

SI MUOVE

NÚMERO 4 - PRIMAVERA / VERANO 2012

VIAJE A LAS ESTRELLAS

Con la narración de Guillermo Lobo

(JOURNEY TO THE STARS)

Una experiencia inmersiva fascinante, creada por astrofísicos y expertos en visualización científica y producción audiovisual del AMERICAN MUSEUM OF NATURAL HISTORY de Nueva York, se presenta ahora en el **Planetario de la Ciudad de Buenos Aires GALILEO GALILEI.**



Buenos Aires Ciudad



www.planetario.gob.ar
www.buenosaires.gob.ar/agendacultural

SI MUOVE

Revista de divulgación científica del Planetario
de la Ciudad de Buenos Aires "Galileo Galilei"

NÚMERO 4 - PRIMAVERA/VERANO 2012

STAFF

Editora Responsable / Directora
LIC. LUCÍA CRISTINA SENDÓN

Director Periodístico
DIEGO LUIS HERNÁNDEZ

Director de Arte / Diseño Gráfico
ALFREDO MAESTRONI

Secretario de la redacción
MARIANO RIBAS

Redactores de esta edición
LEONARDO GONZÁLEZ GALLI
RODOLFO FERRAIUOLO
BLAS SERVÍN

Colaboradores
Carlos Di Nallo, Sergio Eguivar, Matías
Tomasello, Omar Mangini, Ezequiel Bellocchio,
Leonardo Sculli, Leonardo Julio, Diego Sassone,
Marcelo Salemmme

Correctores
Walter Germaná, Natalia Joaand

Agradecimientos
Pablo España, Alberto Russomando,
Dra. Catherine Heymans (Univ. de Edimburgo,
Escocia), Dr. Ludovic Van Waerbeke (Univ. de
Br. Columbia, Canadá), María Griselda Servín
(Planetario de Asunción, Paraguay), Verónica
Capelli, Gastón Ferreirós

Administración
GRACIELA VÁZQUEZ
MARCELA BARBIERI

Impresión
GRÁFICA IMAGINARIA S.A.
Tel. 4555-4040 - www.presspoint.com.ar

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 Cultura

Jefe de Gobierno - Ing. Mauricio Macri
Ministro de Cultura - Ing. Hernán Lombardi
Subsecretario de Gestión Cultural - Sr. Alejandro Gómez
Directora del Planetario - Lic. Lucía C. Sendón



EDITORIAL

Este nuevo número de **Si Muove** nos encuentra finalizando un año muy intenso, con este nuevo Planetario que nos enorgullece. Hemos superado el número de visitantes de años anteriores, dado que incrementamos el número de exhibiciones semanales, siendo ahora de ocho funciones diarias durante la semana, y de seis los sábados, domingos y feriados. A esto debemos agregar las observaciones por telescopios, las conferencias a cargo de científicos, las exposiciones (como la Bienal de Kosice, que tantos elogios recibió) y los cursos cuatrimestrales de divulgación y enseñanza de la Astronomía, que resultan un lugar de encuentro y de goce tanto para los docentes como para los alumnos. Es poco común contar con herramientas didácticas como las de la sala de proyección, y también con la posibilidad de realizar observaciones por telescopios, en el campo y a cielo abierto.

Vale la pena destacar las visitas de dos astronautas, cuyos comentarios están desarrollados en la Revista, y también la conferencia que dio Miguel San Martín, este ingeniero argentino que trabaja en la NASA desde hace más de 20 años y que estuvo a cargo del descenso del *Curiosity* en Marte. Su charla, llena de emoción, nos enorgulleció al recordar sus visitas al Planetario cuando era niño y su rol motivador para seguir su carrera de ingeniero espacial y trabajar en la NASA. El Planetario no descansa. Trabajamos día a día para promover el conocimiento de las ciencias, para contribuir al descubrimiento de vocaciones científicas y, sobre todo, para que siga siendo un lugar de encuentro de todos los ciudadanos.

Lic. Lucía Cristina Sendón

Directora Planetario de la Ciudad de Buenos Aires "Galileo Galilei"



CÓDIGO QR

Página web / Correo electrónico

www.planetario.gob.ar

revistaplanetario@buenosaires.gob.ar

SUMARIO

4 /// Los cinco grandes. **6-10** /// El gran mapa y materia oscura. **11-15** /// ¿Es la Tierra un "súper organismo"?
16-18 /// El cielo de los guaraníes. **19-23** /// Manual del buen observador. **24-26** /// Curiosidad marciana.
27-28 /// Miguel San Martín en el Planetario. **29** /// Astronautas. **30-31** /// Escondiendo al gigante.
32 /// Bajo una misma Luna. **33-35** /// Los colores de la Luna. **36-41** /// Galería astronómica.
42-46 /// Y el tiempo no para...



Los cinco grandes

Por Diego Luis Hernández, Planetario de la Ciudad de Buenos Aires “Galileo Galilei”.
Imágenes: Carlos Di Nallo.



En fútbol, llamamos **Cinco Grandes** a los equipos de mayor convocatoria: River, Boca, Racing, Independiente y San Lorenzo (Huracán, Vélez, Estudiantes, Newell's y Rosario Central se disputan el sexto lugar históricamente). En el mundo del espectáculo, se recuerda como los **Cinco Grandes del Buen Humor** al primer grupo de actores cómicos argentinos, surgidos en la década del '40, que imitaban a las figuras del momento, fundamentalmente, en la radio y el teatro. En África se conoce como los

Cinco Grandes a las especies más representativas: el **leopardo**, el **león**, el **elefante**, el **búfalo** y el **rinoceronte**. De la misma manera podríamos llamar al grupo de megafauna extinta en el Pleistoceno, formado por el **megaterio** (un perezoso gigante), el **toxodón** (similar a un rinoceronte), el **gipodonte** (como un armadillo gigante), el **esmilodón** (o tigre dientes de sable) y el **mastodonte** (emparentado con los elefantes y mamuts), grandes mamíferos que habitaban y desaparecieron de Sudamérica hace no mucho más que diez mil años, quizás,

debido a cambios ambientales o al impacto que provocó la invasión de otra bestia, el *Homo sapiens*. Por último, cinco fueron las **grandes extinciones masivas** en la historia geológica de nuestro planeta (la más famosa es la última, la de los dinosaurios, pero en este preciso momento estamos siendo responsables de la sexta gran extinción). Hoy, para nosotros, cinco son los grandes accidentes de la superficie de la Luna que aquí presentamos y que son muy fáciles de observar a través de un pequeño telescopio e, incluso, con unos simples binoculares.

No son los únicos detalles imperdibles de nuestro satélite, pero si hubiera que hacer una lista con los mejores, sin dudas no faltarían el **Golfo del Arco Iris**, el cráter **Copérnico**, la región que contiene a los cráteres **Clavius** y **Tycho**, los **Montes Apeninos** y el **Valle Alpino**.

Entre estas hermosas imágenes tomadas por Carlos Di Nallo, la de campo amplio de la Luna corresponde a unos tres días después del Cuarto Creciente. Las fases intermedias, crecientes o menguantes, no muy cerca de la Luna Llena, son los mejores momentos para observar este tipo de detalles. El terminador, el límite entre la luz y la sombra, es el lugar en el que está amaneciendo o anocheciendo en la Luna, y eso significa que allí el Sol está bajo, cerca del horizonte, y que las elevaciones en el terreno lunar producen sombras más largas. Eso hace que el contorno de un cráter o una montaña, por ejemplo, parezca dibujado por su sombra cuando observamos con un telescopio o con binoculares.



Sinus Iridum

Sinus Iridum, Golfo del Arco Iris. A pesar de su aspecto y su nombre, es un cráter de unos 260 km de diámetro, cuya parte sur ha desaparecido bajo la lava que rellenó el terreno luego del impacto. Esta región de la Luna aparece unos días después del Cuarto Creciente, y como la mayoría de los



Tycho

Clavius



Copérnico

accidentes lunares, es ideal para observar cuando se encuentra cerca del terminador.

Copérnico, fácil de observar con binoculares, es un gran cráter de impacto situado muy cerca del centro de la cara visible de la Luna. Es notable su sistema de rayos, producto del material eyectado en el momento de la colisión del objeto que dejó el cráter, hace unos 800 millones de años. Posee unos 92 km de diámetro y sus paredes, unos 3800 metros de altura. Los picos centrales llegan hasta los 2000 metros de altura.

Vallis Alpes, Valle Alpino.

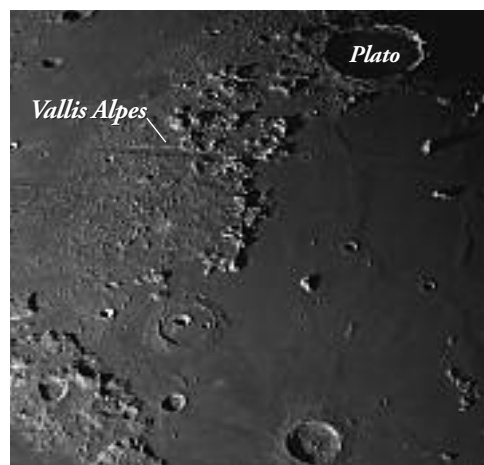
Es un valle de 166 km de extensión y 10 km de ancho, en medio de un sector de tierras altas dominado por los Montes Alpes. Su suelo es plano, está cubierto por lava y está cruzado por una grieta de 700 metros de ancho, causada probablemente por antiguos movimientos de la corteza lunar.

Puede verse con un telescopio de aficionado cerca del Cuarto Creciente en adelante. Muy cerca, el cráter **Platón** posee un color oscuro, 100 km de diámetro y parece tener un perfil ovalado debido a la perspectiva en la que se encuentra, cerca del borde lunar desde nuestro punto de vista.

Los **Montes Apeninos** representan la formación montañosa más impresionante de la Luna. Superan los 5000 metros de altura y poseen unos 600 km de extensión. Existen gracias a la acción de un gran objeto que provocó, tras su impacto, la formación de la cuenca del **Mare**

Imbrium y la elevación de una parte de la corteza lunar, hace 3800 millones de años. También es fácil de identificar con pequeños telescopios y binoculares, a partir del Cuarto Creciente.

