.210 km de la Tierra, superando a la histórica Apollo 13, que había llegado hasta los 400.171 km en abril de 1970, mientras sus tres astronautas pugnaban por lograr regresar a salvo a la Tierra en medio de una odisea espacial.

En el segundo acercamiento a la Luna, realizado el 5 de diciembre, *Orión* llegaría a la máxima aproximación: 128 km de la superficie, para luego sobrevolar, nuevamente, el lado oculto. Inmediatamente después se encendería su motor principal para abandonar la zona de influencia lunar y poner proa hacia la Tierra. Salvo por un pequeño

desperfecto eléctrico, rápidamente solucionado, el viaje de regreso transcurrió con normalidad.

El amerizaje de la cápsula *Orión* fue en el Océano Pacífico, el 11 de diciembre a las 14:40 (hora argentina), al oeste de Baja California, EE.UU., cerca de la isla Guadalupe, donde el navío USS Portland la aguardaba para su recuperación.

Los “ocupantes” de Artemis 1

La cápsula *Orión* no llevaba tripulantes, sin embargo, estuvo ocupada por varios “personajes”, algunos de ellos con funciones importantes, inherentes a la misión. El puesto de “comandante” fue ocupado por un maniquí llamado Moonikin Campos, en honor al ingeniero eléctrico Arturo Campos, quien formó parte del grupo de ingenieros y técnicos que ayudaron a los astronautas del Apollo 13 a regresar a la Tierra, luego de declarada la emergencia que les había impedido alunizar.

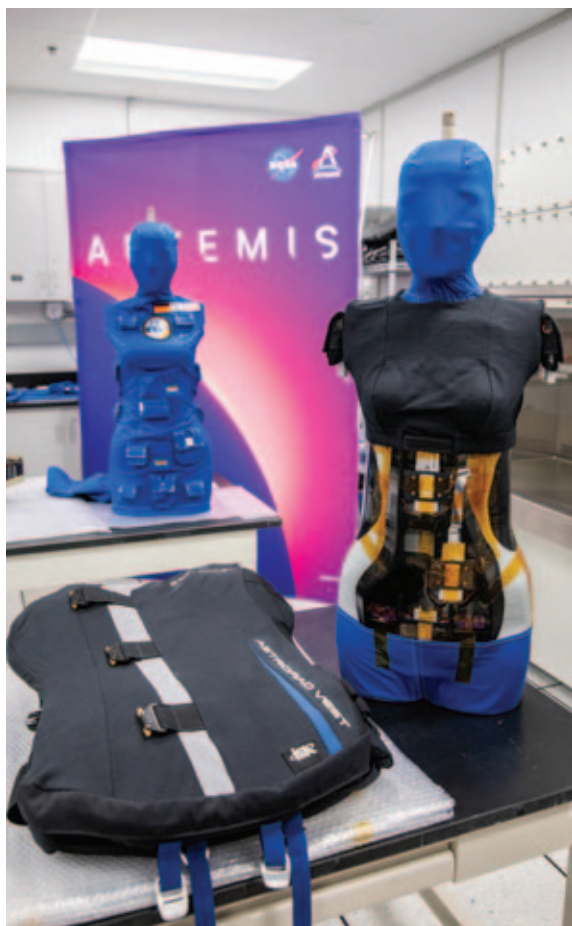
El maniquí estaba enfundado en un traje similar al que llevarán los astronautas en los próximos vuelos de Artemis, durante las fases de lanzamiento, vuelo y amerizaje, lleno de sensores para detectar vibraciones inesperadas y otras anomalías que pudieran afectar a los astronautas, como así también medidores de radiación para certificar la cápsula *Orión* como apta para vuelos tripulados.

Otros asientos fueron ocupados por torsos plásticos, llamados Helga y Zohar, encargados de medir la radiación

04



05



acumulada durante todo el viaje y su incidencia sobre el cuerpo humano. Para comparar resultados, Zohar fue protegido con un chaleco protector de radiación, mientras que Helga no. Los datos recolectados aquí serán fundamentales para las tripulaciones que ocuparán los vuelos de Artemis 2 en adelante.

Otros simpáticos personajes fueron los denominados “marcadores de ingravidez”, los cuales comenzaron a flotar en la cápsula apenas liberados de la atracción terrestre; como Snoopy, representando a la NASA, y la oveja Shaun, a la ESA. Ambas agencias espaciales fueron las encargadas de desarrollar y construir la nave *Orión*.

Una nueva conquista lunar comienza

El éxito de Artemis 1 ha dado vía libre a la planificación de las siguientes misiones. Artemis 2, planificada para noviembre de 2024, será un vuelo tripulado por cuatro astronautas seleccionados en abril. Tres estadounidenses: el comandante Gregory Wiseman, el piloto Victor Glover y la ingeniera de vuelo Christina Koch (será la primera mujer orbitando la Luna); y el ingeniero canadiense Jeremy Hansen, serán los encargados de orbitar la Luna durante 10 días. No descenderán en la superficie, pero marcarán la fase final de ensayos antes del gran alunizaje. Artemis 2 será una gran misión, teniendo en cuenta que se probarán todos los sistemas de navegación y soportes de vida durante tres semanas con astronautas, alrededor de la Luna.

Sin dudas, muchos compararán Artemis 2 con la histó-

06





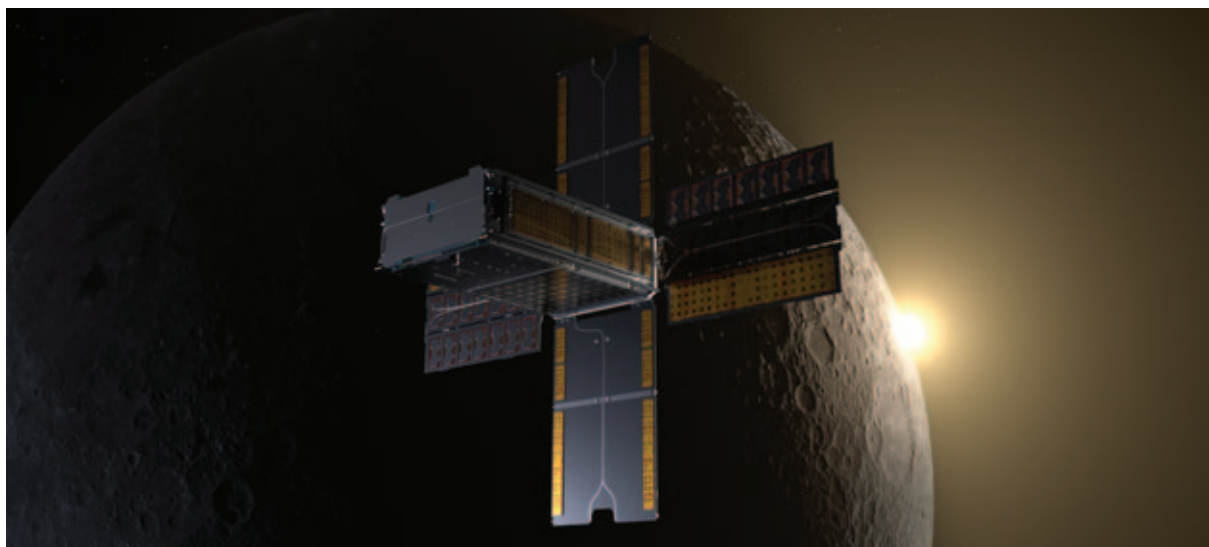
rica Apollo 8, que orbitó la Luna en la Navidad de 1968, con los primeros tres seres humanos; o incluso con el literario viaje de Julio Verne, escrito hace 158 años, que inspiró a generaciones enteras.

Las siguientes tripulaciones también serán internacionales y tendrán integrantes europeos y asiáticos.

Si todo va bien con Artemis 2, se espera que el primer alunizaje sea en el segundo semestre de 2025, con la misión Artemis 3, que estará integrada por cuatro astronautas: dos de ellos descenderán en un sector previamente seleccionado del polo sur lunar, cerca del cráter Shackleton, donde existen regiones casi permanentemente en sombras; uno de los grandes objetos de estudio del nuevo programa lunar, en busca de formaciones de hielo debajo de las rocas.

Artemis 3 representará un nuevo salto tecnológico. Por un lado, el alunizaje se realizará por medio de la nave Starship de SpaceX, previo acople con la cápsula Orión y traspaso de dos astronautas de una nave a otra. Y por otro, para lograr descender en el polo sur lunar ambas naves deberán describir una órbita polar casi rectilínea, nunca antes realizada por naves tripuladas.

08



La NASA ya anticipó que los primeros representantes de la humanidad que inauguren el regreso a la Luna serán una mujer (seleccionada de un grupo finalista de nueve candidatas) y un afroamericano.

La exploración de regiones polares lunares supondrá descubrir aspectos hasta ahora desconocidos de nuestro

05 *Torsos Helga y Zohar llevados a bordo de la cápsula Orión en Artemis 1 para estudiar los efectos de la radiación en el cuerpo humano durante el viaje.*

06 *Interior de la cabina de la nave Orión: a la izquierda se encuentra el maniquí "Comandante Moonikin Campos" y a la derecha (resaltado) el indicador de ingravidez Snoopy.*

07 *Lanzamiento de Artemis 1 desde la PAD 39B, del Centro Espacial Kennedy, el 16 de noviembre de 2022.*

08 *Representación de uno de los Cubesat encargados de estudiar la superficie lunar, la radiación en la ruta Tierra-Luna y las estructuras del cohete SLS.*



satélite, muy distintos incluso a los descubiertos por los científicos que analizaron las muestras traídas con el programa Apollo, que por sus limitaciones técnicas y orbitales solo podía explorar regiones ecuatoriales.

La vuelta a la Luna ya comenzó, esta vez, en forma de exploración sostenida y con permanencias que serán cada vez más largas en superficie. El primer misterio, acerca de quiénes serán los que volverán a la Luna, se resolverá

muy pronto, pero muchos otros aguardan la nueva llegada del ser humano para ser revelados. ■

Notas

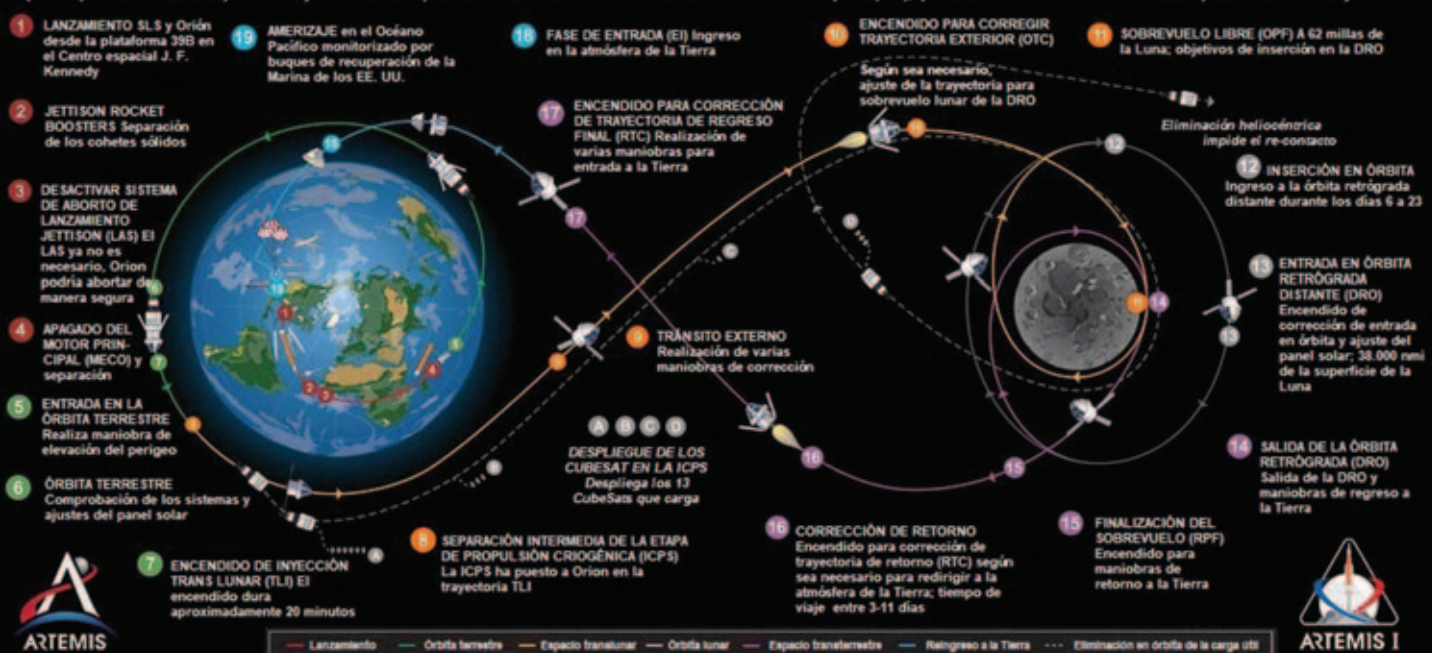
(*) Los motores RS-25 son los que se usaban para los transbordadores espaciales de la NASA, que funcionaron entre 1981 y 2011. De hecho, los cuatro de esta misión son reciclados pues fueron usados en misiones anteriores del transbordador.

09 Traje espacial del maniquí “Comandante Moonikin Campos” para medir vibraciones y radiación dentro de la cápsula Orión.

10 Trayectoria de Artemis 1 desde la Tierra con el sobrevuelo lunar en órbita retrógrada distante.

ARTEMIS I

La primera prueba de vuelo sin tripulación conjunta de la nave espacial Orion de la NASA con el nuevo Sistema de Lanzamiento Espacial (SLS), que se lanza desde el remodelado “Centro espacial John F. Kennedy”



Ocultación de Júpiter por la Luna

Los planetas del sistema solar, incluida la Tierra, se mueven alrededor del Sol en planos similares, muy poco inclinados unos respecto de los otros. Eso hace que, vistos desde nuestra posición, recorran el cielo por un camino parecido al que hace el Sol, es decir, por la eclíptica. La Luna también hace un recorrido semejante. Por eso, cada tanto, nuestro satélite pasa justo por delante de alguno de los planetas y lo tapa durante un rato. Es a eso a lo que llamamos ocultación. La de estas imágenes, cuando la Luna ocultó a Júpiter, ocurrió el 22 de febrero pasado.

En este caso, lo más interesante fue el hecho de que la ocultación del planeta se dio por el lado opaco de la Luna, es decir, lo que llamamos luz cenicienta, provocada por el reflejo de la luz del Sol en la Tierra que ilumina levemente el lado nocturno de la Luna. Así, en los instantes previos a la ocultación, pudimos observar claramente, incluso a simple vista, cómo Júpiter desaparecía por detrás de nuestro satélite; algo que hubiera sido mucho menos notable si se hubiera dado por el sector más brillante. Además, en un caso así, observando a través de un telescopio cómo la Luna va acercándose y tapando paulatinamente un planeta, se puede apreciar su movimiento real alrededor de la Tierra, a unos 3500 km por hora.