Los notables cráteres **Clavius** y **Tycho** se encuentran en una región de tierras elevadas en el hemisferio sur de la Luna. **Clavius** es el mayor cráter de la cara visible (si no consideramos a **Sinus Iridum** como cráter), con 225 km de diámetro. En su interior hay varios cráteres de impactos posteriores,



Plato

Vallis Alpes

dispuestos en forma semicircular y de tamaños decrecientes. **Tycho** es menor que Clavius, de unos 90 km de diámetro, y posee un pico central de 2000 metros de altura. Con 108 millones de años de antigüedad, es uno de los cráteres más recientes. Pero lo que lo hace realmente notable es su sistema de rayos, que permite que pueda distinguirse a simple vista cuando hay Luna Llena e, incluso, bajo la luz cenicienta poco después de la Luna Nueva. Esos rayos se formaron con el material eyectado en el momento del impacto. ■



Montes Apeninos

MATERIA OSCURA

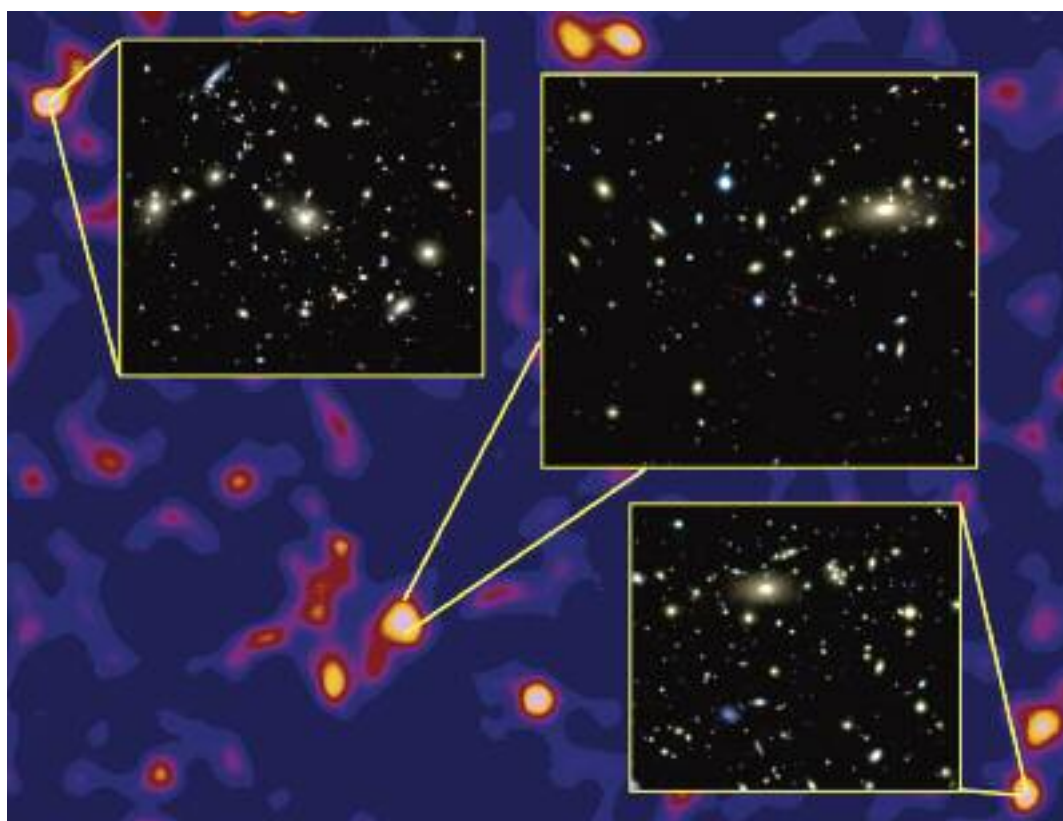
Entrevista a la Dra. Catherine Heymans (Universidad de Edimburgo, Escocia), co-autora del estudio de mayor escala sobre esta misteriosa entidad cosmológica.

El gran mapa

Por Mariano Ribas, Planetario de la Ciudad de Buenos Aires "Galileo Galilei".



La idea resulta tan fascinante como incómoda: de pronto, el Universo que todos conocemos, repleto de galaxias, estrellas, planetas, nebulosas y tantísimas cosas más, se hunde irremediamente en un mar mucho más vasto y profundo, de aguas pesadas y oscuras. De pronto, todo aquello que nos parecía mucho, muchísimo, ahora resulta ser poco, poquísimo. El cielo repleto de estrellas, la Vía Láctea desplegándose de horizonte a horizonte, todo lo que vimos y todo lo que veremos queda irremediamente empequeñecido ante la materia oscura. Algo que nunca vimos, ni nunca veremos. Algo que se ha burlado de todo ojo, de toda cámara y de todo telescopio. Simplemente, porque es invisible.



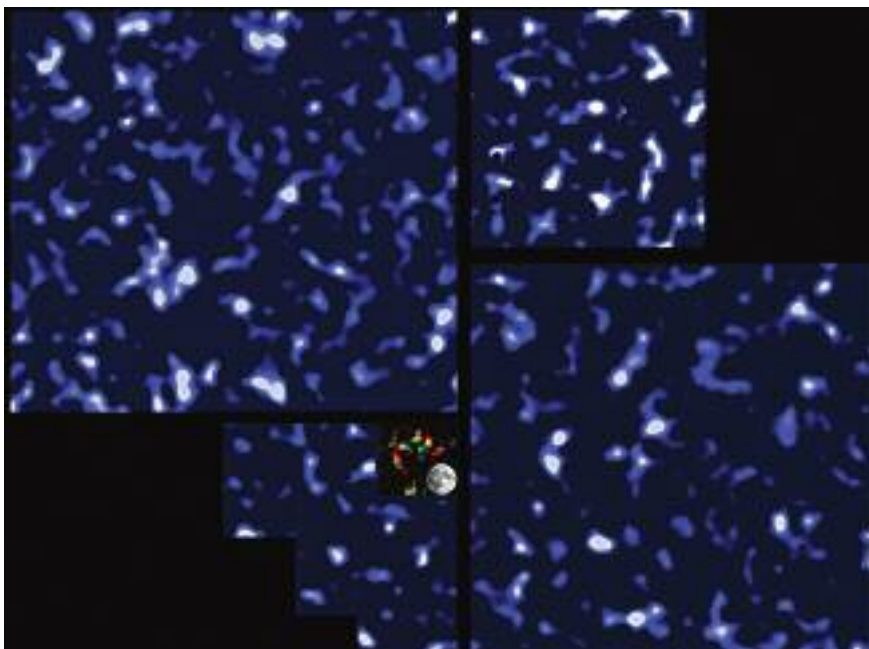
Las observaciones a gran escala del CFHTLenz muestran que la materia oscura está distribuida como una red de regiones densas (zonas claras en los mapas) y otras mayormente vacías (zonas oscuras). Las regiones más densas contienen y rodean a los grandes cúmulos de galaxias (fotos ampliadas). Crédito: Van Waerbeke, Heymans and CFHTLenz collaboration.

Desde su descubrimiento, hace escasos ochenta años, los científicos vienen lidiando con esta misteriosa entidad física que supera con creces a la materia ordinaria (de la cual estamos hechos nosotros y las estrellas); esa cosa que nadie sabe bien qué es, pero que a escala macrocósmica abrumba por su cantidad y por su gravedad, y que justamente por eso se sabe que existe: porque se “expresa” gravitatoria-

mente. Y no sólo eso: gracias a su desbordante presencia, la materia oscura parece ser una suerte de argamasa gravitatoria que, desde los albores del Universo, organizó y aglutinó a las estructuras de materia convencional. Ayudó y ayuda a mantener la estructura y la cohesión de las galaxias y los cúmulos galácticos. Desde ese punto de vista, fue una aliada poderosa que permitió que ese “poquito” de Universo visible, del cual formamos parte, sea lo que es.

cosmólogos han logrado ciertos modelos que describen, a grandes rasgos, la distribución y cantidad de materia oscura del Universo.

A comienzos de 2012 dieron un paso verdaderamente significativo: en un encuentro de la Sociedad Americana de Astronomía (celebrado en Austin, Texas, Estados Unidos), un equipo internacional de científicos presentó el mayor “mapa” de materia oscura jamás realizado; un relevamiento que cu-



La colosal red cósmica de materia oscura se ve parcialmente en estos 4 sectores del cielo (que totalizan 155 grados cuadrados), mapeados con el Canada-France-Hawaii Telescope en cada estación del año: invierno (arriba a la izquierda), primavera (arriba a la derecha), verano (abajo a la derecha) y otoño (abajo a la izquierda). Para tener una idea del área mapeada, aparece la Luna Llena. A su lado, el área cubierta por el mayor trabajo previo (el COSMOS Dark Matter Map, realizado por científicos de NASA y ESA, entre otros).

Crédito: Van Waerbeke, Heymans and CFHTLenS collaboration.

brió un área de cielo equivalente a 600 lunas llenas y de un diámetro de 1000 millones de años luz en el espacio.

En esta edición de **Si Muove** entrevistamos a la astrofísica británica Catherine Heymans, co-autora principal de este trabajo, considerado todo un hito de la cosmología moderna.

—Antes de ir al mapa, cuéntenos algo sobre usted y su especialidad.

—Soy profesora de astrofísica en el Instituto de Astronomía de la Universidad de Edimburgo. En 2003 obtuve mi doctorado en astrofísica en la Universidad de Oxford. En estos últimos años he sido miembro de los paneles científicos que otorgan turnos de investigación en el Telescopio Espacial Hubble y en el Observatorio Europeo Austral. Mi especialidad es el “Lado Oscuro” del Universo. Pero cuando no me ocupo de nada de eso, pueden encontrarme haciendo castillos de arena en la playa o remando en el mar con mis dos hijos.

—Ahora sí, vamos al mapa. Usted y su colega, el Profesor Ludovic Van Waerbeke, de la Universidad de British Columbia,

han liderado el equipo científico que acaba de dar a luz este sondeo de la materia oscura, inédito por su escala y profundidad. ¿Cuántos científicos y cuánto trabajo hay detrás del mapa?

—El equipo del proyecto *Canada-France-Hawaii Telescope Lensing Survey* (CFHTLenS) está formado por 20 investigadores internacionales. Durante los últimos cuatro años hemos estado analizando las imágenes de más de 10 millones de galaxias tomadas por el Telescopio Franco-Canadiense de Hawai en cuatro regiones del cielo.