La próxima ocultación interesante se dará durante la madrugada del 31 de mayo de 2024, cuando la Luna pase por delante de Saturno.

01

Sabrina Motino



01 La Luna a punto de ocultar a Júpiter, visto desde el Parque Saavedra, en Buenos Aires.

02

Mariano Ribas



03

Cyntia Olivera



03 Reaparición (de izquierda a derecha) de Júpiter por detrás de la Luna, vista desde Santiago del Estero.

01

Carlos Di Nallo



02

Mariano Ribas



01 *El cielo del verano 2023. Vista panorámica del puente ferroviario cercano a Juan José Paso, Provincia de Buenos Aires, con Orión, Sirio, el Can Mayor, Tauro y Marte (abajo).*

02 *Doble lucero. Júpiter (arriba) y Venus vistos desde el barrio de Floresta, en el atardecer del 1° de marzo.*

03 *El cometa ZTF desde el predio del Observatorio Cielos Albertinos, en Alberti, provincia de Buenos Aires, el 19 de febrero. Se aprecia ligeramente la coma verde y la cola, de polvo, blanca.*

04 *El cometa y Marte, desde el Observatorio Ampimpa, Tucumán, el 11 de febrero.*

03

Maximiliano Falieres



04

Carlos Di Nallo



El tema del verano: ZTF, el cometa verdura

GRANDES DECEPCIONES

“Ya seguirán desilusiones como el primer amor...”, Canción de Hollywood, Serú Girán, 1979.

01

Sergio Montúfar Codoñer



El tema de este verano no fue el de Shakira, sino “el cometa verde”. Y, como ya estamos acostumbrados, el sensacionalismo de nuestros medios conspira directamente contra la divulgación científica.

El último cometa “decente” en aparecer había sido el Leonard, en diciembre de 2021. Sin ser nada espectacular, se pudo ver a simple vista (apenas) desde lugares oscuros, especialmente tras una serie de fenómenos muy particulares, como varios estallidos de brillo en poco tiempo. Pero todos los cometas son impredecibles, y nunca se puede saber cuánta actividad van a desplegar cuando se acercan al Sol, aunque sí se puede conocer la distancia a nuestro planeta a la que pasarán.

Provenientes de los confines del sistema solar, los cometas pueden acercarse al sistema solar interior por efectos gravitatorios. Algunos pasan una vez cada decenas de miles de años; otros, tras un fortuito encuentro con algún pla-

neta gigante, “cierran” sus órbitas y se convierten en cometas periódicos, es decir, con órbitas mucho más chicas. Pero la mayoría resulta demasiado tenue como para observarlos a simple vista, especialmente desde una ciudad, y unos pocos pueden llegar a ser avistados con binoculares o pequeños telescopios. Generalmente, no suelen ser más que “manchitas” borrosas y tenues, aunque eso no quita la atracción de observarlos.

Los cometas son famosos por su forma y su espectacular cola. Cuando están lejos del Sol, el tamaño de los cometas es relativamente pequeño: un amasijo de roca y hielo de entre 1 y 20 km de diámetro o menos. Es a eso a lo que llamamos el núcleo del cometa.

Las órbitas de los cometas son muy elípticas (parabólicas o hiperbólicas) y eso hace que la mayor parte del tiempo estén muy alejados del Sol, sin desplegar ningún tipo de actividad. Pero a su vez, sus órbitas se “cierran” muy cerca del Sol, y cuando se le acercan comienza a desplegarse una actividad extraordinaria: su superficie se calienta, sus hielos se subliman y rodean el núcleo en una densa atmósfera llamada coma o cabellera, formada por gas y polvo, que se puede expandir hasta unos 100 mil kilómetros. La radiación y el viento solar (un flujo de partículas cargadas eléctricamente provenientes del Sol) empuja el material de la coma y forma la cola, que por eso siempre apunta en dirección opuesta al Sol. La cola puede medir decenas de millones de km. La forma en la que veamos un cometa en el cielo dependerá de esa actividad y de la distancia a la que se acerque a la Tierra.

Datos, no opinión

El cometa del verano fue descubierto el 2 de marzo de 2022 por el *Zwicky Transient Facility* (ZTF), un programa automático de observación perteneciente al Observatorio de Monte Palomar, en Estados Unidos. Fue catalogado como C/2022 E3 (ZTF) tras determinarse que su órbita en torno al Sol era muy excéntrica, con un período de 50 mil años; y muy inclinada, unos 109° con respecto al plano orbital de la Tierra, casi perpendicular.

Durante todo el mes de enero fue observado y fotogra-

01 Durante todo el mes de enero el cometa fue observado y fotografiado exclusivamente en el hemisferio norte. En este caso, tras el volcán de Pacaya, en Guatemala.

02 El cometa, Marte y parte de la constelación de Tauro. Se aprecian las Pléyades (abajo) y la estrella roja Aldebarán (arriba). A la derecha, muy cerca de Marte, se ve el cometa ZTF, fotografiado desde Bocas del Toro, Panamá, el 10 de febrero.

fiado exclusivamente en el hemisferio norte. Alcanzó su perihelio el 12 de enero, a 166 millones de km del Sol. La mínima distancia a la Tierra la alcanzó el 1° de febrero, a 42 millones de km, aún por debajo del horizonte para Argentina. En nuestro país recién aparecería a partir del 5 de febrero, a pocos grados de altura y hacia el norte, en la constelación de Auriga, e iría ganando altura noche tras noche. En la misma medida, el cometa se alejaba y perdía el poco brillo que prometía.

Verdura cometaria

Hace poco más de un año, el cometa C/2021 A1 (Leonard) se distinguía por su coma (la nubecita que rodea el núcleo) de color verde, pero su cola era blanca, ya que es de polvo y refleja la luz del Sol. Hemos visto en otros cometas que una segunda cola es generalmente azul, formada por un plasma fluorescente de monóxido de carbono que brilla excitado por la radiación UV del Sol. Tiene una dinámica distinta de la cola de polvo, y por eso las vemos separadas al alejarse del núcleo.

El color verde de la coma también es una fluorescencia, pero de una sustancia inusual: el carbono diatómico C_2 . A diferencia de los familiares gases atmosféricos N_2 y O_2 , el dicarbono solo existe en ambientes de muy baja densidad, o muy energéticos, debido a que es muy reactivo y desaparece rápidamente. El genial espectroscopista Gerhard Herzberg (premio Nobel 1971) conjeturó, en 1930, el mecanismo por el cual el dicarbono que pinta de verde la tenue atmósfera de los cometas era destruido por la radiación antes de alcanzar la cola. Por su parte, los astrónomos calculaban que la delicada molécula no persistía más de 100.000 segundos (poco más de un día) a una distancia de 1 unidad astronómica del Sol (150 millones de km, la distancia Tierra/Sol). Pero jamás se lo había podido estudiar en el laboratorio, e incluso su descripción teórica es complicada y no libre de controversias.

Coincidentemente con la visita del Leonard y su verde coma, se publicó el primer estudio del C_2 en condiciones controladas de laboratorio, analizando su color, su interacción con la radiación electromagnética, sus transiciones electrónicas y su duración. El principal resultado confirma la observación empírica de los astrónomos: el C_2 dura 160.000 segundos (dos días) a 1 unidad astronómica del Sol. También se observa que es destruida de una manera complicada, absorbiendo dos fotones y sufriendo dos transiciones “prohibidas”. El mecanismo es exactamente el que predijo Herzberg hace 90 años. El color verde de la coma de los cometas está explicado¹. Check.

¿Y dónde está el ZTF?

Si bien casi todos los cometas son “verdes” o “azules”, lo verde o azul de un cometa se expresa exclusivamente en las fotografías. El ojo humano no llega a ver esos colores, ni a simple vista, ni con binoculares ni con telescopios. Solo ve, como en el caso de las nebulosas o las galaxias, una mancha gris y borrosa. Nuestros sentidos son limitados. En el caso del ZTF, a pesar de su fugaz fama mediática,



sus expectativas fueron desmedidas, porque nada hizo prever nunca que iba a desplegar una actividad y una magnitud aceptables. Cada tanto, esas predicciones fallan y un gran cometa nos sorprende. No fue este el caso.

En la noche del 5 de febrero el cometa se encontraba, aparentemente, muy cerca de Capella, la sexta estrella más brillante del cielo, en la constelación de Auriga, muy bajo hacia el horizonte norte. Intentamos encontrarlo, sin suerte, desde Buenos Aires, Bariloche y otras localidades. Solo nuestro “enviado especial” a Costa Rica y Panamá, Mariano Ribas, dijo “*haber visto algo aceptable con binoculares, pero sin cola*”, y le sacó un par de fotos, entre nubes. Y desde Guatemala, nuestro amigo Sergio Montúfar Codoñer, logró otra imagen, con el cometa bien alto en el cielo boreal, el 29 de enero.

Días después, el cometa se iba elevando en nuestro cielo. Para no quedarnos con la duda, nos alejamos de la ciudad unos cien kilómetros y logramos divisarlo con binoculares, más fácil de lo que esperábamos. Pero a simple vista, nada. Unos días después, en la medida en la que la distancia se estiraba, el cometa fue perdiendo brillo y desapareciendo, paulatinamente, para siempre. ■

Notas

Este artículo es un conjunto de datos y opiniones obtenidos por Guillermo Abramson, Mariano Ribas y Diego Hernández; incluso, datos y opiniones repetidas del paso de cometas anteriores. Los tres pensamos diferente acerca de la forma y la utilidad que tiene este tipo de comunicación sobre estos eventos en el cielo. Y esa diversidad es la que, creemos, enriquece la divulgación.

¹ El trabajo es: Jasmin Borsovszky et al., *Photodissociation of dicarbon: How nature breaks an unusual multiple bond*. PNAS (2021) 118:e2113315118.



Una etapa olvidada de la historia de la ciencia

DETRÁS DE LA OSCURIDAD

Autor: Walter Germaná, Planetario de la Ciudad de Buenos Aires Galileo Galilei.

02



Por más de mil años, el desarrollo científico occidental enmudeció en forma alarmante. Se vivían etapas muy oscuras. Mientras tanto, en otras regiones del planeta, enormemente postergadas por el mundo actual y castigadas por las más cruentas guerras, las ambiciones y los más oscuros procesos geopolíticos, el conocimiento no hizo más que brillar, y desempeñó un papel fundamental en la historia de la ciencia. No solo fue salvaguardado el legado científico de la antigüedad, sino que el desarrollo de la ciencia no se detuvo en absoluto en los más diversos ámbitos del saber. Y más allá de los lugares, las etnias, los orígenes o las nacionalidades, continuó brillando con luz propia.

Se trató de una de las epopeyas más importantes de la historia del conocimiento humano, que permanece en gran parte y para el gran público, oculta detrás del velo de los tiempos. Este derrotero científico fue, de la mano de la historia y la expansión, la llamada “Edad de Oro del Islam”, de pueblos muy prolíficos en la búsqueda del conocimiento. Puede organizarse a partir de diferentes centros de poder y dinastías que construyeron a su paso un imperio que se extendió desde los Pirineos hasta la India, y desde las estepas del Asia Central hasta el África subsahariana. Un sendero que no dejó afuera etnias, orígenes ni nacionalidades, y solo se mantuvo hilvanado por la búsqueda irrestricta del conocimiento, en el marco de la lengua árabe en un principio y, fundamentalmente, del islam.

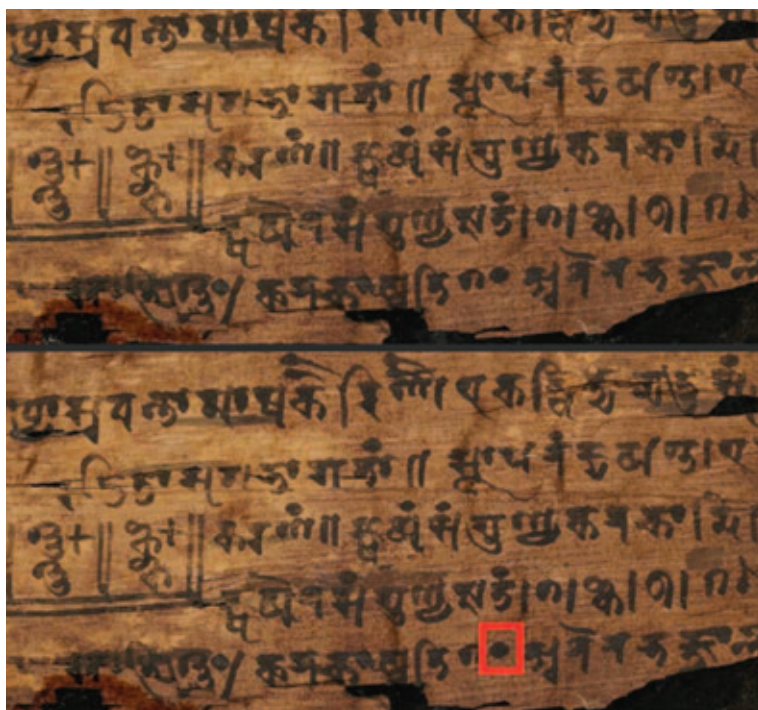
Un poco de historia

La abrupta **caída del imperio romano de occidente (476 d. C.)**, en manos de pueblos invasores y primitivos,

amenazó con enterrar gran parte de los conocimientos desarrollados y atesorados a lo largo de mucho tiempo. Esta debacle complicó el desarrollo de la astronomía, las matemáticas, el conocimiento observacional práctico de los cielos, y de todos los saberes obtenidos en la antigüedad.