—Los cuatro cuadrados que vemos en la imagen de esta página...

—Claro, y el mayor de todos, al que llamamos “Campo de Invierno”, corresponde a una zona de la constelación de Orión. Ésa es un área de cielo equivalente al tamaño de la palma de la mano con el brazo estirado hacia el firmamento. En total, hemos mapeado 155 grados cuadrados de cielo.

—¿Por qué eligieron esas zonas del cielo?

—Para empezar, tuvimos que elegir áreas donde no hubiese estrellas brillantes que,

con su resplandor, nos bloquearan la visión del Universo distante. Pero además, esas cuatro zonas fueron elegidas porque, en parte, se superponían con otros sondeos astronómicos previos que nos dieron información extra.

—Por definición, la materia oscura es invisible. Entonces, ¿cómo la detectaron en esas áreas del cielo?

—Lo que hicimos fue estudiar la débil señal que la materia oscura “imprime” en las imágenes de las lejanísimas galaxias que sí podemos ver.

—¿Cómo es eso?

—La luz de esas galaxias no llega a la Tierra en línea recta, sino que, a medida que va atravesando las concentraciones de materia oscura, se va “torciendo” ligeramente debido a la acción de la gravedad de esas masas invisibles. Gracias a este fenómeno, llamado lentes gravitatorias, podemos aprender mucho sobre la presencia y distribución de la materia oscura. Pero esta “señal” es tan sutil que sólo fue posible detectarla con el telescopio CFHT (ver **El proyecto, los científicos y el telescopio**), y únicamente en las noches en que las condiciones climáticas eran perfectas.

—En su trabajo, ustedes explican que las zonas más claras (celestes) del mapa muestran las mayores concentraciones de materia oscura, y que los parches blancos corresponden a los cúmulos de galaxias, o sea, la materia visible.

—Así es...

—Entonces, salta a la vista que las grandes masas de materia oscura, distribuidas a modo de redes, coinciden y “envuelven” a los cúmulos galácticos. ¿Por qué?

—Porque tal como dice la teoría, avalada por estos resultados, la materia oscura fue la que, desde el comienzo, dictó cuándo y dónde se formaron los cúmulos de galaxias. En el Universo primitivo, la poderosa gravedad de la materia oscura fue la que aglutinó inicialmente a la materia ordinaria, que luego daría origen a las primeras galaxias.

—Resulta verdaderamente curioso: la materia oscura “ayudó” a construir las grandes estructuras del Universo visible.

—Sí, y no sólo eso: si no hubiese un masivo

halo de materia oscura alrededor de nuestra propia Vía Láctea, el Sol, por ejemplo, que es apenas uno de los cientos de miles de millones de estrellas que la forman, saldría disparado fuera de la galaxia. La gravedad de la materia oscura es la principal causa de que todas las estrellas de la Vía Láctea estén juntas.

—¿Usted cree que los astrónomos ya tienen evidencias definitivas sobre la existencia de la materia oscura? Porque hay quienes aún dudan de su existencia y proponen modelos alternativos, como el de la “Dinámica Newtoniana Modificada” (MOND).

—Los científicos no podemos probar una teoría. Sólo podemos desaprobarla. Y la verdad es que durante más de una década, mediante diferentes observaciones, hemos estado desafiando la teoría actual del Universo, según la cual, está dominado por la materia oscura y la *energía oscura*.

—Más adelante aclaramos qué es eso. Continúe por favor...

—Hasta ahora, no hemos encontrado una sola observación que demuestre lo contrario. De todos modos, tenemos que seguir investigando, dado que todos sabemos que para tener una comprensión final y completa del Universo, seguramente tendremos que recurrir a alguna clase de nueva física que, a la vez, cambiará para siempre nuestra visión del Cosmos.

—Yendo al punto: ¿qué extrañas cosas podría ser la materia oscura? Alguna vez se consideró, por ejemplo, a esos misteriosos “Objetos Masivos del Halo Galáctico” (MACHOs), e incluso, otros objetos subestelares, como las enanas marrones.

—No. Se han hecho muchos estudios sobre ambas cosas para dar cuenta, al menos parcialmente, de la materia oscura en el halo de la galaxia. Pero todas esas investigaciones nos han mostrado que estos objetos son apenas una pequeña fracción de la materia del Universo. Así que podemos descartarlos.

—¿Y entonces de qué está hecha la materia oscura?

—La mayoría de los científicos cree que existe una partícula específica de materia oscura. Sería una partícula súper-simétrica, es decir, una suerte de “espejo” de las partículas de materia ordinaria...

El proyecto, los científicos y el telescopio



“Este estudio sobre la distribución de la materia oscura es cien veces mayor que cualquier otro anterior”, dice la Dra. Catherine Heymans, quien junto al cosmólogo Ludovic Van Waerbeke (Universidad de British Columbia, Vancouver, Canadá) lidera el proyecto Canada-France-Hawaii Telescope Lensing Survey (CFHTLenS), en el que trabajan veinte científicos internacionales. Durante los últimos años, Heymans, Van Waerbeke y sus colegas analizaron las imágenes de más de 10 millones de galaxias, tomadas en cuatro sectores diferentes del cielo. Un total de 155 grados cuadrados: más de 600 veces el área ocupada por la Luna.

A su vez, todas esas imágenes habían sido previamente obtenidas, durante un período de cinco años, por el Canada-France-Hawaii Telescope Legacy Survey, un programa de relevamiento galáctico realizado, justamente, con el Telescopio Franco-Canadiense de Hawai (CFHT), y la MegaCam, una cámara de campo amplio (1°x1° de cielo), extremadamente sensible y con una resolución de 340 megapíxeles. El CFHT funciona desde 1979 en la cima del volcán Mauna Kea, Hawai, a 4200 metros de altura sobre el nivel del mar, junto a otros colosos ópticos, y tiene un espejo primario de 3,6 metros, algo que actualmente lo coloca en el rango de los telescopios “medianos” a nivel mundial.

Para mapear la distribución de la materia oscura a nivel macrocósmico, el CFHTLenS estudió galaxias sumamente

lejanas, cuya luz tardó 6 mil millones de años en llegar a la Tierra, y que partió desde ellas cuando el Universo tenía poco más de la mitad de su edad actual. Durante semejante recorrido de espacio y tiempo, la luz de esas galaxias fue “torcida” por la gravedad de las descomunales masas de materia oscura que fue atravesando. Materia (y gravedad) torciendo el camino de la luz: este fenómeno se conoce actualmente como lentes gravitacionales, y había sido predicho por Albert Einstein en su Teoría General de la Relatividad. Es justamente esa alteración de la trayectoria de la luz emitida por aquellas lejanísimas galaxias la que delata la cantidad y distribución de esta entidad invisible, pero abrumadoramente gravitante, cuya precisa naturaleza aún desconocemos. *“Es fascinante ‘ver’ la materia oscura utilizando la distorsión que produce en el espacio —dice Van Waerbeke—, porque de esa manera tenemos acceso a esa misteriosa masa presente en el Universo que no se puede observar de otra manera”.* Y agrega: *“Saber cómo está distribuida la materia oscura es el primer paso para entender su naturaleza”.*

Lejos de detenerse, este notable emprendimiento científico continuará en los próximos años: según los investigadores, de aquí a 2015 el programa CFHTLenS llegaría a cubrir un área de cielo diez veces mayor a la actual, y de esa manera estaremos un poco más cerca de entender a fondo el lado oscuro de la materia.

—¿Usted está hablando de los WIMPs?

—Exactamente.

—En una nota aparte hablamos más en detalle de esas supuestas “Partículas Masivas de Interacción Débil”. Pero... ¿Ya encontraron algo así?

—Los WIMPs todavía no han sido detectados, pero estamos muy confiados de encontrarlos con la ayuda del Gran Colisionador de Hadrones, en el CERN.

—Volviendo a lo macro: ustedes observaron galaxias muy distantes, tanto que las vieron como eran hace 6 mil millones de años. ¿Notaron, acaso, diferencias en el rol de la materia oscura a lo largo del tiempo?

—Sí. Las observaciones y las técnicas estadísticas nos permitieron testear cómo fue variando el comportamiento de la materia oscura a lo largo del tiempo cósmico. Y

eso, a su vez, nos dice algo sobre el rol de la también misteriosa energía oscura, que estaría acelerando la expansión del Universo.

—¿Y qué les dice su investigación sobre materia oscura en cuanto a la energía oscura?

—Nos dice que, desde hace miles de millones de años, la energía oscura viene contrarrestando la acción de la materia oscura. Las masivas estructuras de materia oscura que hemos observado, siempre tendieron a unir a las estructuras visibles del Universo: los cúmulos de galaxias. Pero la energía oscura viene haciendo exactamente lo contrario: está acelerando la propia expansión del Universo. El espacio se “estira” cada vez más, separando a las galaxias. Al cambiar constantemente el campo de juego, la energía oscura hace que el trabajo de la materia oscura sea cada vez más difícil.

—¿Quién ganará finalmente esta batalla cosmológica?

—La energía oscura ya ganó.

—¿Y cuál sería, entonces, la suerte final del Universo?

—Si todas nuestras observaciones y teorías actuales son correctas, el Cosmos está condenado a un final más que triste.

—¿De qué estamos hablando?

—El Universo, simplemente, va a expandirse por siempre. Se hará cada vez más vacío, más frío y más oscuro, a medida que todas sus estrellas vayan agotando sus últimos combustibles y se vayan apagando.

—Eso suena profundamente “oscuro”. Gracias por la entrevista, Catherine...

—Gracias a ustedes por su interés en nuestro trabajo. ■

MATERIA OSCURA

De la “materia perdida” a los WIMPs

Por M. R.