01 *Esfera Armilar: instrumento astronómico que intenta representar el movimiento de los astros a pequeña escala, a partir de un concepto geocéntrico. Modelo desarrollado por el Profesor Fuat Sezgin, parte de la colección exhibida en el Museo de la Ciencia y la Tecnología en el Islam, en Estambul.*

02 *Máxima extensión territorial del islam en la denominada “Edad de Oro” (superficie total intervenida), correspondiente al período histórico comprendido por el Califato Omeya (661-750). Están demarcados además los califatos históricos posteriores: Califato Abasí en su máxima extensión (sombreado en verde), Emirato/Califato de Córdoba (sombreado en naranja). Figuran todos los sitios de interés a tratar a lo largo del relato.*



dad. Sin embargo, gracias al valiosísimo trabajo de rescate, recopilación y traducción de los astrónomos y demás hombres de ciencia islámicos, a partir de originales griegos, entre los años 760 y 1040 de nuestra era, gran parte del saber científico pudo sobrevivir a la caída de Roma y al oscuro letargo de la Europa medieval. Fue fundamental el período entre los siglos IX y XV, como se cita habitualmente, pero que podríamos extender entre los siglos VIII y XVII, para ser más precisos. Durante este extenso lapso el mundo árabe¹ y fundamentalmente islámico² vivió un muy destacado desarrollo científico. Este florecimiento partió tal vez de un lugar un tanto tangencial. Se debió en principio al interés por la astronomía y las matemáticas por parte de los grandes líderes –tanto religiosos como políticos–, en busca de mejorar el calendario lunar, orientar con mayor precisión las cons-

03 Fragmento en sánscrito perteneciente al *Siddhanta*. Es un libro anónimo que reúne los conocimientos de los astrónomos y matemáticos indios de los siglos VI y VII, llevado a Bagdad por un viajero en el siglo VIII de nuestra era. En el fragmento se remarca el primer “0” empleado en la historia en la notación numérica decimal que se conserve.

04 Astrolabio islámico más antiguo conservado con fecha de datación concreta. Construido en bronce por el persa Muhammad Ibn Abdallah, más conocido como Nastulus (siglo X, Bagdad), en el año 315 de la Hégira, es decir, en torno al 927 de nuestra era. Museo Nacional de Kuwait, colección al-Sabah.

05 Monumento a al-Juarismi en Jiva, Uzbekistán, lugar de su nacimiento en torno al 780 de nuestra era. Fue el matemático que inventó el álgebra y el primero en utilizar el sistema decimal, junto al “0” como concepto matemático fuera de la India.

trucciones religiosas en dirección a Meca, o a la necesidad de obtener vacuos presagios astrológicos. Pero este fue solo un punto de partida que envolvió engañosamente la pasión del hombre islámico por el conocimiento y la experimentación. De hecho, la sabiduría desarrollada por estos pueblos tiene un componente eminentemente práctico, muchas veces solo basado en las necesidades de la vida cotidiana, que logró conclusiones científicas ampliamente celebradas con posterioridad en occidente; como la forma elíptica de las órbitas de los planetas, por ejemplo, que algunos sabios islámicos dedujeron utilizando como base obras como *La Elíptica*, de **Apolonio de Pérgamo** (262-190 a. C.). Como afirmara el filósofo, matemático y sociólogo británico Bertrand Russell (1872-1970): “*La ciencia moderna occidental nace de la unión entre la especulación griega y el empirismo islámico*”.

Las fuentes

Este auge de las ciencias, evidenciado por miles de manuscritos a lo largo de todo el período, fue posible gracias al contacto con los textos originales grecolatinos, a través de Bizancio (luego Constantinopla, parte de la actual Estambul, Turquía), y a la influencia de otras civilizaciones y culturas pertenecientes a otros territorios visitados y/o conquistados. De esta manera, fueron también de importancia ineludible, traducciones e influencias provenientes de la India, Persia, Afganistán, Egipto y otras regiones, que aportaron desarrollos fundamentales a la astronomía, las matemáticas, la óptica y la tecnología; que enriquecieron notablemente el conocimiento grecolatino de base. Una idea incorrecta suele ser que el renacimiento europeo heredó a las antiguas Grecia y Roma, algo claramente falso, ya que la amplia mayoría de aquel legado, existente sobre territorios europeos o bajo su dominio en la antigüedad, fue destruido (con la **biblioteca de Alejandría en 391**, los **archivos de Roma en 410 y 476**, y con el cierre y destrucción de la **Academia y el Liceo de Atenas**, por parte de Justiniano en **529**). Si no hubiese sido por el mundo islámico que se desarrolló paralelamente a la Edad Media europea, no hubiera existido probablemente un renacimiento en Europa.

Las fuentes provienen de tres ejes fundamentales. El primero y principal es la traducción de originales griegos como la *Esférica*, de **Menelao de Alejandría** (c. 70-140), entre muchas otras obras de diversos autores. Pero fueron de capital importancia las traducciones de la *Sintaxis matemática*, o *Almagesto* (del árabe al-Maḡīstī, “el más grande”)³, de Claudio Ptolomeo (c. 100-170)⁴. El segundo llegará a través de la traducción del sánscrito al árabe del *Siddhanta*, libro anónimo llevado desde la India a Bagdad por un viajero a fines del siglo VIII, que contenía los

conocimientos de astrónomos y matemáticos indios de los siglos VI y VII; entre ellos, **Brahmagupta** (c. 590-670), probablemente el creador del cero como concepto matemático; o **Bhaskara** (c. 600-680), el primer matemático en escribir los números en sistema decimal, utilizando el cero. Desde aquí es que estos avances pasarán al mundo árabe y, recién después, al mundo occidental. La tercera será la asimilación de la cultura persa, a través de los conocimientos existentes en diversas tablas astronómicas.

Traducciones, discrepancias y lugares

Tanto los *Fenómenos* de **Arato** (c. 310-240 a. C.) como el *Almagesto* de Ptolomeo, fueron traducidos del griego al árabe en varias oportunidades. El *Almagesto* traducido en Bagdad por **Haÿyâ Ibn Matar** (786-833) en 827 u 828, es considerada la más destacada de sus versiones. Estas traducciones llegaron a Europa por la península ibérica, principal punto de contacto entre el mundo occidental y el mundo islámico en la Edad Media. La obra de Ptolomeo sería traducida al latín, directamente de un original griego en occidente, recién en los siglos XV (en forma incompleta) y XVI (completa).

Sin embargo, estos sabios árabes fueron los primeros en generar correcciones y mejoras remarcables en el afamado libro, aplicando la trigonometría y nuevos desarrollos matemáticos propios. Rechazaron también la concepción de los epiciclos y otros conceptos que les resultaban erróneos e ilógicos, cosa que puede evidenciarse en las obras de grandes figuras como Ibn Qurrâ, al-Tusi, al-Sufi o Ibn Aflah, entre otros.

Este auge científico tuvo diferentes epicentros dentro de los extensos dominios que abarcó el islam. Gran relevancia cobró la creación de verdaderas “mecas de la ciencia”, como la **Casa de la Sabiduría** (Bait al-Híkma), en Bagdad (s. IX), o la **Casa de la Ciencia** (Dar al-Ilm), en el Cairo (s. XI); que no solo difundieron los conocimientos emanados de la cultura grecolatina, sino que fueron el



refugio de grandes sabios islámicos. A estos científicos les debemos no solo la salvación de los conocimientos de la antigüedad, los nombres de las principales estrellas (derivados del *Almagesto* en su versión árabe) y muchos de los términos astronómicos que utilizamos en forma corriente; sino que sus aportes en la mejora de los modelos astronómicos, en los registros observacionales y en el uso de las matemáticas, representaron un avance fundamental para toda la humanidad.

Los observatorios no fueron algo menor: Damasco (construido en torno al siglo VIII), Bagdad (en 829), Maragha (1265) y Samarcanda (1428), entre otros. A partir de ellos fueron estudiados cuidadosamente los movimientos de los planetas, las estrellas, la oblicuidad de la eclíptica, y se elaboraron tablas astronómicas diversas y notables. Además, se idearon y construyeron numerosos instrumentos de observación para esta labor. Paralelamente, brillaron la geometría, la trigonometría, la astronomía esférica, y nació el álgebra⁵, como herramienta fundamental para el desarrollo científico.

La historia comienza entre el 635 y el 636, con la conquista de la ciudad de Damasco, perteneciente al imperio bizantino por entonces, por parte de quienes conformarían la primera gran dinastía en el mundo islámico: los Omeyas, una facción de los descendientes del profeta Muhammad (mal llamado Mahoma). Allí fundaron el **Califato Omeya de Damasco**⁶, que se





extendió entre los años 661 y 750. En ese marco, el imperio islámico abarcó su mayor extensión. Mientras, la siguiente dinastía, la de los **Abasíes** (otra facción que reivindicaba ser heredera directa del profeta), es quien dará un verdadero inicio a nuestro camino.

Bagdad (lejos de los bombardeos)

Luego de una campaña iniciada desde Persia, los Abasíes derrotaron a la dinastía Omeya en 750, establecieron el Califato Abasí (750-945) y trasladaron su capital a Bagdad (fundada en 762), ciudad que se transformó en el centro de la civilización durante gran parte de la Edad Media europea. Aquí se inicia el proceso, con el reinado del califa Harún al-Rashíd (786-809), seguido fundamentalmente del de su hijo, al-Mamún (813-833), quien fundó la biblioteca más grande e importante desde la famosísima biblioteca de Alejandría: **la Casa de la Sabiduría**, y estableció allí el primer observatorio astronómico permanente del mundo, en 829. El fundamento de todo este desarrollo parte de una verdadera escuela de traducción de los sabios griegos y latinos, a partir de traductores y científicos cristianos nestorianos⁷, como Hunain Ibn Ishaq (809-873), y de originales adquiridos en Bizancio y en la misma Atenas. A partir de aquí surgirá una catarata de sabios locales que desarrollarán sus propios progresos científicos a partir de los conocimientos adquiridos. El primer astrónomo fue **Abu Abdallah Muhammad Ibn Ibrahim al-Fazari**⁸ (fallecido hacia principios del

siglo IX), quien junto a su padre Ibrahim, también astrónomo y matemático, comenzó por destacarse en la traducción del Siddhanta (de donde parten muy probablemente las cifras conocidas como arábigas, y numerosísimas tablas y conocimientos astronómicos) y en la construcción del primer astrolabio⁹ en el mundo árabe.

Pero la primera figura descolante aquí fue **al-Juarismi** (780-850), matemático, astrónomo y geógrafo de origen persa, nacido en Juarism (hoy Jiva). Escribió el primer libro de álgebra de la historia, fundando esta disciplina, e intro-

dujo en el mundo islámico el uso de las cifras actuales, de origen indio, y la utilización del cero, de donde proviene la palabra “cifra”. Su principal contribución astronómica fue su libro **Ziy al-Sindhind** (Tablas astronómicas de Sindhind), basado en la astronomía india. Pero la obra que lo inmortalizó fue su **Libro sobre el cálculo, algebra y reducción**, traducido al latín en el siglo XII por el matemático italiano Leonardo Fibonacci (1170-1240).

Otro matemático destacado que brilló en Bagdad fue **al-Marwazi** (766-869), también de origen persa, pero nacido en Merv, hoy Turkmenistán. Describió por vez primera las razones trigonométricas: seno, coseno, tangente y cotangente, y fue un destacado astrónomo y geógrafo, que compiló una década de observaciones en tablas astronómicas y en su **Libro de los Cuerpos y las Distancias**.

Sin embargo, el primer gran astrónomo nos llega con Abu Ma'shar al-Balji, más conocido como **Albumasar** (787-886), también de origen persa y nacido en Balj, actual Afganistán, con su **Gran tratado de la ciencia de las estrellas**, obra que llegó a ser conocida en la Edad Media en Europa. En esta fase inicial puede nombrarse también a **al-Farghani** (805-880), proveniente, como su nombre lo indica, de Ferganá, actual Uzbekistán. Su trabajo en Bagdad nos legó su **Compendio de la ciencia de las estrellas**, escrito en 833 y conocido como *Elementos de Astronomía sobre los movimientos celestes* o, simplemente, como “*Elementos*”. La obra fue traducida al latín en Toledo en el siglo XII, con una repercusión también muy destacada.

Otra figura descolante de esta etapa fue **Thabit Ibn Qurrá** (836-901), nacido en Harrán, actual Turquía. También estudió en Bagdad y escribió obras destacadas acerca del movimiento de los planetas en la esfera celeste, el movimiento aparente del Sol y de la Luna, y el desplazamiento de los equinoccios, y fundó una escuela de

“Al-Farisi (1260-1320) fue el primero en proponer que el arcoíris tenía lugar por la refracción de la luz solar en pequeñas gotitas de agua, siglos antes que Descartes”.

traducción científica del griego al árabe. Se destacó además en las matemáticas, donde sus ecuaciones diseñadas para calcular superficies y volúmenes, utilizando un tipo de cálculo muy cercano al Cálculo Integral, definido más tarde por Newton y Leibniz, tienen hoy total vigencia. Todo este desarrollo, no solo científico sino también en diversos ámbitos de la cultura, hizo de Bagdad una de las metrópolis más importantes y pobladas de la historia. Pero la progresiva incursión e invasión de otras facciones islámicas, por el lado iraní; y otras de origen turco, como los Gaznavíes, que llegaron a contar con importantes posesiones en la región (Imperio Gaznaví, 975-1187); y más tarde las diferentes dinastías Selyúcidas (1037-1307, provenientes del mar de Aral y de origen también turco), comenzó a horadar el poder de la dinastía Abasí, cuyo Califato se mantuvo solo en forma representativa-honoraria, siendo relegadas sus autoridades a un plano exclusivamente religioso.

Así se instituyeron los denominados Emiratos Buyíes en la región (934-1048). Todo este largo proceso culminaría con la destrucción de la ciudad de Bagdad y la masacre de gran parte de sus pobladores, por parte de los mogoles en 1258. Pero incluso mucho antes, aquí también comenzaba a vislumbrarse cierta decadencia. De hecho, el centro del imperio islámico hacia

06 *Autómatas vertedores de vino impulsados por energía hidráulica. Parte del Libro del conocimiento y de los mecanismos ingeniosos, del ingeniero e inventor al-Ġazari (1136-1206), que trabajó en Diyarbakir, hoy en Turquía.*

07 *Califato Fatimí en su mayor extensión. Organización político-religiosa que dominó el mundo islámico entre el 909 y el 1171 de nuestra era, con capital en El Cairo (conquistada en 969). Puede observarse además la situación territorial de los otros dos grandes califatos coexistentes en la época, el Califato de Córdoba (liderado por los descendientes de la dinastía Omeya original), y el Abasí (en poder de las dinastías Buyíes y otras dinastías menores de origen turco y persa por entonces).*

“La ciencia moderna occidental nace de la unión entre la especulación griega y el empirismo islámico”, *Bertrand Russell*.

el siglo X no era ya Bagdad, sino El Cairo.

Siria (lejos de la guerra civil)

Paralelamente, y a partir de los primeros signos de decadencia de Bagdad, comenzaron a desarrollarse nuevos centros para la ciencia, que se desplazaron por el río Éufrates hasta la ciudad de al-Raqqā (hoy en el norte de Siria). Allí brilló **al-Battani** (850-929), nacido en la ciudad de Harrán, quien desarrolló gran parte de su tarea científica en este otro nuevo centro de la cultura islámica, y en Antioquía (actual Turquía). Él nos legó su denominado **Libro de las Tablas**, donde catalogó con gran precisión cerca de 500 estrellas, utilizando por vez primera la trigonometría para esta tarea. Estudió, además, el movimiento del Sol, la Luna, los planetas y los eclipses anulares. Construyó relojes solares y globos celestes. Sus trabajos fueron conocidos y traducidos al latín con posterioridad en la península ibérica.