En 1933, sin que lo hubiese imaginado, el gran astrofísico Fritz Zwicky (Foto. 1898-1974), nacido en Bulgaria pero nacionalizado suizo, hizo uno de los descubrimientos más importantes (e inquietantes) de la historia de la ciencia. Mientras estudiaba el famoso Cúmulo de Coma (una metrópolis cósmica de más de 1000 galaxias, a 300 millones de años luz de la Vía Láctea), el excéntrico científico observó una aparente incompatibilidad física. Zwicky había estimado la masa total del cú-

mulo (teniendo en cuenta la cantidad de galaxias y su luminosidad), pero además, había medido la velocidad orbital de varias de sus galaxias. Y algunas se movían a alrededor de 1000 km/segundo. Ahí surgió el problema: a semejantes velocidades, esas galaxias deberían haber vencido el tirón gravitatorio del conjunto, escapándose del Cúmulo de Coma. Pero no, allí estaban, ligadas de algún modo a todas sus compañeras. Zwicky revisó sus observaciones y sus cálculos, y llegó a una inquietante conclusión: el Cúmulo de Coma debía ser mucho más masivo de lo que parecía. Sólo así, la gravedad total mantendría unido al cúmulo y sus galaxias súper veloces. Zwicky calculó que todo cerraba si lo que se veía (las galaxias) era apenas **la décima parte de la masa total del cúmulo**. O dicho de otro modo: el cúmulo parecía contener un 90% de “materia perdida” (según sus palabras). La materia oscura, tal como se la llamó más tarde, asomaba su pesada pero invisible cabeza.

Presencia masiva e invisible

Las pioneras observaciones de Zwicky fueron la punta de lanza de una abrumadora realidad cosmológica: con el correr de los años, y con

la ayuda de instrumentos y mediciones cada vez más finas, los astrónomos se toparon, una y otra vez, con cúmulos galácticos que parecían contener cinco o diez veces más masa de la que daban cuenta sus componentes visibles. Materia oscura que, a modo de red de contención o argamasa gravitatoria, envolvía, unificaba y organizaba a esas grandes familias de galaxias. A partir de los años '70 y '80, los astrónomos encontraron claros indicios de la presencia de materia oscura en las propias galaxias individuales: se observó que las estrellas ubicadas en sus zonas más externas giraban demasiado rápido en torno a sus núcleos galácticos. Tan rápido que, teniendo en cuenta la masa observable de la galaxia que las contenía, deberían haberse escapado de su tirón gravitatorio. Pero allí estaban, “sujetadas” por algo muy masivo e invisible. Evidencias de este tipo se han encontrado, por ejemplo, en la famosa galaxia de Andrómeda (M31), e incluso, en nuestra propia Vía Láctea, que parece estar envuelta por un colosal halo de materia oscura, unas 10 veces más masivo que su espiralada estructura visible (formada por cientos de miles de millones de estrellas y masas de gas y polvo).



Cúmulo de Coma, una agrupación de alrededor de 1000 galaxias, situada a 300 millones de años luz de la Vía Láctea.

Física de la extravagancia

Más allá de su ominosa presencia, la materia oscura es todo un desafío para la física de nuestros días: evidentemente, no es materia ordinaria. O dicho más físicamente: no es materia bariónica (hecha de bariones: protones y neutrones). Los bariones son partículas que interactúan y se “expresan” no sólo mediante la gravedad, sino también mediante las fuerzas nucleares fuerte y débil, y la fuerza electrostática. Son justamente esas interacciones las que permiten que la materia ordinaria emita o refleje luz; que la veamos. Pero también impiden, por ejemplo, que pasemos caminando alegremente a través de una pared (las partículas que forman nuestro cuerpo son electrostáticamente rechazadas por las que forman la pared).

Pero la materia oscura es otra cosa: no emite, ni refleja, ni absorbe luz. Es literal e inevitablemente invisible. Tampoco interactuaría electrostáticamente. Por eso, no podríamos “tocarla”, ni sentirla de ninguna manera. Podría atravesarnos—quizás, ahora mismo—sin que nos diéramos cuenta, y sin consecuencias para todas las entidades bariónicas, como los seres vivos, la Tierra o el Sol.

La materia oscura y la materia normal sólo tienen un “idioma” en común: la gravedad. Y justamente por eso es posible detectar los

efectos gravitatorios de la materia oscura sobre las estructuras y los movimientos de las galaxias (y sus estrellas); incluso, sobre la misma luz: la materia oscura—gravedad mediante—“tuerce” el espacio, y en consecuencia, altera la trayectoria de la luz. Juega a las lentes gravitatorias. Y ese efecto es el que han estudiado y aprovechado los científicos que presentaron este gran mapa de materia oscura, el más importante, por escala y relevancia, realizado hasta la fecha.

WIMPs: ¿las partículas oscuras?

Desde hace décadas, los científicos están buscando alguna salida teórica que resuelva, en forma físicamente verosímil, la identidad de la materia oscura. Varias hipótesis fueron surgiendo, entre ellas, la que considera una variante bariónica de muy bajo perfil: los Objetos Masivos del Halo Galáctico, cuya sigla en inglés, por la que se los conoce generalmente, es MACHOs. Se trataría, obviamente, de objetos oscuros pero hechos de materia convencional: fundamentalmente, agujeros negros, enanas marrones (una suerte de “estrellas fallidas”) y hasta “planetas huérfanos”. Sin embargo, y tal como nos explicó la Dra. Catherine Heymans, actualmente la mayoría de los astrónomos considera que los MACHOs no

son, ni por asomo, la parte más gruesa de este masivo pero invisible misterio.

La variante que hoy cuenta con la mayor adhesión de físicos y astrónomos, es la posible existencia de partículas *específicas* de materia oscura. Minúsculas entidades no bariónicas, más pequeñas que un átomo, llamadas Partículas Masivas de Interacción Débil, más conocidas por su sigla en inglés: WIMPs. Además de ser muy pequeñas y relativamente masivas, su identikit teórico incluye su capacidad de interactuar con la materia ordinaria mediante la gravedad. Y quizás, también mediante la fuerza nuclear débil (otra de las cuatro fuerzas fundamentales de la naturaleza, que opera en los núcleos atómicos). Si así fuera, los WIMPs podrían llegar a detectarse mediante experimentos específicos (incluyendo sensores subterráneos), capaces de ver eventuales “flashes” y partículas residuales, producidos por su interacción con la materia ordinaria.

Hoy, ochenta años después de las pioneras observaciones de Fritz Zwicky, la ciencia está un poco más cerca de revelar la identidad del lado oscuro de la materia; esa cosa poderosamente gravitante, omnipresente desde el amanecer de los tiempos, y que, como un arquitecto invisible, ha modelado y definido la macroestructura del Universo. ■

ORGANISMOS Y PLANETAS

¿Es la Tierra un “súper organismo”?

Por Leonardo González Galli *
 lmggalli@yahoo.com.ar



“The water planet”, Modis, NASA

Es frecuente que en los medios de comunicación se sugiera que nuestro planeta es como un ser vivo, un gigantesco y complejo “súper organismo”. Generalmente, esta comparación no es explícita, sino que está implícita en ideas tales como aquella según la cual, el planeta se defiende de la agresión debida a la actividad humana (la contaminación, el calentamiento global, etc.), o aquella otra que dice que cada proceso natural tiene como finalidad mantener el “equilibrio” del planeta entero. Aquí exploraremos esta comparación, es decir, nos preguntaremos si puede sostenerse —en algún sentido relevante— que nuestro planeta es como un gran ser vivo. Para tal fin, nos basaremos principalmente en la teoría de la evolución por selección natural propuesta por Charles Darwin.

Un organismo individual, como quien escribe este artículo y usted que lo lee, está conformado por diversas partes (por ejemplo, células y órganos) que funcionan de un modo coordinado, de tal manera que todo el organismo es capaz —dentro de ciertos límites— de auto-preservarse frente a perturbaciones externas tales como los cambios en la temperatura externa o la acción de un parásito. Desde este punto de vista, es posible afirmar, por ejemplo, que “*tras la ingesta, el estómago libera ácidos*

para facilitar la digestión y eliminar micro-organismos presentes en el alimento, lo que ayuda a la preservación del individuo”. Sería muy sencillo multiplicar los ejemplos: “*El ritmo cardíaco se acelera para suministrar oxígeno y nutrientes a todos los tejidos durante la actividad física*”; o “*la pupila se dilata en condiciones de baja luminosidad para captar más luz*”, etc.

Las consideraciones anteriores son válidas para cualquier ser vivo individual, pero no son aplicables a una entidad inerte como el planeta Tierra. ¿O sí lo son? Para algunas personas, la respuesta parece ser afir-

mativa. Hay quien sugiere que, así como un ser humano tiene estómago para digerir su alimento, la Tierra tiene, por ejemplo, organismos descomponedores que contribuyen al reciclaje de nutrientes en los ecosistemas. Aquí intentaremos mostrar que esta analogía entre un organismo y nuestro planeta es poco conveniente.

Una analogía supone una comparación: “*A es como B en tal y cual aspecto...*”. En el caso que nos ocupa, no se afirma generalmente que nuestro planeta **es** un organismo sino que, en cierto grado y sentido, **es como** un organismo. En realidad, algu-

“**La selección natural es el modo mediante el cual, a lo largo de la evolución, los seres vivos adquieren nuevas estructuras y funciones que les permiten sobrevivir y reproducirse (adaptaciones).**”

nas personas fuerzan la analogía hasta la identidad (nuestro planeta *es* un organismo), pero asumimos que no es necesario refutar semejante afirmación, por lo que nos centraremos en la analogía.

Las analogías son un recurso para pensar sobre algo y/o para comunicar estos pensamientos. Algunas pueden potenciar nuestra comprensión enormemente; otras, pueden alejarnos de dicha comprensión. Mostraremos que la analogía planeta/organismo es científicamente insostenible y que, además, puede tener consecuencias éticas indeseables.

Para comprender por qué la analogía planeta/organismo es inadecuada, debemos entender primero qué mecanismo ha dado origen a la notable colección de estructuras y procesos que permiten a un ser vivo sobrevivir: **la evolución por selección natural**.

Cómo conseguir un estómago

El estómago es un órgano cuya utilidad para la supervivencia del individuo es evidente. Lo tomaremos pues como ejemplo para explicar cómo se pudo originar tan conveniente estructura. Imaginemos un vertebrado¹ ancestral que poseía un tubo digestivo típico pero sin estómago. En las poblaciones de ese hipotético ancestro existían diferencias entre los individuos: unos eran más grandes, otros más pequeños, unos más claros, otros más oscuros. Estas diferencias surgen de un modo azaroso, con total independencia de las necesidades del organismo, y tienen su

origen en las mutaciones genéticas y en las nuevas combinaciones de genes que se originan gracias a la reproducción sexual. Como estas diferencias se deben a diferencias genéticas, pasan de padres a hijos, es decir, son heredadas.

Como parte de esta variabilidad heredable que existía en esa población ancestral, algunos individuos tenían, como consecuencia de una mutación, un leve ensanchamiento de la región media del tubo digestivo. Podemos imaginar que esto les confería una ventaja (en comparación con aquellos individuos que no tenían ese ensanchamiento), ya que les permitía alojar más alimento y la musculatura les permitía mezclar mejor esos alimentos con los fluidos digestivos. Gracias a esa ventaja, esos individuos se nutrían mejor, y como consecuencia, podemos suponer que sus crías eran algo más robustas que las crías de los individuos que no poseían ese ensanchamiento, al que denominaremos “proto-estómago”.

Esta robustez extra daba a esas crías una mayor probabilidad de sobrevivir y, por lo tanto, de reproducirse. Así, los individuos con este “proto-estómago” tenían un mayor “éxito reproductivo” que aquellos que no lo tenían, y como este rasgo era heredable (por deberse a ciertas características genéticas), en cada nueva generación había un porcentaje mayor de individuos con “proto-estómago”. Entonces, varias generaciones después, la gran mayoría de los individuos de esta población tendría “proto-estómago”.

Luego, podemos imaginar que nació un individuo portador de otra mutación que tenía el efecto de que ciertas células del “proto-estómago” liberaran un líquido ácido. Como este ácido mejoraba la digestión y eliminaba algunos patógenos² presentes en el alimento, los poseedores de esta novedad tuvieron una mejor nutrición y salud y, por lo tanto, una mejor reproducción. A su vez, eso tuvo como consecuencia, con el paso de las generaciones, un incremento de la frecuencia de individuos con “proto-estómagos ácidos”. Con el paso de las generaciones, las mutaciones fueron introduciendo nuevas variantes del “proto-estómago ácido”. Algunas de estas variantes funcionaban peor que la ya existente, en cuyo caso sus poseedores se reproducían menos que los in-

dividuos típicos, y la nueva variante era rápidamente eliminada de la población. Otras variantes eran tan buenas como la típica, en cuyo caso se sumaban a la diversidad ya existente, y se podían hacer más o menos frecuentes de un modo puramente azaroso. Pero, de vez en cuando, surgía alguna nueva variante que funcionaba mejor que las existentes. En ese caso, la novedad se volvía más frecuente a través de las generaciones, como ya explicamos. Este proceso evolutivo, denominado “**selección natural**”, fue **reteniendo cada mejora que aparecía**, y los estómagos actuales son la más reciente versión de esta serie de “proto-estómagos” mejorados.

La selección natural es el modo mediante el cual, a lo largo de la evolución, los seres vivos adquieren nuevas estructuras y funciones que les permiten sobrevivir y reproducirse (adaptaciones). Las nuevas variantes sólo serán retenidas por la selección si suponen una mejora en el funcionamiento de los organismos como un todo, por lo que el resultado es un organismo con diversas partes que funcionan de un modo coordinado. Es por este motivo que podemos pensar que la función del estómago (o del ojo, o de cualquier otra parte) está subordinada a la supervivencia y a la reproducción del organismo individual como un todo.

Los seres vivos como órganos del “planeta-organismo”

Volvamos ahora a la analogía entre nuestro planeta y un organismo, y utilicemos para referirnos a ella un nombre con el cual se ha hecho famosa: Gaia. Los defensores de esta idea sostienen que los seres vivos son parte de un sistema mayor: el planeta. Esto es una verdad indiscutible. Pero los partidarios de Gaia van más allá y proponen que estos organismos cumplen funciones específicas orientadas a la preservación de Gaia. Aquí hemos llegado al corazón de la analogía: así como el estómago cumple una función orientada a la supervivencia y reproducción del organismo individual que lo contiene, los organismos —y los demás componentes del súper organismo— cumplen funciones orientadas a la preservación de Gaia. Vale decir que los seres vivos serían como órganos de Gaia. Las demás partes, como los océanos y la at-

mósfera, harían lo suyo también.

El autor de la hipótesis de Gaia, el especialista en química atmosférica James Lovelock, ha sugerido, por ejemplo, que algunas bacterias producen metano por el rol que esta sustancia juega en la regulación de la temperatura atmosférica. Debemos detenernos en esta idea. Lo que Lovelock está afirmando es que si el metano no tuviera ese efecto regulador en la atmósfera entonces las bacterias no lo producirían. Para decirlo de otro modo, las bacterias producen metano *para* regular la temperatura atmosférica. El uso del término "para" sugiere una finalidad, y debemos ser cuidadosos con este lenguaje. Sin embargo, volviendo al ejemplo anterior, podríamos decir que, en cierto sentido, el estómago segrega ácido *para* matar los microorganismos patógenos. ¿Por qué podemos permitirnos este lenguaje finalista en el caso del estómago? Porque si el ácido no tuviera esos efectos, no hubiera sido seleccionado.

La pregunta que debemos hacernos ahora

es: ¿Es este razonamiento igualmente válido para la producción bacteriana de metano y la regulación de la temperatura atmosférica? Es decir, ¿podríamos afirmar que así como el estómago segrega ácido *para* digerir los alimentos, las bacterias producen metano *para* regular la temperatura atmosférica?

Para responder esta pregunta debemos volver al mecanismo mediante el cual los organismos adquieren sus características (entre ellas, el estómago de los vertebrados y la capacidad de producir metano de las bacterias): la selección natural.

La (falta de) amabilidad de las bacterias

En relación con este ejemplo, el biólogo evolucionista Richard Dawkins ha escrito que el problema de la hipótesis Gaia es que pide que las bacterias sean más amables de lo que la selección natural puede explicar. La clave para comprender por qué esto es así reside en que la selección natural sólo puede incrementar la frecuencia de aquellos rasgos que suponen

una ventaja para la supervivencia y la reproducción del individuo que posee el rasgo en cuestión. Es cierto, como afirma Lovelock, que el metano que las bacterias liberan a la atmósfera tiene un efecto regulador. Pero para afirmar que las bacterias producen metano por dicho efecto regulador habría que mostrar que ésa es la razón por la cual la producción de metano fue seleccionada dentro de las poblaciones bacterianas, y aquí es donde la analogía falla. Si la selección natural favoreció la producción de metano entre las bacterias, fue como consecuencia de que ese rasgo confería una ventaja a cada bacteria productora de metano. Si ese metano liberado tiene o no un efecto regulador en la atmósfera es algo totalmente incidental y secundario, que no explica por qué las bacterias producen metano. Pero, ¿no podría la selección favorecer un rasgo por el efecto beneficioso que ese rasgo tiene en el ambiente? Para decirlo brevemente, no. Imaginemos que en una población de bacterias que no producen metano surge,



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

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

YAMAY
TURISMO SOCIAL Y
AMBIENTALMENTE RESPONSABLE

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

como consecuencia de una mutación, una bacteria cuyo metabolismo energético tiene como consecuencia la liberación de este gas. ¿Qué sucederá con esta nueva variante en la población? Como ya vimos, todo depende del efecto que tenga sobre la supervivencia y la reproducción de su poseedor. Si el metabolismo metanógeno fuera ventajoso para su poseedor (por ejemplo, porque permite obtener más energía), entonces la selección incrementaría la frecuencia de las bacterias metanógenas automáticamente, sin importar si esto es bueno o malo para la atmósfera. Supongamos otro escenario posible según el cual la capacidad de producir metano es mala para su poseedor (por ejemplo, porque los materiales necesarios para producir metano son escasos), al tiempo que tiene un benéfico efecto regulador en las condiciones atmosféricas. En este caso, aquellas bacterias que no producen metano se reproducirán más que aquellas que sí lo producen, ya que las primeras conseguirían las sustancias necesarias para su metabolismo más fácilmente que las segundas. Así, por más benéfica que sea la liberación de metano para la atmósfera, la selección

favorecerá la variante que no produce metano. En síntesis, el hecho de que el metano tenga un efecto regulador en la atmósfera no puede explicar por qué esta capacidad evolucionó entre las bacterias. Si dicha capacidad evolucionó es porque era beneficiosa para cada bacteria individual. En realidad, estas bacterias toman dióxido de carbono (CO_2) e hidrógeno gaseoso (H_2) y sintetizan metano (CH_4) como parte de los procesos químicos que les permiten obtener energía de sus alimentos. El metano liberado actúa como un gas de “efecto invernadero” que ayuda a mantener la temperatura de la atmósfera. El punto es que la selección natural favoreció un cierto proceso metabólico (que supone la liberación de metano) porque era ventajoso para la nutrición de cada bacteria, y no porque contribuía a la regulación de la temperatura de la atmósfera. Ésa es una consecuencia secundaria que no explica por qué, actualmente, vemos bacterias productoras de metano. Por eso, podemos decir que las bacterias *producen metano para obtener energía* pero no podemos decir que *producen metano para regular la temperatura atmosférica*.

La venganza de Gaia

Diversas funciones de nuestro organismo se ponen en acción frente a las perturbaciones, por ejemplo, la reacción inmunológica frente a una infección. Siguiendo con la analogía del planeta-organismo, los amantes de Gaia sugieren que la Tierra reacciona para compensar las perturbaciones, como aquellas causadas por la acción humana. Así, podemos oír en la televisión que las catástrofes naturales (huracanes, terremotos) son reacciones del planeta frente a la agresión humana. Nuevamente, se sugiere aquí que cosas tales como las tormentas se producen para asegurar la supervivencia de Gaia. De más está decir que sugerir que los sistemas físicos del planeta tienden a preservar a Gaia es más absurdo aún que sugerir que la acción de los organismos responde a dicho fin. Queremos en este punto llamar la atención sobre el hecho de que esta analogía entre el planeta y un organismo, además de ser incompatible con lo que actualmente sabemos sobre la evolución biológica, puede tener consecuencias indeseables. Por ejemplo, no falta quien sugiere que es innecesario

“

La analogía planeta/organismo es científicamente insostenible y, además, puede tener consecuencias éticas indeseables. Que los sistemas físicos del planeta tiendan a preservar a Gaia es más absurdo que sugerir que la acción de los organismos responda a dicho fin. Creer que nuestro planeta tiene mecanismos para defenderse puede resultar un peligro llamado a la inacción frente a la crisis ambiental. Los planetas no evolucionan por selección natural y no exhiben una complejidad funcional comparable.