Los matemáticos no faltaron tampoco, y el primero a destacar es **al Uqlidisi** (hacia 920-980), quien vivió en Damasco y nos legó importantes obras sobre aritmética y el sistema matemático indio. Hubo lugar también para la inventiva y la robótica con **al-Ġazari** (1136-1206), científico, inventor e ingeniero, nacido en la actual urbe de Cizre, hoy Turquía. Trabajó al servicio de una dinastía de origen turco, en **Diyarbakir**, que dominó la región por esos tiempos, pero supeditada a gobiernos y territorios aún más poderosos. Su obra más destacada sobre ingeniería mecánica es su **Libro del Conocimiento y de**

07



los Dispositivos Mecánicos Ingeniosos, donde describió decenas de instrumentos, como relojes hidráulicos, fuentes y bombas de agua, bombas de vacío, cañerías de succión, etc. Las máquinas y técnicas que desarrolló llegaron a Europa Occidental, y constan de grandes diseños de automatización, que funcionaban a través de complejos mecanismos hidráulicos que podían emplearse en muy diversas tareas, con grandes curiosidades, como autómatas que servían vino o tocaban flautas.

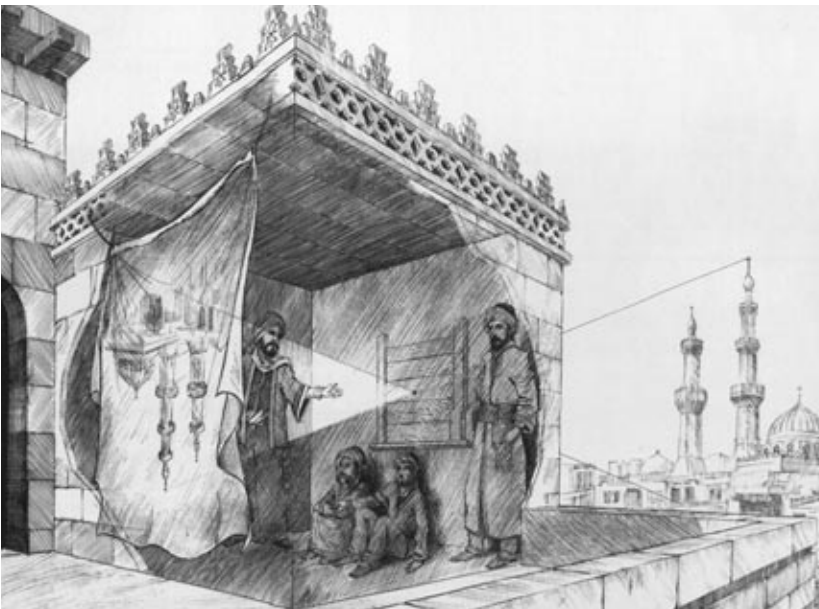
Otro de los sabios sirios más destacados, ya ubicado hacia el final del período, fue **al-Shatir** (1304-1375). Alcanzó la cumbre en el diseño de astrolabios, y desde la mezquita de Damasco se destacó en materia de cronometraje astronómico, mejorando además los modelos matemáticos de otras personalidades islámicas previas.

“Si no hubiese sido por el mundo islámico que se desarrolló paralelamente a la Edad Media europea, no hubiera existido probablemente un renacimiento en Europa”.

08 *Representación del funcionamiento de la cámara oscura en el mundo islámico, desarrollada como nadie por el óptico, físico, matemático y astrónomo egipcio al-Haizan (nacido en Basora, hoy Irak).*

09 *Torquetum construido en 1568 por Johannes Praetorius. Es un instrumento de medición astronómica utilizado para establecer registros de la posición de los astros a través de coordenadas horizontales, ecuatoriales y eclípticas, creado por el astrónomo sevillano Ibn Aflah (c. 1100-1150). Museo Alemán de Nüremberg.*

08



Estos desarrollos, sumados a su teoría planetaria (muchos de sus modelos matemáticos eran muy similares a los copernicanos), se cree, influyeron en la obra de Nicolás Copérnico y en muchos otros referentes europeos de los siglos XVI y XVII.

Bagdad y más allá

Ya hacia el siglo X, y bajo el dominio de la dinastía Buyí, quienes dominaron amplias regiones pertenecientes hoy a Irán e Irak, continuaron sucediéndose avances científicos, pese a una decadencia creciente. La primera figura aquí es **al-Jazin** (c. 900-971), quien trabajó para la corte del Emir de Ray (hoy Teherán) y desarrolló instrumentos astronómicos, fundamentalmente astrolabios. Pero quien verdaderamente se destacó fue **al-Sufi** (903-986), de origen persa, quien desarrolló la mayor parte de su trabajo en la Casa de la Sabiduría, legándonos su **Libro de las Estrellas Fijas**, escrito en 964, donde ampliaba contenidos del Almagesto de Ptolomeo y describía gráficamente las constelaciones clásicas, delimitándolas, antes que en cualquier mapa o planisferio occidental. Catalogó allí más de 1000 estrellas, corrigiendo el Almagesto en materia de magnitudes y colores. Al Sufi (conocido en occidente como Azophi), fue el primer astrónomo en describir la galaxia de Andrómeda, observable a ojo desnudo.

También cabe destacar, por sus aportes en matemática y astronomía, a **Abu al-Wafa** (939-998), nacido en Irán y fallecido en Bagdad; el primero en utilizar las seis razones trigonométricas (seno, coseno, tangente, cotangente, secante y cosecante). Otro gran matemático fue **al-Karāfi** (953-1029), destacado en el álgebra y los polinomios. No lejos de allí, en **Nishapur**, otro importante centro de los sultanes selyúcidas, nació el gran **Omar Jayyám** (1048-1131), notabilísimo matemático y astrónomo persa, quien en sus numerosos tratados científicos se destacó por aquel denominado **Álgebra**, donde generalizó los métodos indios de

extracción de raíces cúbicas y cuadradas, adelantándose a desarrollos europeos del siglo XVII.

No faltaron tampoco verdaderos sabios polifacéticos, como el persa **al-Biruni** (973-1048), matemático, físico, farmacéutico e historiador; o **Ibn Sina** (980-1037), latinizado como Avicena, considerado uno de los médicos más destacados de todos los tiempos.

Hacia el final del período hará su incursión **al-Shirazi** (1236-1311), destacado en matemáticas, astronomía, medicina, música y filosofía; mientras que en disciplinas como física y óptica, será al-Farisi (1260-1320), discípulo de al-Shirazi, el primero en proponer que el arcoíris tenía lugar por la refracción de la luz solar en pe-

queñas gotitas de agua, siglos antes que Descartes.

Egipto (tan lejos de los faraones como del turismo de masas)

Al llegar a Egipto, en esta etapa de nuestro relato, nos encontramos con una organización política y religiosa diferente: el Califato Fatimí (909-1171. Imagen 07). La dinastía Fatimí comenzó a expandirse territorialmente desde el norte de África, en territorios que ya se habían independizado de oriente mucho tiempo atrás, con Mahdia (hoy en Túnez) como su capital. Pero ya hacia la segunda mitad del siglo X, el centro de poder se ubicaba en el Cairo, que había sido conquistada en 969.

Los dominios de este imperio se fueron extendiendo luego a todo Egipto y más allá. Sin embargo, la primera figura a destacar había llegado mucho antes: un matemático, evidencia del progresivo “éxodo de cerebros” que se iban alejando de Bagdad. **Ahmed Ibn Yusuf** (835-912), también conocido como al-Misri (el egipcio), nació en Bagdad, pero con pocos años de vida fue llevado por su padre (también matemático, quien comparte con su hijo méritos en algunos de sus primeros trabajos) a Damasco, en 839. Tiempo después, se instalaron finalmente en El Cairo.

Ahmed fue un personaje importante en Egipto, bajo el gobierno del general y gobernante independiente, Ahmad Ibn Tulún, de origen turco; y llegó a ser secretario de su familia. Este fue un período fructífero para Egipto, donde floreció el aprendizaje y la erudición exportada desde Bagdad. Las obras fundamentales de Ahmed fueron su tratado sobre **La razón y la proporción** y su **Libro de los Arcos Similares**; ambos toman como punto de partida la obra de Euclides, y serán traducidos al latín y ampliamente conocidos en la Europa medieval.

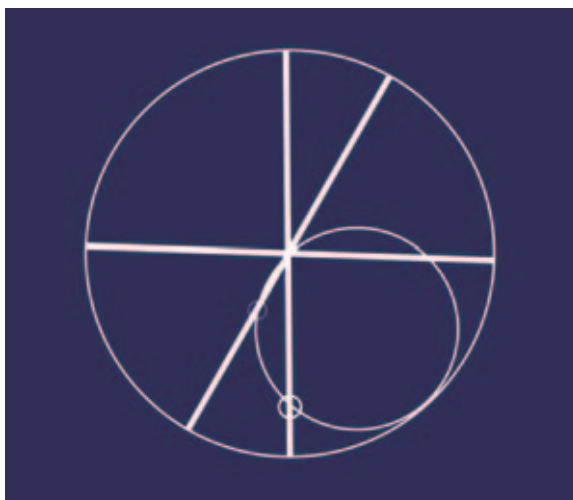
La primera figura nacida en Egipto que brilló en la región fue el astrónomo y matemático **Ibn Yunus** (950-1009), quien compiló observaciones propias con decenas de registros de conjunciones planetarias y de eclipses, legándonos sus **Tablas Hakimitas**, dedicadas al califa fatimí al-Hakim (reinante entre 996 y 1021), un gran impulsor de las ciencias.

Un punto de contacto entre el mundo islámico persa y el egipcio puede estar bien representado, además, por una de las personalidades más importantes de toda esta era dorada de la historia de la ciencia: **al-Haizam** (965-1040), más conocido en occidente como Alhazen o Alhacén. Óptico, físico, matemático y astrónomo. Nació en Basora, actual Irak (Emirato Buyi), pero desarrolló la mayor parte de su obra en El Cairo, también bajo el califa al-Hakim.



Pero al-Haizam no pudo resolver la construcción de una represa prometida al califa, donde hoy existe la de Asuán, y por ello debió permanecer una década encerrado en su casa fingiendo locura. Sus trabajos, aprovechando incluso el encierro (a la manera de Newton con la peste), fueron ampliamente destacados, reconocidos y prolíficos. Brilló en óptica, disciplina de la que algunos lo consideran “padre”, por sus contribuciones a los principios fundamentales de esta área de la física. En su **Libro de las Ópticas** estudió la reflexión, la refracción y la visión binocular. Estudió también el ojo humano como formador de las imágenes (destruyendo los antiguos postulados griegos), y desarrolló como nadie la cámara oscura. Muchos dentro del mundo árabe lo consideran, además, el padre del método científico. Escribió sobre concepciones básicas del movimiento y la atracción entre los cuerpos, así como también en materia de cálculo, con conclusiones que darían paso más tarde a fórmulas implementadas en la ingeniería.

En astronomía planteó dudas concretas sobre la validez de los epiciclos propuestos por el sistema ptolemaico, observándolos como “*licencias falsas para explicar aquellas cosas que en verdad no se comprendían*”; y se dedicó



a las matemáticas, al estudio de la geometría y de los números. Un año antes de morir publicó el **Modelo de los movimientos de los 7 planetas**, un trabajo hoy perdido; uno entre los más de 200 tratados científicos que escribiera a lo largo de su vida. Las obras de al-Haizam fueron traducidas al latín un siglo después de su muerte, e influenciarían a todo científico que escribiese sobre cada una de las temáticas en las que el sabio islámico incursionó.

Al-Andalus

Apenas caído el Califato Omeya de Damasco, la parte más occidental del imperio se independizó, dando lugar primero al **Emirato de Córdoba** (756-929) y, más tarde, al **Califato de Córdoba** (929-1031), cuando Abderramán III, descendiente de la dinastía Omeya, se proclamó Califa. Pero el desarrollo del mundo islámico

10 El denominado *Acople Tusí* fue un modelo de movimiento de las esferas con que el astrónomo persa al-Tusí (1201-1274) intentó explicar el concepto erróneo de los llamados epíclitos del astrónomo greco-egipcio Ptolomeo (que intentaban justificar la retrogradación observable en el movimiento de los planetas interiores en el cielo).

11 Sextante "Fajri", del observatorio del príncipe Ulugh-Beg (1394-1449), en Samarcanda, hoy Uzbekistán. Fue el instrumento más grande en su tipo, con 36 metros de diámetro. En la imagen compuesta puede verse, de izquierda a derecha, la forma en que hoy se preservan sus ruinas, el fragmento subterráneo del arco (única parte superviviente, descubierta por Vasily Vyatkin en 1908) y una maqueta que ilustra su formato original (que constaba de un edificio de unos tres pisos de altura). Con él se midió la duración del año y la oblicuidad de la eclíptica con un impresionante grado de precisión, junto a la posición de numerosos astros. Cada jornada los astrónomos descendían por las escaleras ubicadas a cada lado del instrumento para medir la posición del Sol al mediodía. Fue destruido en 1449.

Un sextante astronómico es un instrumento que permite establecer la posición de los astros en el cielo al medir la distancia angular entre dos puntos en el espacio; o así también establecer nuestra latitud, a partir de la altura del Sol sobre el horizonte. Reemplazó paulatinamente al astrolabio, por ser más preciso.

y su aspecto científico comenzaron mucho antes.

En el marco del Califato de Córdoba se crearon tablas astronómicas de gran precisión, y se alcanzó una importante mejora en los instrumentos de observación, medición y cálculo. Sin embargo, la primera figura aquí no está relacionada a la astronomía exclusivamente, sino más bien a la historia de la aviación. **Abbás Ibn Firnás** (810-887) fue un astrónomo, matemático e inventor, nacido en Ronda. Desarrolló nuevas formas de tratar el vidrio y el primer reloj anafórico (instrumento que da la hora de día y de noche, a través de un complejo sistema hidráulico), y construyó la primera esfera armilar¹⁰ en Europa.

Pero pasaría a la historia como el primer hombre en volar, ya que inventó el primer paracaídas y la primera ala delta. Inspirándose en un demente que se arrojó al vacío con una capa, pretendiendo volar, desarrolló en el año 852 una gran lona para intentar replicar el evento, pero satisfactoriamente. Se lanzó desde una torre y logró descender en forma bastante aceptable. Hacia 875 y con 65 años de edad, fue por más, y se lanzó con una estructura de alas de madera desde una elevada torre en Córdoba. Se deslizó suavemente a lo largo de un valle, su vuelo duró solo 10 segundos y su aterrizaje no fue de lo más cómodo (se rompió ambas piernas). Igualmente, es hoy reconocido con total justicia como el padre de la aviación y el primer ser humano en volar científicamente, más de 900 años antes que los hermanos Montgolfier.