”

preocuparse por –y ocuparse de– la crisis ambiental porque, de algún modo, Gaia sabrá librarse de esta especie (la humana) que, cual infección bacteriana, la agrede. Así, creer que nuestro planeta tiene mecanismos para defenderse –como los organismos los tienen– puede resultar un peligroso llamado a la inacción frente a la crisis ambiental que enfrentamos. En ciertos movimientos ecologistas la metáfora según la cual nuestra especie es una enfermedad de la que Gaia se debe librar llega a extremos aún más peligrosos. Así, el crecimiento de la población mundial se ha comparado con un cáncer que amenaza la vida del planeta-organismo Gaia. Por supuesto, desde esta perspectiva, el cáncer son las crecientes poblaciones del Tercer Mundo y no las envejecidas poblaciones del Primer Mundo con bajas tasas de natalidad. Se vislumbran aquí peligrosas ideas misantrópicas, cuando no racistas.

Conclusión

La teoría de la selección natural, propuesta hace ya ciento cincuenta años por el naturalista inglés Charles Darwin, nos permite comprender cómo evolucionan las características de las especies. Como consecuencia de la lógica de este proceso, aquel rasgo que evoluciona está generalmente al servicio de cada individuo que lo posee. Los efectos que estos rasgos tienen en entidades mayores, tales como la especie como un todo, el ecosistema, la biosfera³ o Gaia, son meros efectos secundarios que en ningún caso explican por qué ese rasgo evolucionó. La evolución por selección natural no puede producir rasgos que perjudiquen a sus poseedores para beneficiar entidades superiores. Tampoco puede producir rasgos que perjudiquen a sus poseedores aquí y ahora porque, en un futuro lejano, aparecerá algún presunto beneficio. La selección natural no puede prever el futuro.

Además de científicamente cuestionable, la analogía entre nuestro planeta y un organismo puede tener implicancias éticamente indeseables. Los organismos evolucionan por selección natural como entidades complejas cuyas partes interactúan tendiendo a la supervivencia y a la preservación del individuo. Los plane-



NASA

tas no evolucionan por selección natural y, por lo tanto, no exhiben una complejidad funcional comparable. Ambos, organismos y planetas, son producto de procesos históricos diferentes, y establecer una analogía entre ellos no hace más que generar confusión.

Las personas en general tenemos una fuerte tendencia a atribuir características humanas a entidades no humanas (antropomorfismo). Así, tratamos a nuestros perros como si de personas se tratara. Del mismo modo, estamos bien predispuestos a pensar en nuestro planeta como si fuera un gran ser vivo. Sin embargo, nuestro planeta no es un ser vivo y, lo que es más importante, no es como un ser vivo en ningún sentido relevante. Mejor haremos entonces en reaccionar rápidamente frente a la crisis ambiental, sin esperar una inexistente “respuesta inmunitaria” de Gaia. ■

mas que dificultan el aprendizaje de esta rama de la biología, y para desarrollar y probar estrategias didácticas innovadoras tendientes a superar estas dificultades. Ha publicado artículos en revistas especializadas, capítulos de libros y trabajos de divulgación científica, y se desempeña como ilustrador especializado en naturaleza. Otra área de interés es la educación ambiental: ocupa actualmente el cargo de Director de la Escuela Argentina de Naturalistas de la ONG conservacionista “Aves Argentinas / Asociación Ornitológica del Plata”.

1 Vertebrados: animales caracterizados, entre otros rasgos, por un esqueleto interno con un cráneo que protege al cerebro. Los principales grupos de vertebrados son los peces, los anfibios, los reptiles, las aves y los mamíferos.

2 Patógenos: organismos parásitos, es decir, que viven a expensas de otros organismos, y que causan enfermedades. Los virus son patógenos, al igual que muchas bacterias y otros organismos unicelulares.

3 Biosfera: el conjunto de los seres vivos que habitan el planeta.

Lecturas sugeridas:

Para una introducción a la evolución por selección natural: “*Vida. La ciencia de la biología*”, de Sadava y col. (2009, Editorial Médica Panamericana). Para profundizar sobre el mecanismo de selección natural: “*El gen egoísta*” (1994, editorial Salvat) y “*El relojero ciego*” (1989, editorial Labor), ambos de Richard Dawkins. Este autor critica la hipótesis de Gaia en “*Desteynando al arco iris*” (2000, editorial Tusquets). James Lovelock ha desarrollado su hipótesis de Gaia en numerosas publicaciones, entre ellas, “*Gaia, una nueva visión de la vida en la Tierra*” (1983, editorial Blume) y “*La venganza de la Tierra*” (2007, editorial Planeta).

* **Leonardo González Galli** es Doctor en Ciencias Biológicas (con orientación en didáctica de las ciencias naturales) y Profesor de Enseñanza Media y Superior en Biología (Universidad de Buenos Aires - UBA). Es investigador del Instituto de Investigaciones CEFIEC de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA, y docente del Profesorado de Biología. Su actividad de investigación se centra en la enseñanza de la biología evolutiva, conjugando los aportes de la biología, la didáctica, la epistemología y la psicología cognitiva para identificar los proble-

PUEBLOS ORIGINARIOS

El cielo de los guaraníes

Por Blas Servín, Planetario “Padre Buenaventura Suárez” de Asunción, Paraguay. Imágenes: María Griselda Servín.
planetariobs@gmail.com

Como todas las culturas indígenas americanas, los guaraníes proyectan su ambiente en el cielo y tratan así de explicar las estrellas y los fenómenos celestes. Conciben a la Tierra como una isla o continente que flota en un océano plano infinito, y existen tantos mitos como tribus.

Entre los astros y fenómenos astronómicos guaraníes se destacan ARANDU, “el que comprende el mensaje de los astros”, y ARASY, “la madre del cielo”, cuya morada es la Luna. Para estos pueblos originarios, el creador de todo lo existente es ÑANDERUTENONDE o ÑANDERUVUSU, que es invisible, puro espíritu y se manifiesta por medio de los fenómenos naturales: el trueno, el rayo, el fuego, etc.

El Sol, foco de luz, origen del mundo, el dios con su culto y mitos derivados, es KUARAJHY. Este vocablo deriva de CU: “él”; ARA: “día, luz, mundo”; y JHY, de SY: “madre, origen, fuente de donde emana algo”. KUARAJHY es también la morada de TUPÁ, el dios supremo de los guaraníes. De regiones remotas llegó TOMÉ o TUMÉ, un personaje que les enseñó la agricultura y cómo organizarse socialmente, y que luego se retiró, prometiendo regresar. Este mito lo podemos encontrar, de manera similar, con Quetzalcóatl



de los aztecas, Kukulcan de los mayas y Wiracocha en los Andes.

TUPÁ es la forma divina más cercana al hombre. Para algunas parcialidades es el trueno, para otras, el Sol o el semidiós de

la lluvia y del granizo.

Según los guaraníes, YVA, “el cielo”, está formado por varias capas transparentes, y la última se llama PYTUMBA (“oscuro”) o ARAKAÑY (“cielo perdido”), una región donde la luz del Sol no llega.

La Luna, diosa de la fecundidad, de los amores sexuales y del desarrollo de las plantas, se llama YASY, y es la madre de las estrellas, el origen de la raza y la deidad que creó a los guaraníes. En estas tradiciones, las estrellas brillan gracias a la influencia de YASYTATA, la luz de la Luna. Por su parte, el planeta Venus, cuando aparece por la mañana, es MBIYA COE; y Marte es YASYTATA GUASU, donde fue a vivir el espíritu luminoso de Tomé o Tumé, quien antes de retirarse prometió que un día se comunicaría con ellos.

La Vía Láctea

Para algunos grupos se trata del MBOREVÍ TAPE, “el camino del tapir”,





llaban en una ruidosa celebración, acompañada de flautas, trompetas y tambores; la fiesta del ARETE GUAZÚ, que aún se festeja.

Eclipses

Para los guaraníes, en el cielo vivía un mítico animal, el JAGUÁ JHOVY (“tigre azul”), que en ciertas oportunidades se tragaba a la Luna o al Sol. Al ver este fenómeno, gritaban JAGUÁ JHOU YASY (“el tigre se comió a la Luna”) o JAGUÁ JHOU KUARAJHY (“el tigre se comió al Sol”), y lanzaban al espacio flechas y piedras para que el JAGUÁ JHOVY, asustado, escupiera a la Luna o al Sol para que regresara la luz.

Orión

Las estrellas que componen el cinturón de Orión, las que conocemos como las Tres

un animal nocturno que siempre trilla el mismo recorrido entre su guarida y un punto donde encuentra alimentos o agua. Las hojas secas pisadas día tras día por el tapir brillan a la luz de la Luna, y sus ancestros proyectaban ese camino en la Vía Láctea.

Para otras parcialidades, la Vía Láctea era el TAPÉ KUE, “el viejo camino” por donde vinieron sus abuelos del espacio, por donde un día, todos regresaremos. Para indicarnos el camino, los abuelos dejaron dos fogatas, lo que nosotros conocemos como la Nube Mayor y la Nube Menor de Magallanes.

Las Estaciones

Los guaraníes sabían que después de aproximadamente doce lunas llenas regresaba el mismo clima. No tenían noción del año, pero sí notaron que en junio, la aparición de EICHÚ (las Pléyades) en el horizonte este un poco antes de la salida del Sol, marcaba el regreso del ciclo agrícola.

Las Pléyades

Para los guaraníes de la región oriental, este grupo de estrellas recibe el nombre de EICHÚ, y se trata de un panal de avispas existentes en la América pre-colombina. Según los guaraníes de la región occidental, es OÑEMBYATYVA, “los que se reúnen”. Como en los primeros días de junio las Pléyades aparecen al este un poco antes de la salida del Sol, y como ésa es una época de mucho frío, veían en este cúmulo estelar a una familia indígena abrazada y temblando de frío en el cielo.