La primera figura en resaltar en el campo de la astronomía es **al-Maʿrī** ("el madrileño", 950-1007), quien fundó en 1004 la reconocida escuela de astronomía y matemáticas de Córdoba. En su tratado denominado **Rubāt al-Hakīm** ("la distinción del Sabio"), según dicen algunas fuentes, habría demostrado el principio de la conservación química de la masa (800 años antes que Lavoisier). Cuenta incluso con un planeta extrasolar en su honor (*Upsilon Andromedae d*), que orbita una estrella en la constelación de Andrómeda.

Sin embargo, el más destacado en astronomía es **al-Zarqālī** (1029-1087), proveniente de Toledo y conocido en occidente como Azarquiel; gran diseñador de relojes de Sol. Luego de dedicar 37 años a la atenta observación de la esfera celeste y a las posiciones de los planetas, corrigió errores existentes en la obra de Ptolomeo con su trabajo principal, las **Tablas Toledanas**, del año 1080, confeccionadas a partir de los registros de un antecesor, al-Battānī. Obra muy popular en Europa, permitía predecir los movimientos del Sol, de la Luna y de los planetas en relación a las estrellas fijas. Pensaba que la órbita de Mercurio no era circular, y se permitía dudar de los epíclitos, entendiendo lógicamente que eran movimientos que ocurrirían en torno a puntos donde no tendría por qué existir algo, cosa que se contradecía incluso con el mismo Aristóteles. Se sabe también que estos trabajos llegaron a manos de Copérnico.

El grado de precisión de la obra de Azarquiel permitió avances muy destacados en las coordenadas geográficas,

a partir de la correcta ubicación de las estrellas. Inventó también la **azafea**, un astrolabio que no necesitaba una placa de coordenadas diferente para cada latitud, simplificando el uso del instrumento.

Finalmente, podemos citar a dos nacidos en Sevilla: **Ibn Aflah**, conocido como Geber (c. 1100-1150), quien corrigió numerosos errores observacionales y cálculos de distancia presentes en el *Almagesto*, e inventó el **Torquetum**¹¹; y al cosmólogo **al-Bitruyî** (hacia 1190-1204; Alpetragio, citado por Dante Alighieri), entre otros.

Hacia los confines del islam (Merv-Maragha-Samarcanda)

En medio de un marco complejo, dado por el asedio permanente de las tribus mogoles, surgieron otras figuras, particularmente en la región del Jorasán, hacia el extremo noreste del actual Irán, Turkmenistán y Uzbekistán. La primera, de la cual sobreviven más sus trabajos que un registro de su vida, y de un gran anonimato en el mundo occidental, es **Abu al-Fath al-Jazini**, un musulmán griego de origen bizantino, discípulo de Omar Jayyám, que desarrolló su actividad en la ciudad de **Merv** en torno a 1115-1130. Merv fue una de las ciudades más pobladas del mundo en el siglo XII, por ser parte de la Ruta de la Seda (ruta comercial entre el Mediterráneo y China), y una importante capital del islam, hasta el asedio de los mogoles en 1221. Allí sirvió al-Jazini a los sultanes selyúcidas, y su obra más destacada fue el **Libro de la balanza de la Sabiduría**, donde no solo hablaba de la construcción de balanzas, sino fundamentalmente de leyes de mecánica y técnicas de medición. A él se adjudica también una teoría que identifica una fuerza central universal, dirigida al centro de la Tierra.

La figura siguiente es **al-Tusi** (1201-1274), nacido en Tus, en la misma región. Sus estudios y vicisitudes personales lo llevaron hasta Maragha, pasando por las ciudades de Nishapur (actual Irán), o Mosul (actual Irak), huyendo del creciente asedio mogol. Hacia 1234 se desplazó hasta la fortaleza de **Alamut** (en el norte de Irán),

“A al-Jazini, un musulmán griego de origen bizantino, se le adjudica una teoría que identifica una fuerza central universal, dirigida al centro de la Tierra, hacia 1115-1130”.

invitado por el gobernante local, donde convivió 25 años con los miembros de una secta islámica que protegía a los sabios musulmanes. Allí desarrolló buena parte de su obra y mejoró en forma matemática y teórica a Ptolomeo, con su modelo de movimiento de las esferas, conocido como el **Acople Tusi**¹². Sus obras fundamentales serán **Memoria Astronómica** y **Comentario del Almagesto**. En 1247, su **Libro de las ciencias intermediarias entre la geometría y la astronomía**, analizaba también otras obras griegas y musulmanas.

Finalmente, hacia 1256, Alamut cayó también en manos de los descendientes de Gengis Jan (y de su nieto, Hulagu Jan), y fue arrasada por completo. En medio de oscuras negociaciones y circunstancias históricas, al-Tusi se puso al servicio de Hulagu Jan como asesor científico, y convenció al gobernante del nuevo Iljanato¹³, en 1259, de la construcción del **observatorio de Maragha**, la nueva capital del territorio, ahora en poder mogol. Este servirá de modelo para otros observatorios posteriores (Samarcanda, el de Taqi al-Din en el siglo XVI, y Yáipur en India). Al-Tusi se tomará cerca de una década para la construcción del observatorio, una biblioteca y el establecimiento de una comunidad de sabios musulmanes; y resumirá 12 años de observaciones en sus **Tablas Iljánicas**. Finalmente, se trasladó a Bagdad, donde murió.

Una última etapa de la ciencia y el islam en la región tiene lugar en **Samarcanda**, entre los siglos XIII y XV. Lo más destacado aquí comienza con el Janato¹⁴ del príncipe **Ulugh Beg** (1394-1449), nieto del gran conquista-

11



dor conocido como Timur, Tamerlán o el Gran Tamerlán (1336-1405); un líder militar que, sin ser descendiente directo de Gengis Jan, retomará su senda, reconfigurando el imperio y dando lugar a una nueva dinastía islámica, de origen turco-mogol: los Timúridas (1370-1507). Ellos situaron su capital en Samarcanda a partir de 1370, ciudad que se transformó en un centro destacado para el islam, viviendo en este período su máximo esplendor, como punto fundamental también en la Ruta de la Seda. El príncipe fue aquí la gran figura, como un destacado científico, astrónomo, matemático y mecenas; gran historiador de la región también, conocida como el **Registán**. Allí se construyó, en 1428, el observatorio más importante de todo el período, que tomó como punto de partida al de Maragha y fue solo superado por Uraniborg, de Tycho Brahe. Desde el **Observatorio de Samarcanda** se confeccionó un catálogo de estrellas que mejoraba notablemente las

observaciones de Ptolomeo, que pasó lamentablemente desapercibido en Europa. Incluía entre su instrumental un sextante de 36 metros (el de mayor tamaño en el mundo), grandes relojes de Sol, astrolabios, esfera armilar y otros numerosos instrumentos, con el objetivo de realizar mediciones astronómicas de alta precisión, entre ellas, la duración exacta del año.

Tienen también una importancia fundamental los asistentes del monarca, entre ellos, **al-Kashi** (1380-1429), nacido en Kashan (actual Irán), de origen persa. Escribió entre 1410 y 1430 numerosas obras dedicadas a la astronomía y la aritmética, muy utilizadas en Samarcanda, con aplicación a diferentes disciplinas. Otro fue **Ali Qushî** (1403-1474), astrónomo, físico y matemático, originario de la misma Samarcanda, que colaboró con su mecenas en su obra más importante: **Las Tablas de Ulugh Beg**, o **Ziý-i-Sultani** (1438-9), que constaban de datos astronómicos muy precisos y un extenso catálogo estelar. Su trabajo lo llevaría hasta Estambul, en el imperio Otomano. Ulugh Beg fue asesinado en 1449, dando por terminada la fase más destacada de la investigación astronómica y matemática en el mundo islámico.

Un impulso fallido y dos hombres voladores

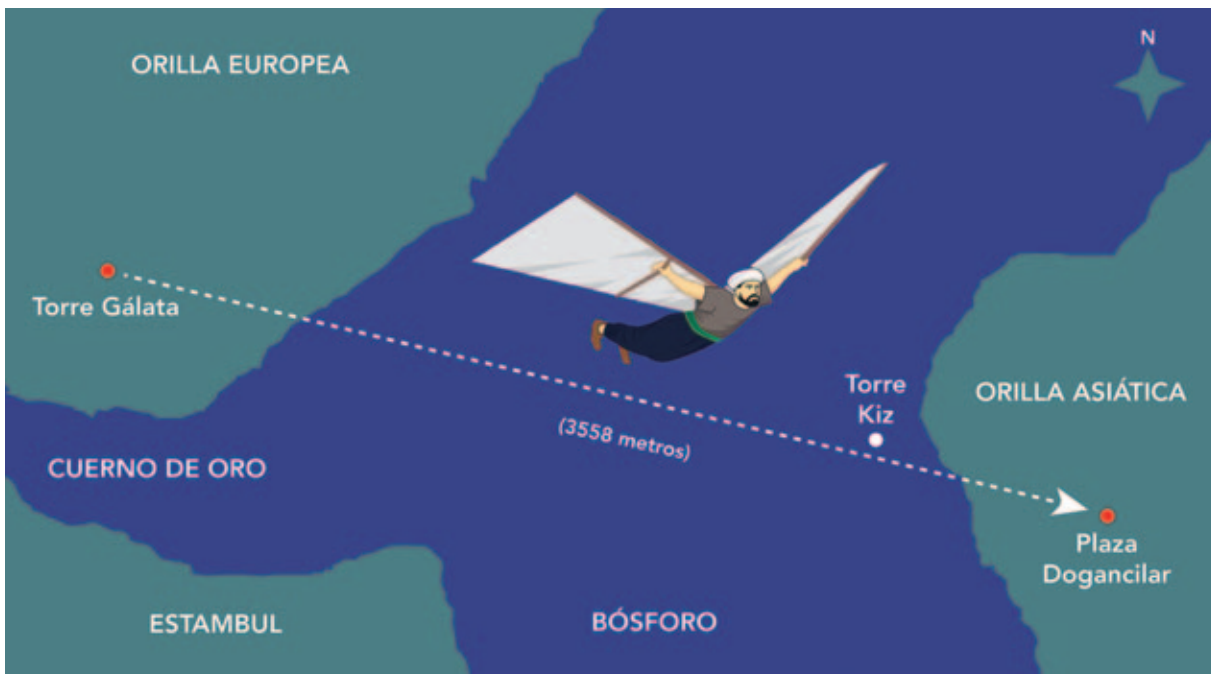
Como resultado de la paulatina decadencia de las diferentes organizaciones territoriales y dinastías de origen turco, una de ellas se esgrimió como heredera del legado de los distintos sultanatos y gobernantes: la etnia turca de los oghuz, los osmanlíes u otomanos. Ellos serán los que,

12 *Máxima extensión territorial abarcada por el Imperio Otomano, la organización emergente de las diferentes dinastías de origen turco a partir del siglo XIII, que alcanzó su apogeo entre los siglos XVI y XVII, con su capital en Estambul.*

13 *Trayecto efectuado por Hezarfen Çelebi (1609-1649), historiador otomano que decidió seguir la senda comenzada por Ibn Firnas (810-887), arrojándose con un traje con alas desde la Torre Gálata, del lado europeo de Estambul. Logró cruzar el Estrecho del Bósforo y alcanzó la orilla opuesta, en Asia, estableciendo el vuelo más extenso registrado sin ayuda de un motor.*

12





partiendo de un diminuto territorio en la actual Turquía, y a partir del siglo XIV, no solo asimilarán a todos sus rivales, sino que se sobrepondrán al dominio mogol y construirán otro de los más grandes imperios de la historia: el **Imperio Otomano**, con desarrollo territorial en Asia, África y Europa, y que llegó a representar una seria amenaza a las jóvenes naciones de Europa occidental.

En lo que concierne a nuestro relato, nos limitaremos a tres personajes, y será retomado en el siglo XVI en Estambul. Hablamos, en primer lugar, de **Taqi al-Din** (1526-1585), un polímata nacido en Damasco, bajo el Imperio Otomano. Entre sus habilidades podemos caracterizarlo como astrónomo, matemático e ingeniero mecánico; todo un científico polifacético. Su obra más destacada, entre decenas de tratados científicos que escribió, fue su libro **Los sublimes Métodos de las Máquinas**, terminado en 1551. Allí presenta el diseño de la primera turbina de vapor, descubierta en occidente siglos más tarde. A partir de 1571 accedió a un lugar destacado en la corte y comenzó a desarrollar un observatorio para la ciudad de Estambul, que finalizó hacia 1577, tomando como modelo también el gran observatorio de Maragha. Disponía de dos grandes edificios, uno para la biblioteca y el alojamiento para los científicos que allí trabajaban (como cualquier gran observatorio actual), y otro más pequeño para guardar instrumentos astronómicos. Desde allí confeccionó tablas de admirable precisión, comparables a las de Tycho Brahe en occidente.

Pero, lamentablemente, todo terminó de una forma patética. Los astrónomos, dentro del Imperio y a lo largo de casi todo el período, eran obligados a desarrollar su profesión utilizando como marco y excusa la astrología, y debían hacer pronósticos para el Sultán y su corte. Desgraciadamente para **Taqi al-Din** y para el desarrollo científico y astronómico en

el mundo islámico —y para la historia de la ciencia misma—, el pronóstico que debió sacar de la galera, acerca del famoso cometa de 1577 (mientras trabajaba en cosas verdaderamente importantes), hablaba de grandes triunfos. Pero solo reflejó derrotas en campañas militares, plagas en diferentes partes del Imperio y muertes de numerosos personajes relevantes. Sumado a esto, una de las pocas mentes abiertas que lo sostenían en su posición, el Gran Visir Mehmet Sokullu, fue ejecutado en 1579. Los principales opositores del sabio argumentaron entonces que “*los observatorios eran construidos por hombres que se atrevían a escudriñar los secretos de los cielos, y que en consecuencia solo podían recibir castigos divinos*”; o que “*escudriñar los cielos y hacer predicciones sobre el futuro era malgastar los fondos del erario público*” (como si esa hubiese sido alguna vez la función del observatorio). El 22 de enero de 1580, el Sultán finalmente ordenó la demolición del observatorio.

A pesar de este aberrante final, años más tarde de la muerte de Taqi Al Din y bajo el gobierno de Murat IV, aún tendrían lugar otros sucesos descollantes, pero en este caso, para la historia de la aviación. El primero fue protagonizado por **Hezarfen Çelebí** (1609-1640). Luego del hito de Ibn Firnás, en el siglo IX, este temerario historiador otomano decidió ir por más, gracias a un traje con alas y distintos mecanismos diseñados por él mismo. Así, en 1632 se lanzó desde la Torre Gálata, en Estambul, de 67 metros de altura. Recorrió más de 3500 metros, cruzó el estrecho del Bósforo, hasta Uskudar, en la orilla asiática, en lo que fue el vuelo más extenso registrado sin ayuda de motor. Hoy existe un parque público en el sitio de descenso.

Al año siguiente lo siguió su hermano, **Lagari elebí**, el primer hombre en volar propulsado por un cohete. Diseñó una suerte de cajón terminado en forma cónica que

fue llenado en su base con pólvora, y en el cual se introdujo. Lagari no solo sobrevivió a la experiencia, sino que se elevó a unos 100 metros de altura por pocos segundos, y cayó suavemente sobre el agua. Tanto Hezarfen como Lagari son considerados, hoy por hoy, pioneros de la aviación y la cohetaría.

Conclusión

Estos y otros notables hechos hoy pueden ser estudiados y puestos en valor gracias al profesor e historiador de la ciencia turco **Fuat Sezgin** (1924-2018) y a otras muchas eminencias en la materia, que continúan investigando y dando entidad a esta gran etapa de la historia, aparentemente perdida en el tiempo; y hoy son expuestos y contextualizados en el **Museo de la Historia de la Ciencia y la Tecnología en el islam**, en el Parque Gulhané de Estambul.

Mucho tiempo ha pasado desde estos sitios esquivos de la historia. Hoy el islam y el mundo árabe son vistos desde occidente como extravagancias o rarezas primitivas, o como una terrible amenaza. Pero las personas que protagonizaron aquella etapa dorada de la historia de la humanidad, con su visión del mundo y con sus grandezas y errores (siempre analizados desde nuestra postura occidental del siglo XXI), no solo forjaron imperios memoriales, sino que conformaron la cumbre del desarrollo científico en la etapa correspondiente a la oscura Edad Media europea, donde la ciencia pareció agonizar de manera lamentable.

Dice una vieja canción que *“la historia la escriben los que ganan”*¹⁵, y aquí no hay santos ni demonios absolutos, sobre todo, si pretendemos hablar sinceramente de ciencia. Ni un “nosotros” y “ellos”, o un “ellos” y “nosotros”. Y si es verdad que la historia la escriben los que ganan, eso quiere decir que hay muchas otras historias por contar. Se trata de la búsqueda de mentes abiertas y valientes, que puedan ver más allá de los relatos establecidos estáticamente –opuestos a la dinámica que la misma ciencia impulsa–, con la suficiente altura y honestidad intelectual; de abrir en verdad los ojos y los oídos. Es, tal vez, solo un *“soltar una canción en la ventolera, y que la escuche quien la quiera escuchar”*¹⁶. ■

Notas

Asesoramiento y supervisión: profesor Ricardo Elía, Secretario de Cultura del Centro Islámico de la República Argentina.

1 Hoy se es árabe a partir de haber nacido en alguno de los 22 países de la Liga Árabe, lógicamente, pero fundamentalmente a partir del uso del idioma. Árabe es quien utiliza dicha lengua como base para comunicarse, o como lengua materna, más allá de su origen, etnia, nacionalidad o religión. Un famoso aforismo árabe-islámico afirma que: *“Ciertamente es árabe quien habla árabe; y la arabad no viene del linaje sino del lenguaje”*.

2 No todo árabe es musulmán. Musulmana es toda aquella persona que profesa el islam como religión, más allá de su origen, etnia o nacionalidad.

3 Nota sobre transliteración. Los nombres y términos del árabe son transliterados de acuerdo con un sistema utilizado por los arabistas e islamólogos españoles. Hemos respetado algunos signos como la “*ŷ*”, que suena como nuestra pronunciación rioplatense en “yo” o “yerba”, “llamada” o “llegar” (al-Ŷazari, al-Maŷriti, Ziŷi, Qushŷi, al-Bitruŷi, etc.).

Asimismo, la fonética inglesa “kh” ha sido reemplazada por “j”, como por ejemplo en Juarismi, Jayyám, Jazin, Iljanato, Jan, etc.; y la ce con cedilla, como en el calificativo turco de Çelebí (se pronuncia Chelebí), que significa ‘bien educado’, ‘erudito’ y ‘hombre de Dios’, ya que çalab (chalab) significa ‘Dios’ en turco antiguo.

4 Claudio Ptolomeo (c. 100 – c. 170) fue un astrónomo, matemático y geógrafo greco-egipcio. Su obra más destacada fue el *Almagesto*, un tratado de astronomía que contiene el catálogo estelar más importante de la antigüedad y explica, entre otras cosas, el modelo geocéntrico.

5 Álgebra (del árabe clásico al-ŷabr: “reducción y cotejo”) es la parte de las matemáticas que estudia las estructuras abstractas y generaliza las operaciones entre los números, letras y signos (suma, resta, multiplicación, etc.). Al principio puede tomarse solo como una extensión de la aritmética, aunque muchas de sus variantes actuales y más abstractas distan mucho de esta última.

6 Un Califato es un extenso territorio, gobernado por un Califa, la máxima autoridad tanto religiosa como civil. Un Emirato es un territorio menor que un Califato, cuya autoridad máxima, un Emir –equivalente a un monarca o príncipe occidental–, tiene autoridad absoluta sobre el territorio que gobierna. Un Sultanato es esencialmente lo mismo que un emirato, pero sus autoridades, los sultanes, eran originalmente líderes militares de origen turco.

7 El Nestorianismo fue una doctrina religiosa difundida por Nestorio (c. 386 - c. 451), patriarca de Constantinopla, que propugnaba la existencia en Cristo de dos personas, una de naturaleza divina y otra, humana.

8 El nombre de un hombre árabe de la Época Clásica del islam nos permite conocer su historia familiar, su origen y hasta algunas características personales: **Abu Abdallah Muhammad Ibn Ibrahim al-Fazari**. La primera parte, llamada en árabe kúnia (de la que deriva el arabismo “alcurnia”), precedida de la palabra Abu, “Padre de”, nos habla de su descendencia. La segunda es su nombre propiamente dicho (en árabe, *ism*). La tercera, precedida por la palabra *Ibn*, “hijo de”, nos habla de su padre. La parte final, precedida del artículo al, “el”, conocida como *nisba*, por la que normalmente es conocido, es un gentilicio o un apodo que hace referencia a su lugar de nacimiento o de residencia.

9 Un astrolabio es un instrumento astronómico cuya función básica es determinar la altura y la posición de las estrellas en el cielo, y permite conocer la hora a partir de una latitud dada, y viceversa, la latitud a partir de una referencia horaria concreta.

10 Instrumento astronómico conocido desde la antigüedad, que busca básicamente representar un modelo del universo a pequeña escala, a partir de un concepto geocéntrico, conformado por una esfera que representa a la Tierra en el centro y una serie de armillas o argollas móviles, que intentan reproducir el movimiento de los astros a su alrededor, a través de la simulación del movimiento diario y anual de la esfera celeste.

11 El Torquetum es un instrumento de medición astronómica utilizado para establecer registros de la posición de los astros a través de coordenadas horizontales, ecuatoriales y eclípticas.

12 El Acople Tusi consta de dos círculos, uno mayor y uno menor con la mitad del diámetro del primero. Al girar el segundo en el interior del primero, apoyado en su perímetro externo, dibujará una línea recta. Es otra manera posible de brindar una explicación al constructo teórico erróneo de los epiciclos ptolemaicos.

13 El Iljanato (1256-1335) fue un reino gobernado por los iljanos, establecido en el sector suroeste del Imperio mogol, y abarcó gran parte de Anatolia, Mesopotamia y el Cáucaso, todo Irán, Turkmenistán y extensas regiones de los actuales países de Afganistán y Pakistán, con capitales en Maragha, Tabriz y Soltaniyeh. A partir de 1295, sus soberanos se hicieron musulmanes.

14 Un Janato es un territorio gobernado por un Jan, una palabra mogol-túrquica que significa, ‘jefe’, ‘caudillo’.

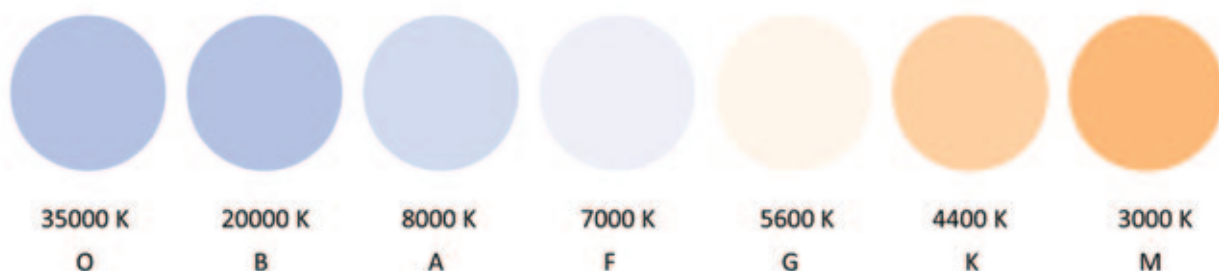
15 “Quien quiera oír que oiga”, de Litto Nebbia.

16 “Sea”, de Jorge Drexler.

Supergigantes, gigantes y enanas

UN ROJO PARA CADA UNO

Autor: Dr. Guillermo Abramson. Centro Atómico Bariloche, CONICET e Instituto Balseiro.
guillermoabramson.blogspot.com



Color aproximado de las siete principales clases estelares, de acuerdo a la temperatura característica de sus superficies. Estos colores pueden parecer diferentes de los que se usan habitualmente en mapas estelares o publicaciones, pero son buenas aproximaciones a cada temperatura (salvo características de la impresión o ajustes de la pantalla donde se los vea). Se puede consultar, por ejemplo, WolframAlpha.com, usando: "color of a star at 3000 K", que dará además varias características de las estrellas que se ajusten a la descripción (funciona mejor en inglés que en español).

“Hay un rojo para cada uno”, decía el influyente modisto francés Christian Dior. En astronomía podríamos decir lo mismo, pero hablando de estrellas en lugar de alta costura. En la diversidad de colores de las estrellas brillantes siempre despiertan curiosidad las pocas luminarias rojas: Betelgeuse, Antares, Aldebarán, Gácrux. Pero hay estrellas más rojas, de una enorme variedad de tonos, que son mucho más tenues y se necesitan binoculares o telescopio para verlas. Son tan hermosas e interesantes que vale la pena aprender a encontrarlas.

Hay un hecho evidente para quien observe el cielo nocturno con un poco de atención: las estrellas son todas distintas. Tienen distintos brillos y también distintos colores. La diversidad de brillo obedece a dos razones de igual rango: una estrella puede verse brillante ya sea porque es intrínsecamente brillante, o porque no lo es tanto pero está cerca nuestro. O puede ser intrínsecamente muy luminosa (un millón de veces más que el Sol, digamos), pero encontrarse tan lejos que apenas brille en el cielo. El color, en cambio, se debe prácticamente a una única razón: corresponde a la temperatura de la superficie de la estrella. Las estrellas azules son las más calientes (a decenas de miles de grados), y progresivamente encontramos las blanco-azuladas, las blancas, las amarillas, las anaranjadas y finalmente las rojas, a unos

3000 K¹. La gran mayoría de las estrellas brillantes son azules o blancas, pero un puñado se destaca con un color rojizo. Entre ellas hay algunas, de primera o segunda magnitud, bien conocidas por los aficionados: Betelgeuse, Antares, Aldebarán. Pero apenas empezamos a observar atentamente las estrellas más tenues, la cantidad de estrellas rojas aumenta enormemente, y también la variedad de tonos de rojo.

¿Qué tan rojo?

Los astrónomos caracterizan el color de las estrellas con un índice, que se calcula como la diferencia de magnitud fotografiada a través de distintos filtros que dejan pasar un rango estrecho del espectro de luz estelar. El índice más usado es el B–V: la diferencia entre la magnitud azul (centrada en la longitud de onda de 445 nm, nanómetros²) y la magnitud “visual” (filtro verde-amarillo, centrado en 551 nm). Como el brillo estelar aumenta con valores decrecientes de magnitud, si la estrella brilla más en azul que en verde la diferencia da negativa: son las estrellas azules. Para las estrellas rojas es al revés: brillan menos en azul que en verde, y el índice B–V da positivo. Cuanto más positivo, más roja es la estrella. El índice de color vale aproximadamente –0.3 para las estrellas más azules (Spica en Virgo, las Tres Marías en Orión, Naos en Puppis, por ejemplo). Estrellas blancas, como Vega, tienen índice 0. Las dos estrellas que forman la amarillenta Alfa Centauri tienen índices de color +0.71 y +0.88 (es habitual escribir explícitamente el signo “más” cuando el índice es positivo). Las estrellas rojas son las que tienen B–V mayor que +1.5. Existen otros índices de color: usando un filtro ultravioleta se construye el índice U–B (para estrellas muy calientes) o, usando rojo e infrarrojo el R–I (para objetos más fríos). Pero el índice B–V es el más usado para la inmensa mayoría de las estrellas. De todos modos, incluso al día de

hoy, distintos catálogos tienen distintos valores de estos índices. En esta nota hemos usado los valores reportados por el sistema *Simbad* del Centro de Datos Astronómicos de la Universidad de Estrasburgo, Francia (¡segundo!), que es una referencia internacional.

Gigantes y enanas

Existen tres tipos de estrellas rojas: supergigantes, gigantes y enanas. Las gigantes y supergigantes rojas son estrellas que se encuentran al final de sus vidas. Han agotado el hidrógeno para producir energía en sus núcleos y se han expandido enormemente, lo cual ha enfriado su superficie volviéndolas rojas. Las **supergigantes rojas** son estrellas muy masivas (entre 8 y 40 masas solares). A pesar de ser intrínsecamente muy luminosas (entre decenas de miles, y hasta 100 mil veces más luminosas que el Sol), son tan inmensas que sus superficies están a temperaturas entre 3500 y 4000 K, por lo cual son rojas. Se trata de una etapa breve de su existencia, y la acelerada fusión de elementos cada vez más pesados en sus núcleos las lleva a pasar por etapas de brillo pulsante y cambios de color, hasta que finalmente explotan como supernovas. Betelgeuse (B–V +1.85)

01 La estrella más cercana al Sol, Próxima Centauri, en medio de un campo de estrellas distantes de la Vía Láctea. El autor de esta foto, Enzo de Bernardini, la ha fotografiado en años sucesivos mostrando su rápido movimiento: astronomiasur.com.ar/astrofoto-proxima-centauri.html.