La salida de EICHÚ u OÑEMBYATYVA marcaba el regreso del ciclo agrícola, el año nuevo, y en esa fecha las aldeas esta-



Marías, eran para los guaraníes una madre viuda acompañada de sus dos hijas, también viudas a causa de una guerra. Las tres lloran su soledad en el cielo.

Alfa y Beta Centauri

Como las veían siempre juntas las llamaban MENDARÉ JOACJHÚ, el amor de una pareja recién casada.

Cruz del Sur

El ÑANDÚ PYSÁ, la huella dejada por un Ñandú.

Escorpio

AGUARÁ TUPÁ ROKAI, el cerco del huerto del dios zorro, un animal muy relacionado en toda la América indígena con la agricultura.

Sagitario

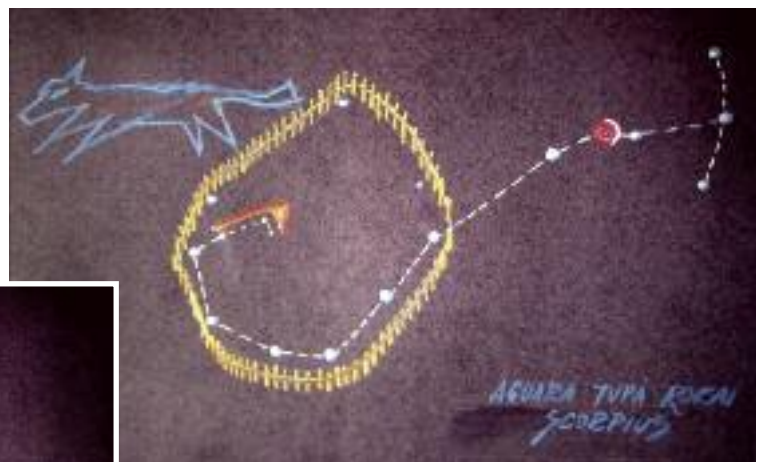
MBOREVI TUPÁ ROKAI, el cerco del huerto del dios tapir.

Cúmulo estelar de las Hyades (Tauro)

Los guaraníes bautizados por los misioneros veían a la Virgen en esta parte de la constelación de Tauro, la que para la mitología clásica representaba la cabeza del Toro.

Lluvias de meteoros

Para los guaraníes era un fenómeno celeste de mal augurio que anunciaba la muerte de un gran jefe, una guerra o enfermedades. De allí su pintoresco nombre de YASY TATA REPOTI: "excrementos de las estrellas". ■



SUGERENCIAS PARA INICIARSE Y AVANZAR EN OBJETOS DE CIELO PROFUNDO

Manual del buen observador

Por Rodolfo Ferraiuolo *
nocherito2006@yahoo.com.ar

Muchos destacados observadores creen que su pasión por el estudio del firmamento nació en el mismo momento de ver por primera vez un oscuro cielo estrellado. Eso les provocó tal hechizo que jamás olvidaron ese instante. Minutos después ya estaban preguntándose por esas luces lejanas y esas profundas oscuridades. Con el tiempo, cargando prismáticos, telescopios, oculares y cartas estelares, salieron a relajarse lejos de las luces y el ruido de la ciudad, para observar bellos cúmulos estelares, intrincadas nebulosas gaseosas y muy distantes galaxias. Poco a poco, con dedicación, empeño y utilizando técnicas adecuadas, se hicieron expertos observadores visuales y grandes conocedores del cielo. A continuación intentaremos transmitir algunas recomendaciones para iniciarse y avanzar, como ellos, por este fascinante camino de la observación astronómica.



Foto: Verónica Capelli

Se conoce como **objetos de cielo profundo** a la gran variedad de cúmulos estelares abiertos o globulares, asociaciones estelares y asteroides, nebulosidades brillantes y oscuras, galaxias y todo tipo de objeto dentro o fuera de la Vía Láctea, situado más allá de nuestro Sistema Solar, con excepción de las estrellas. Aunque también algunos observadores consideran a las estrellas simples, dobles y múltiples dentro de este rótulo.

El estudio de estos objetos necesita un fondo de cielo bien oscuro para lograr contrastarlos, ya que son generalmente tenues, de bajo brillo. Debido a la altísima contaminación lumínica de los núcleos urbanos, debemos alejarnos de las ciudades en busca de oscuridad para que la observación visual del firmamento rinda sus máximos frutos. Es maravillosa e indescriptible la sensación que se experimenta al ver a simple vista la Vía Láctea desde

un cielo oscuro y diáfano; luego de haberla vivido, no dudaremos en movernos hacia zonas oscuras en busca de un buen lugar para la observación.

Nuestro principal instrumento, el ojo
Nuestros ojos han evolucionado bajo un Sol brillante, por lo tanto, su diseño está principalmente preparado para la visión diurna. Pero el sistema visual es versátil, posee la capacidad de habituarse a la os-

curidad y responde, luego de unos minutos, a la falta de luz. Esta cualidad de adaptabilidad para la visión nocturna es fundamental y necesaria para alcanzar el máximo detalle en nuestras observaciones astronómicas.

La luz ingresada a través de la pupila forma la imagen en la superficie interna del ojo, sobre un complejo tejido sensible a la luz, denominado retina. Allí se produce una serie de fenómenos que terminan siendo impulsos nerviosos transmitidos por el nervio óptico al cerebro. En la retina se sitúan las células fotorreceptoras, denominadas conos y bastones. Los conos, concentrados en la fóvea¹ y principalmente en el centro del ojo, sobre el eje óptico², se encargan de aportar la visión en color y gran resolución a la imagen; utilizan la visión directa, ya que están adaptados a la luz intensa. Los bastones, ubicados por casi toda la retina (excluyendo a la fóvea, a unos 20° alrededor de ésta), fuera del eje óptico, son los encargados de la visión bajo luz escasa. No detectan los colores (visión en blanco y negro), pero son muy sensibles al movimiento. Al hallarse fuera del eje óptico, los bastones son utilizados mediante la técnica

de visión periférica o lateral, que nos permite percibir mejor los objetos débiles.

Los bastones necesitan cierto tiempo para lograr una mayor sensibilidad. Por lo tanto, antes de comenzar con nuestras observaciones, es imprescindible adaptar la vista a la oscuridad, por lo menos, durante unos 20 minutos, e idealmente, unos 40 minutos. Usar anteojos de sol con protección UV durante el día anterior a la observación será también de utilidad para cuidar la vista.

Al observar a través de un telescopio (excepto en los casos de las estrellas y los planetas), es difícil detectar colores en los objetos de cielo profundo. Pero varias nebulosas planetarias brillantes presentan tonos azulados o verdosos, y unas pocas nebulosas de emisión o reflexión dejan ver áreas con tenues tonos crema, verdosos y rojizos-amarronados.

Técnicas de observación

El uso de la visión lateral o periférica consiste en mirar al objeto como “de reojo”. Así se utilizarán más los bastones y se evitará la zona de la retina de baja sensibilidad a la oscuridad. Parece haber un poco más de sensibilidad en

el ojo “hacia el lado que da a la nariz”.

Fijar el ojo en la imagen durante varios segundos ayudará a ver más detalles en el objeto, como bordes o claroscuros. Si el objeto es casi invisible pero nos da una leve sensación visual o, al menos, “fantasmagórica”, podemos mover ligeramente el telescopio para lograr una diferencia de contraste. Los bastones son buenos detectores de movimiento.

Al observar con un ojo en el ocular del telescopio, el otro ojo suele mantenerse cerrado, y eso provoca una molesta tensión. Se recomienda dejar abierto el ojo con el que no se observa, pero cubierto con la mano o con un parche. Ese ojo podremos utilizarlo al tomar notas, dejando tapado ahora el ojo observador, de forma que el más adaptado a la oscuridad no pierda esta condición con alguna luz necesaria para escribir. También puede utilizarse una tela negra para cubrirse toda la cabeza y el ocular, para evitar luces molestas y poder mantener ambos ojos abiertos sin dificultad. Esto es muy recomendable al observar desde áreas urbanas.

Empezando a observar

Luego de la primera adaptación a la oscuridad, lo mejor es comenzar por los objetos



Foto: Gastón Ferrelós

Foto: Sergio Eguivar



Foto: Mariano Ribas



La Nebulosa Omega (M 17) y la Nebulosa Planetaria Fantasma de Júpiter (NGC 3242) son clásicos objetos del cielo profundo fácilmente visibles con telescopios de aficionados.

más brillantes, como planetas, estrellas o cúmulos abiertos, y dejar los tenues para más adelante, mientras prosigue la adaptación del ojo. En lo posible, debemos observar un objeto cuando se encuentre cerca de su culminación (máxima altura alcanzada sobre el horizonte). De esta forma, su luz atravesará menos atmósfera y sufrirá menor turbulencia, por lo que su imagen será mejor.

La luz de la Luna interfiere drásticamente en la observación y aclara el cielo. Por lo tanto, si está presente, hay que cerciorarse de que sea al comienzo o al final de la noche, para asegurarnos varias horas de oscuridad. En noches de Luna es mejor observar estrellas simples, dobles y cúmulos abiertos, y no objetos tenues como nebulosas y galaxias.

Si nos tomamos un buen tiempo con cada objeto, al transcurrir los minutos irán apareciendo más detalles, estrellas, etc. Debemos respirar tranquilos, estar relajados y cómodos. Nuestras observaciones mejorarán con el ejercicio y la experiencia. Será sorprendente notar cuánto ha crecido nuestra capacidad de ver el cielo cuando comparemos las primeras observaciones con las más recientes, luego de poco tiempo.

En la ciudad, el cielo también existe

Lo ideal es observar bajo cielos oscuros y difanos, pero si lo hacemos desde una ciudad, debemos elegir los objetos a estudiar de acuerdo a sus parámetros. Los más complicados serán las galaxias y nebulosas difusas,

pero la Luna, los planetas, muchas estrellas y varios cúmulos abiertos son fácilmente observables desde las grandes ciudades. No hay que temerle al cielo contaminado; hay que presentarle batalla y ponerse a observar desde el balcón, la terraza o el jardín.

Es importante determinar la Magnitud Límite Estelar (MALE) del sitio de observación, para tener una idea de bajo qué calidad de cielo estamos. La MALE es la magnitud de la estrella más débil detectable a simple vista. Mientras en una ciudad sofocada de

Glosario astronómico

Cúmulos Abiertos: Poblaciones dispersas de decenas o cientos de estrellas jóvenes, vinculadas físicamente entre sí por haberse formado todas de una misma nebulosa. Varios son visibles a simple vista (las Pléyades, el Joyero, M 44, NGC 2516), y muchísimos con pequeños telescopios.