02 El sistema triple 40 Eridani (catálogo SAO 131063) contiene la primera enana blanca en ser descubierta, que es además la más fácil de observar para los aficionados. La acompaña una enana roja.

03 Mimosa y el Rubí forman un par muy contrastado de brillo y color en la Cruz del Sur. Hemos marcado el índice de color de otras estrellas rojas típicas del campo, para destacar la diferencia.

01

Enzo de Bernardini



y Antares (B–V +1.84) son supergigantes rojas.

Las **gigantes rojas** son también estrellas muy evolucionadas, pero de menor masa (entre 0.5 y 8 masas solares), y menos luminosas que las supergigantes. La fusión de hidrógeno continúa en una capa delgada alrededor de un núcleo de helio. Las más masivas llegan a fusionar algo de helio en carbono. Todas ellas terminan expulsando las capas exteriores, formando a su alrededor efímeras *nebulosas planetarias* y exponiendo sus núcleos en forma de *enanas blancas*, rescoldos supercalientes de materia exótica, que se enfrían muy lentamente. Gácrux (Gamma Crucis, B–V +1.59) es la más cercana de las gigantes rojas, y también lo es Aldebarán (B–V +1.54). Arcturus, ligeramente menos roja (B–V +1.23), también es una gigante roja.

Los aficionados habrán observado que muchos cúmulos estelares abiertos tienen una o dos estrellas rojas en medio de un racimo de azules y blancas. Las estrellas de estos cúmulos nacieron todas a la vez, y las más masivas consumieron su combustible nuclear más rápido, siendo las primeras en convertirse en gigantes o supergigantes rojas, muchas veces antes de que el cúmulo acabe dispersándose en la galaxia. Es el caso, por ejemplo, de la estrella que forma parte del palito del asterismo en forma de letra “A” del cúmulo NGC 4755, el Joyero, junto a la Cruz del Sur (figura 07). Esta estrella, DU Crucis (B–V +2.16), es una supergigante muy luminosa (más de 50 mil veces la solar), pero su temperatura superficial de apenas 3600 K la hace contrastar hermosamente con las otras estrellas de brillo similar en el cúmulo, todas ellas supergigantes azules. Configuraciones similares pueden verse en muchos otros cúmulos abiertos, tales como NGC 2451 en Puppis y en el cúmulo Mariposa (M 6) en Escorpio. El bien conocido M 44 (el Pesebre), en Cáncer, en cambio, si bien tiene varias estrellas gigantes, ninguna de ellas es tan roja como para llamar la atención. Pero gigantes y supergigantes rojas son escasas, precisamente porque corresponden a una etapa relativamente

breve de la evolución estelar. La gran mayoría de las estrellas rojas son las **enanas rojas**. No solo eso, sino que son el 75% de todas las estrellas de la Vía Láctea. Son estrellas muy livianas, entre 8% y 50% de la masa solar, y muy poco luminosas. Fusionan hidrógeno en sus núcleos, la fase que en general abarca la mayor parte de la vida de cualquier estrella. Solo que, en este caso, lo hacen tan lentamente y con

tanta eficiencia que es una etapa que dura muchos miles de millones de años. Algunas de ellas tardan 10 mil años en emitir la radiación que el Sol emite en un día. Por estas razones, ninguna enana roja es visible a simple vista. Así que son un lindo desafío para buscarlas con binoculares o en fotos.

La más famosa enana roja es Próxima Centauri, la estrella más cercana al sistema solar, a apenas 4.2 años luz de nosotros. Es la tercera estrella del sistema de α Centauri (que forma parte del Puntero de la Cruz del Sur). Pero su órbita es tan amplia, y están tan cerca, que a Próxima no la vemos cerca del par α Centauri AB

en el cielo, sino a un poco más de 2° hacia el sudoeste. Próxima brilla apenas con magnitud 11 ($B-V +1.82$), y en medio de la multitud de estrellas de la Vía Láctea puede ser difícil de identificar (figura 01). Es una estrella con un 12% de la masa del Sol, con una luminosidad de apenas el 0.0056% de la del Sol (en el espectro visible; contando el abundante infrarrojo que producen estas estrellas frías, llega al 0.16%).

La enana roja más brillante es mucho más fácil de encontrar. Se trata de la estrella AX Microscopii ($B-V +1.41$), que a magnitud 6.7 está un poco por debajo del límite visual, pero que es fácilmente observable en binoculares. También es una estrella muy cercana, a 12.9 años luz. Como en el caso de Próxima, estas estrellas muy cercanas se mueven bastante rápidamente en el cielo de un año al otro, de manera que es importante usar un buen sistema para localizarlas con respecto a sus vecinas. Los mapas que acompañan esta nota



corresponden a sus posiciones actuales.

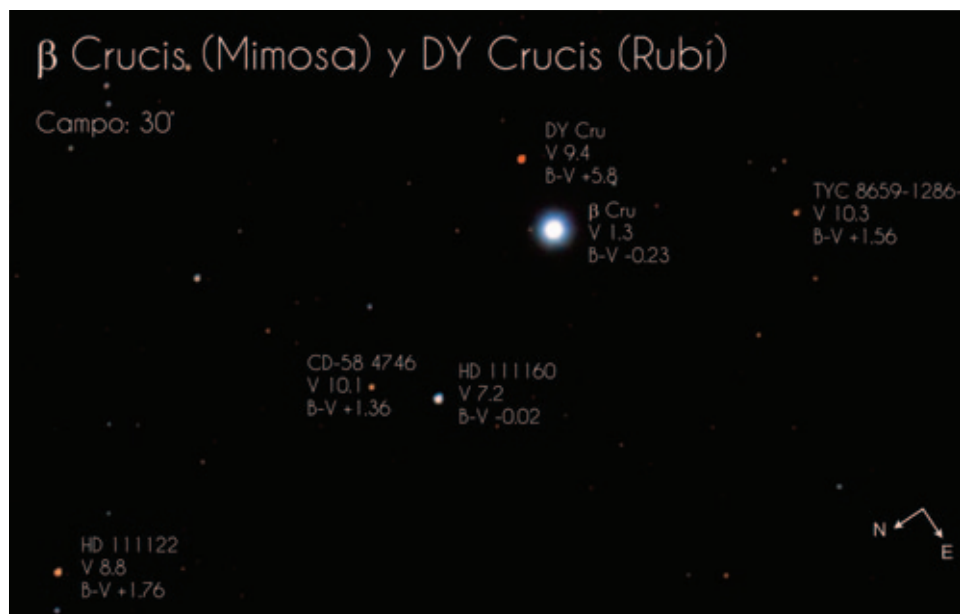
También es fácil de encontrar una enana roja que forma parte de un sistema triple encantador. Se trata de la estrella 40 Eridani (α^2 Eri), de cuarta magnitud, visible a simple vista (figura 02). La estrella más brillante del trío tiene nombre propio: Keid (amarillo-anaranjada, con $B-V +0.82$). La segunda es una enana blanca ($B-V +0.3$, magnitud 9), el núcleo supercaliente de una estrella muerta (que habrá sido bien roja en sus tiempos). Fue la primera enana blanca en ser descubierta, a principios del siglo XX, y su naturaleza fue un enigma durante muchos años hasta que la física cuántica encontró una explicación, que dejamos para otra ocasión. En órbita alrededor de la enana blanca, la tercera estrella es una enana roja ($B-V +1.68$, magnitud 11). El trío es muy fotogénico, como vemos en la imagen.

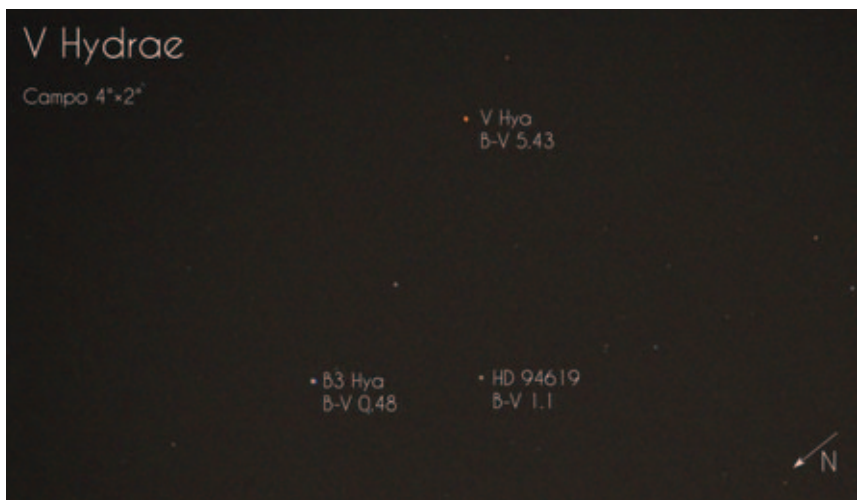
Estrellas asintóticas

Las estrellas rojas que hemos mencionado, y las similares

a ellas, tienen índices de color entre $+1.5$ y $+2.5$. Pero existen estrellas mucho más rojas, estrellas tan rojas que hacen que Betelgeuse o Antares parezcan apenas anaranjadas. Son también gigantes rojas, pero de una clase especial: las *estrellas de carbono*. Están en la última, *últimísima* etapa de su evolución, al final de lo que se llama *rama asintótica de gigantes* (AGB, por la sigla en inglés). Son estrellas

03





que tienen más carbono que oxígeno en sus atmósferas. Como son tan frías (no más de 3000 K) el carbono forma una especie de hollín de moléculas como CO, CO₂, CH, CN, C₂, C₃, SiC₂, que enrojecen aún más su luz (como ocurre con la luz del Sol al atardecer). Debido a su muy baja gravedad superficial, estas estrellas pierden grandes cantidades de materia, a un ritmo un millón de veces mayor que el del viento solar. Así, mucho carbono se dispersa en el medio interestelar, donde acabará formando parte de subsiguientes generaciones de estrellas y planetas. Nuestro carbono, tan esencial para nuestra biología terrestre y hasta para nuestra civilización, en buena medida viene de estrellas de carbono de generaciones anteriores al Sol. Todas ellas son estrellas de brillo variable, y su color varía ligeramente en un largo período de cientos de días, siendo más rojas en los mínimos.

Una de las estrellas de carbono más estudiadas es La Superba, bautizada así por el Padre Angelo Secchi, famoso astrónomo italiano del siglo XIX, pionero de la espectroscopía y la astrofísica. El calificativo (que está convertido en nombre oficial) se debe precisamente a su notable color rojo (B-V +2.54). Brilla apenas debajo del límite visual en

04 *V Hydrae, junto a un asterismo triangular de magnitud similar, que ayuda a encontrarla. La foto está ligeramente desenfocada para resaltar el color de las estrellas.*

05 *Las estrellas π Gruis brillan cerca de una galaxia interesante para los aficionados, una espiral barrada muy parecida a nuestra Vía Láctea.*



la constelación de Canes Venatici, así que no está bien ubicada para observarla desde el hemisferio sur.

Otra estrella de carbono famosa es R Leporis, que el astrónomo británico John Russell Hind describió como “*del más intenso carmesí, como una gota de sangre sobre el cielo negro*”. La encontramos a 7.5 grados al sudoeste de Rigel. Su magnitud varía mucho, entre 5 y 11, y su índice B-V es un impresionante +5.75, especialmente notable cuando está cerca de su mínimo de brillo (¡ay, cuando es

más difícil encontrarla!).

Igualmente roja y mucho más fácil de encontrar es DY Crucis, el Rubí de la Cruz (B-V +5.8). Se encuentra pegada a la brillante Mimosa (β Crucis), y así la describió John Herschel: “*El más completo y profundo rojo granate; el más intenso rojo sangre de cualquier estrella que haya visto. Es como una gota de sangre, en contraste con la blancura de β Crucis*”. Beta Crucis (B-V -0.23) es bastante más azul que blanca, hay que decir, así que el contraste, en color y en brillo, es encantador (figura 03).

Compitiendo con R Lep y con DY Cru por el puesto de estrella más roja del cielo, tenemos otra estrella notable: V Hydrae (B-V +5.43, figura 04). Es bastante fácil de encontrar en la parte media de la larga Hidra, más o menos a igual distancia de las estrellas α de Crater y ν de Hydra. Usualmente está a magnitud 7, pero como todas las estrellas de carbono, tiene pulsaciones de brillo cada 530 días, más adicionales caídas hasta magnitud 13. V Hya es una estrella de evolución tan avanzada que a veces se

05

la considera post-AGB, ya construyendo la nebulosa planetaria final, algo que manifiesta en forma de un disco a su alrededor y (lo más raro) eyecciones de materia muy colimada a alta velocidad, que han sido llamadas “balas de plasma”, que emite cada 8.5 años. Es la única estrella que se conoce haciendo algo semejante, por lo cual se sospecha que es una etapa muy breve, y que está dando importante información acerca del mecanismo de construcción de las nebulosas planetarias.

Compañeras desiguales

Como en el caso de Mimosa y el Rubí, o el de 40 Eridani, las estrellas dobles o múltiples de colores contrastantes son particularmente encantadoras, y más aun cuando las magnitudes son parecidas. Un par famoso es Albireo (β Cygni), formada por dos estrellas separadas por apenas 35 segundos de arco. Albireo A es una gigante anaranjada (B–V +1.13) y su compañera, algo

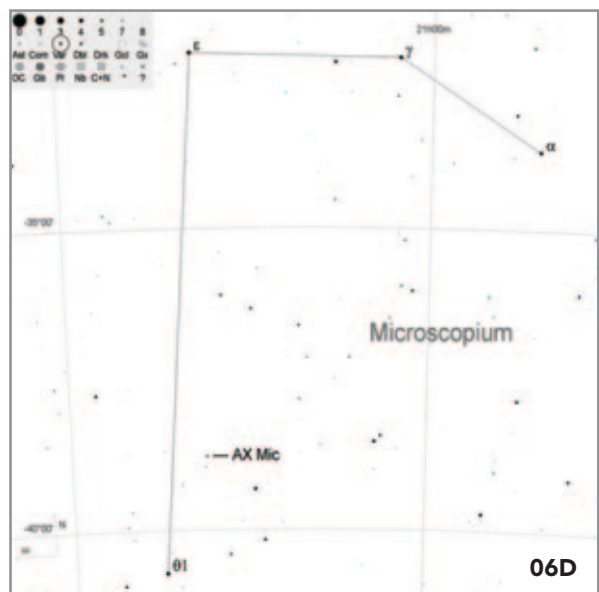
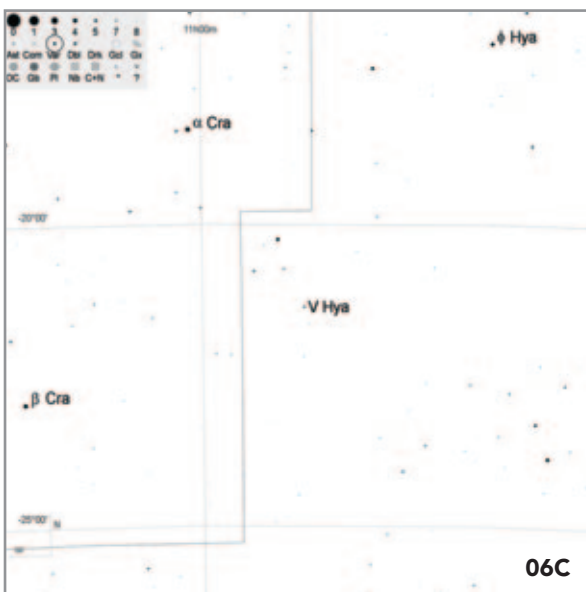
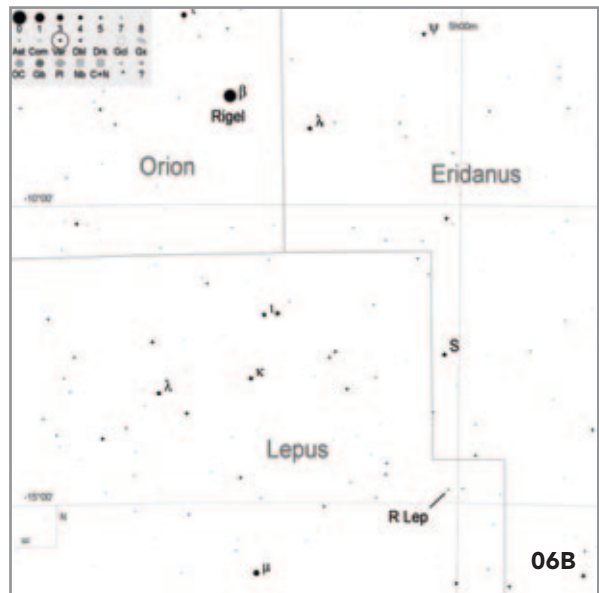
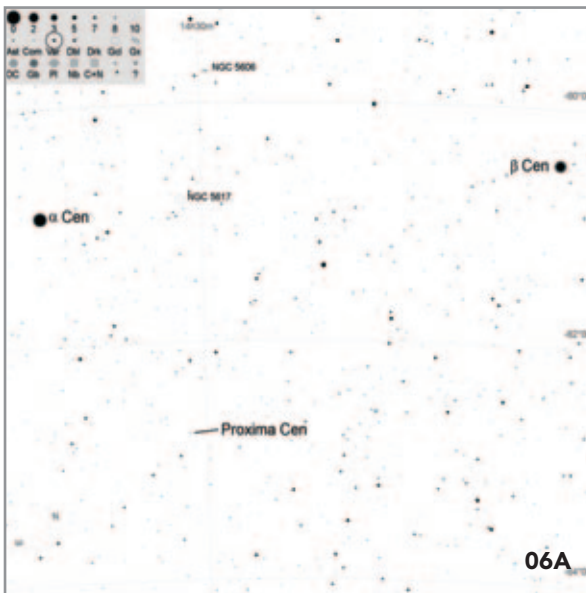
06 *Cartas celestes para encontrar algunas de las estrellas rojas mencionadas. Notar que el norte celeste está hacia arriba, y que cada carta tiene una escala diferente.*

A- Próxima Centauri, la estrella más cercana al Sol, está muy separada de Alfa Centauri (un par de estrellas en torno al cual gira la enana roja), y está “perdida” en un mar de estrellas de fondo de magnitud similar.

B- Para buscar R Lep (catálogo SAO 150058), se puede empezar por la azul Rigel, en Orión, y encontrar la constelación de la Liebre (Lepus).

C- Para apuntar hacia V Hya (catálogo Hip 53085) hay que encontrar la tenue constelación de la Copa (Crater), cuyas estrellas α y β son de cuarta magnitud.

D- La constelación del Microscopio es muy tenue, pero la estrella roja AX Mic (catálogo SAO 212873) es la enana roja más brillante del cielo y una de las más fáciles de encontrar.



Estrellas de carbono adicionales

Para quienes se entusiasmen con las recomendadas, dejamos en esta tabla algunas estrellas de carbono adicionales, bien ubicadas para observadores del hemisferio sur. Búsquenlas en su software favorito.

Estrella	Magnitud visual	B-V
U Hydrae	4.82	+2.69
U Antliae	5.38	+2.84
X Tri. australis	5.81	+3.38
W Orionis	6.10	+3.42
X Cancr	6.40	+3.23
SS Virginis	6.60	+4.19
Y Hydrae	6.63	+3.82
V Pavonis	6.67	+3.44
T Cancr	7.60	+4.47
TT Scorpii	8.18	+3.76
RT Capricorni	8.90	+4.02
U Apodis	11.00	+3.81

menos brillante, es bien azul ($B-V = -0.1$). Otro caso muy bonito es el de π Gruis (figura 05), formada por dos estrellas a 4 minutos de arco una de la otra. La estrella π^2 Gru es blanco-azulada ($B-V = +0.36$), mientras que π^1 Gru es roja ($B-V = +2.07$). Se trata además de una estrella rarísima, más inusual aún que las estrellas de carbono. Es una gigante que se encuentra también al final de la etapa AGB, pero con iguales cantidades de carbono y oxígeno en su superficie, y con raros elementos pesados, como el titanio y el zirconio (forman una clase en sí mismas, llamada S). Tiene además la particularidad de que, por ser inmensa y encontrarse relativamente cerca, es una de las pocas estrellas de las cuales se ha podido fotografiar su superficie (usando técnicas de *interferometría*, es decir varios telescopios funcionando como uno), revelando los patrones característicos de convección de estas estrellas frías.

Tips para observar o fotografiar estrellas rojas

El ojo humano necesita un mínimo de brillo para apreciar el color (¡por eso “de noche todos los gatos son pardos”!). Por esta razón, si se puede, conviene usar binoculares o telescopio para observar estas estrellas, especialmente las más tenues. Hay que centrar la estrella en el campo del ocular (donde son mínimas las aberraciones ópticas de cualquier instrumento), y probar a desenfocar un poquito. Así, la luz de la estrella se extiende formando un disquito que permite apreciar mejor el color. Este truco también funciona en fotografía (como hicimos en la foto de V Hya), ya que cuando el enfoque es perfecto las estrellas pueden saturar los receptores de la cámara y salir blancas. Hay que probar desenfocando hacia ambos lados, ya que puede verse distinto de cada lado del foco.

También conviene observar cuando las estrellas se encuentran relativamente altas en el cielo (a más de 20 grados de elevación, e idealmente cerca de su *culminación*, cuando cruzan el meridiano local). Así se evitará el enrojecimiento adicional que produce la atmósfera terrestre. Finalmente, como mencionamos, muchas de estas estrellas son de magnitud variable. Conviene revisar en la AAVSO³ para comprobar el estado de la estrella en su ciclo, o para elegir la más conveniente fecha de observación. ■

Notas

1 El Kelvin es la unidad de temperatura absoluta que usamos los físicos. Se llama así, Kelvin, no “grado Kelvin”, y su símbolo es la letra K. El tamaño de un Kelvin es igual al de un grado Celsius, así que es fácil imaginarlo. La escala, sin embargo, comienza en -273.15°C .

2 1 nm es una millonésima de milímetro, o una milésima de micrómetro, y equivale a 10 \AA (ángstroms).

3 La AAVSO es la Asociación Americana de Observadores de Estrellas Variables. Es una organización internacional que permite a los aficionados participar en una fascinante actividad de la astronomía científica. Visiten su sitio web en www.aavso.org, donde hay una herramienta para graficar curvas de luz de todas las estrellas relevadas. Muchos astrónomos argentinos y latinoamericanos participan, y siempre hay actividades en castellano.





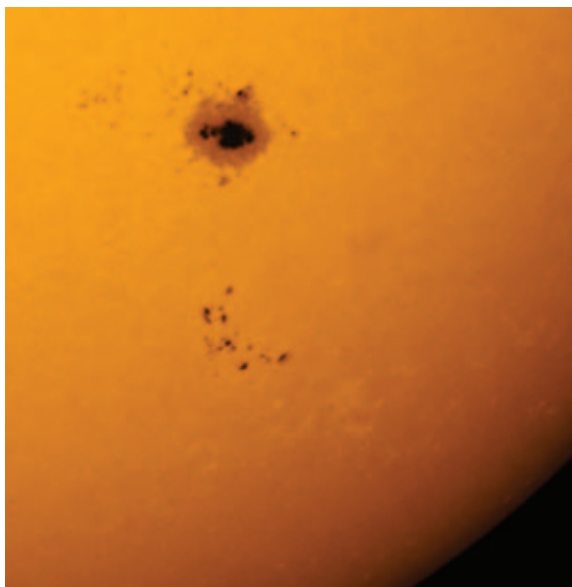
07 El cúmulo estelar NGC 4755, llamado el Joyero, exhibe una multitud de cientos de estrellas tenues, entre las que se destacan unas pocas azules brillantes y una única estrella bien roja (se puede buscar con su número de catálogo SAO 252073). Es fácil de encontrar y de observar, incluso, con binoculares. Hay que apuntar a la estrella Beta Crucis, la segunda más brillante de la Cruz del Sur, y el cúmulo del Joyero aparecerá muy cerca (apenas abajo a la derecha, en la imagen grande). Apenitas por encima de Beta Crucis (en la imagen de abajo a la izquierda), además, aparece DY Cru (catálogo Tyc 8659-1394-1), otra enana roja.

AR3190, una mancha a simple vista

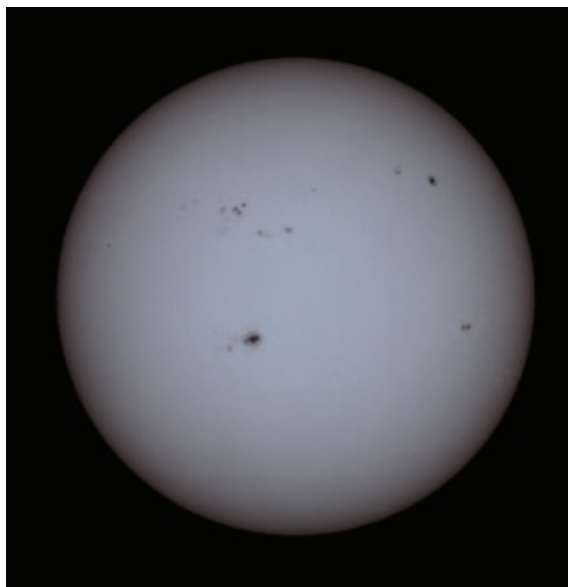
EL LADO OSCURO DEL SOL

El actual ciclo de actividad del Sol está marchando muy por delante de las estimaciones realizadas hace pocos años. Durante 2022 y lo que va de 2023, la cantidad de manchas solares y otros fenómenos observados (protuberancias, flares y eyecciones de masa coronaria) viene en marcado aumento y espectacularidad. Un caso notable fue la enorme AR3190, que dominó la fotosfera solar durante la segunda quincena de enero. Esta “isla magnética” alcanzó los 70.000 km de diámetro, y pudimos observarla a simple vista con sencillos anteojos para eclipses solares; incluso, sin filtro alguno, cuando la luminosidad del Sol era naturalmente filtrada por nubes delgadas. Estas fotos fueron tomadas con un telescopio tipo Maksutov de 102 mm de diámetro, filtro y cámara digital réflex.

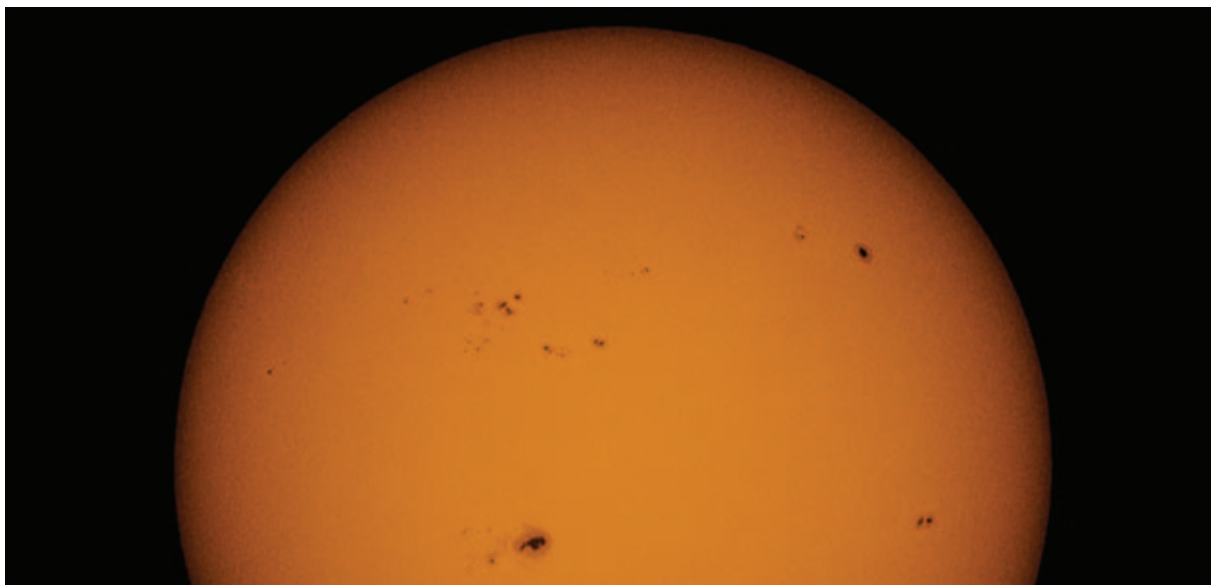
Mariano Ribas



Mariano Ribas



Mariano Ribas



NUEVA PRODUCCIÓN DEL PLANETARIO

AVENTURA ESPACIAL

El sueño de viajar por el espacio
se hace realidad



PLANETARIO
Galileo Galilei - Buenos Aires

ARGENTINA MIRA EL CIELO

Observar el cielo a través de la lente requiere paciencia y tiempo, pero la recompensa es capturar la belleza natural del universo. Desde el Planetario Galileo Galilei presentamos el trabajo de argentinos y argentinas que, desde una terraza o un lugar despoblado, pasan largas horas de la noche apuntando sus cámaras al cielo.

MUESTRA DE ASTROFOTOGRAFÍA



PLANETARIO
Galileo Galilei - Buenos Aires

<https://planetario.buenosaires.gob.ar/argentina-mira-el-cielo>