Cúmulos Globulares: Poblaciones muy concentradas de cientos de miles o millones de estrellas muy antiguas, que se agrupan en forma esférica ligadas por su propia gravedad. Con un pequeño telescopio pueden verse como una esfera difusa de luz, más concentrada en su centro.

Asociaciones estelares: Grupos que generalmente poseen menor cantidad de estrellas que los Cúmulos Abiertos, más dispersas y con características físicas similares.

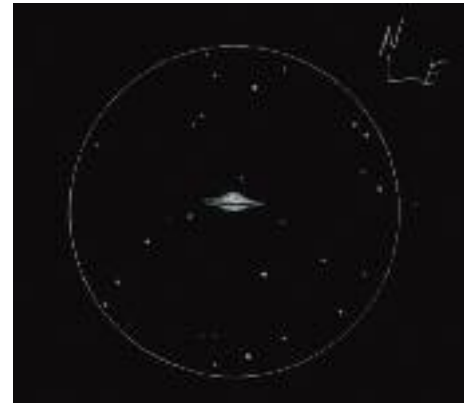
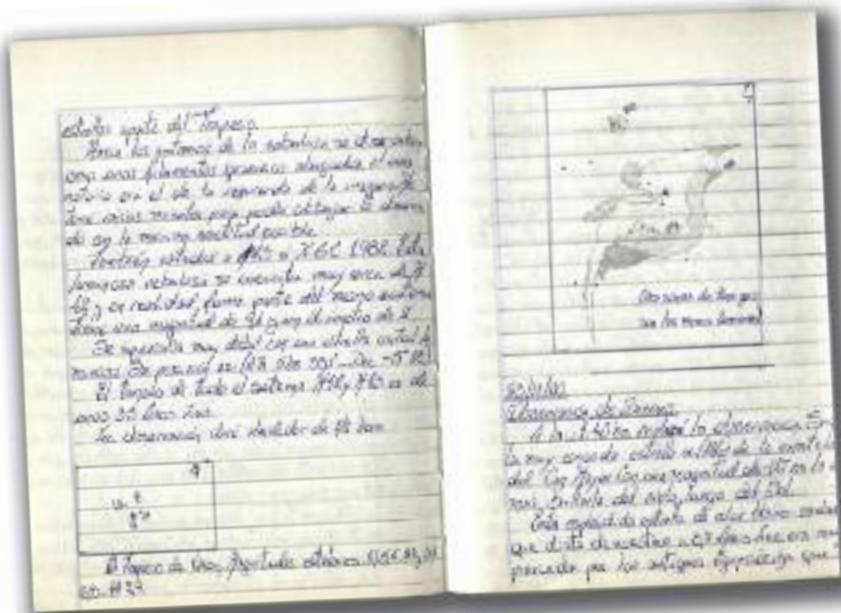
Asterismos: Asociaciones estelares aparentes sin relación física entre sí, pero que se encuentran en la misma dirección visual.

Nebulosa: Masa difusa de gas y polvo interestelar, sin una forma definida, cuyos principales compuestos químicos son el hidrógeno y el helio (M 17, M 42).

Nebulosa Planetaria: Restos de una estrella que ha llegado a su fin y que ha expulsado sus capas periféricas, por lo cual adquiere una aparente figura de anillo vista a la distancia. A través de un telescopio puede tener el aspecto parecido a un planeta, por eso su nombre (NGC 3242).

Magnitud: Es la medida de la intensidad del brillo de un astro. Las estrellas visibles a simple vista se separan en categorías, comúnmente, de la magnitud 1 a la 6, aunque en cielos muy oscuros se puede distinguir hasta la 7. Mientras menor sea el número, mayor será el brillo. A través de telescopios de aficionados se puede llegar a observar estrellas de magnitud 12, y con binoculares, 9 ó 10.

Ocular: Es el sistema óptico que amplía la imagen formada en el foco del telescopio. Comúnmente es un pequeño tubo en el que colocamos el ojo para observar.



Antiguo y apreciado diario de observaciones astronómicas del autor. Arriba, un dibujo de la galaxia Sombrero (M 104).

luz la magnitud límite puede ser 4, en cielos rurales alcanzará 6 ó 6,5, y en desiertos y montañas podrá llegar a 7 ó 7,5, e incluso algo más en situaciones excepcionales, generalmente a cierta altitud.

Según la zona, generalmente la peor época para observar es el verano, porque las noches son cortas y, fundamentalmente, habrá más inestabilidad atmosférica debido al calor del día. En invierno tendremos las mejores noches y el impresionante centro galáctico sobre nuestra cabeza, pero tomaremos mucho frío. Por eso debemos pensar en salir a observar con buen abrigo.

Por suerte, hoy en día existe mucha ropa térmica adecuada. Además de una campera impermeable, medias gruesas y todo el abrigo posible, son importantes los guantes (pueden ser dos pares: los primeros, finos, para poder manipular el instrumental, y los de arriba, gruesos, para cuando no utilicemos las manos) y unas botas que nos protejan del frío y la humedad. La cabeza es por donde el cuerpo pierde más calor, por ello, es fundamental tener un gorro o pasamontañas. Si la cabeza se enfría, el cuerpo reaccionará reduciendo el flujo sanguíneo a las extremidades y aumentándolo hacia la cabeza, enfriando manos y pies.

Será fundamental también llevar alimentos que aporten mucha energía, como chocolate, frutos secos, etc., y beber algo caliente. A pesar de la creencia popular, las bebidas alcohólicas no proporcionan mejoría ante el frío, sino todo lo contrario, ya que producen vasoconstricción. La visión nocturna no va

bien con la falta de azúcares, con el alcohol ni con la nicotina.

Por último, es ventajoso llevar algún banco o reposera para sentarse al pie del telescopio y observar cómodamente.

Planificación y apuntes

Al planificar la observación, no es bueno recargarnos de objetivos. Según las posibilidades de nuestro instrumental, tenemos que inspeccionar los datos conocidos de los objetos a estudiar, esencialmente su magnitud, tamaño aparente y brillo superficial.

En objetos extensos (varias nebulosas, cúmulos estelares y galaxias vistas de frente o con núcleos más luminosos), la luz se esparce por toda la superficie. Cuanto más bajo sea el brillo superficial, más grande será su tamaño aparente, a la vez que el brillo superficial podrá ser más alto que su magnitud visual, medida por el brillo integrado del objeto, que es puntual en el caso de las estrellas.

Durante y después de la observación, podemos tomar notas con gráficos, bosquejos y dibujos, o grabar en audio descripciones y comentarios, para luego confeccionar un reporte que deje constancia del objeto estudiado, su ubicación, fecha y hora, condiciones del cielo y visibilidad, nivel de oscuridad, transparencia del cielo, *seeing* (condición de turbulencia atmosférica), MALE, presencia o no de la Luna, temperatura, humedad, viento, etc. También hay que especificar el instru-

mental utilizado (a simple vista, con telescopio o binoculares; aumento y campo visual, uso de filtros, etc.), coordenadas del lugar y su categorización (si es urbano, suburbano, rural o de montaña), altitud, tiempo de observación, etc.

Con respecto al objeto observado, podemos describir su aspecto, forma, estructura, magnitud, concentración, densidad, color, resolución, conteo de estrellas (en cúmulos abiertos), etc. Podemos destacar también si nuestro objetivo es fácil o no de hallar, si es brillante, grande, débil, tenue, etc.; si es visible a simple vista, con prismáticos y/o telescopio; a bajos, moderados o altos aumentos, con visión directa o periférica, con o sin filtros. También es bueno describir otros astros que se encuentren en el mismo campo visual; registrar estrellas destacadas y sus colores; estrellas dobles, asterismos interesantes que ayuden a situar el objeto; o si el brillo de alguna estrella nos perturba la visualización.

Toda anotación o registro sirve, por más que parezca irrelevante, incluso si el objeto no pudo ser hallado. Uno de los mejores modos de recordar las experiencias observacionales y afianzar los conocimientos es llevar un diario donde, además de plasmar lo técnico (que con el tiempo se convertirá en un importante banco de datos), podemos anotar otros condimentos, como la presencia de familiares y amigos en la sesión, anécdotas de la noche, etc.

Cuando necesitemos un poco de luz para realizar nuestras tareas, usaremos luz roja. La luz blanca contraerá nuestras pupilas rápidamente, pero los bastones de la retina son insensibles al rojo. Lo ideal es un

monocromático LED rojo de moderada a baja intensidad.

Telescopios

Para ser un buen observador, es importante conocer las posibilidades de nuestro instrumental. Si uno no tiene experiencia con su telescopio, conviene practicar de día, enfocando árboles, antenas, edificios o cualquier cosa que le dé la seguridad de no estar viendo un objeto equivocado.

Una gran cantidad de avezados observadores opinan que el mejor telescopio para comenzar en la observación visual de objetos de cielo profundo es un luminoso reflector newtoniano de mediana apertura³, sobre todo si es robusto, simple, eficiente y está bien calibrado o colimado. Su precio es más ventajoso y hasta puede ser construido manualmente. De todas formas, el “mejor” telescopio siempre es el que tenemos.

Más importante que el telescopio es observar bajo un buen cielo oscuro. En estas condiciones, con un pequeño refractor⁴ de 60 mm serán visibles los 110 objetos de cielo profundo del catálogo Messier, entre otras cosas. Hay cientos de objetos al alcance de pequeñas y medianas aperturas, y varios miles con medianas y grandes. Con un telescopio de 12 pulgadas (30 cm), siempre desde un cielo oscuro, podemos estudiar los casi 8000 objetos del catálogo NGC (*New General Catalogue*) y varios miles más.

Para buscar un objeto (sin disponer de

Go-To⁵ en la montura del telescopio), muchas veces utilizaremos el método conocido en inglés como *star hopping*: con un mapa o carta del sector del cielo, habrá que partir desde alguna estrella visible más fácilmente y “saltar”, de estrella en estrella, hasta llegar al objetivo.

Para comenzar a buscar, hay que colocar en el telescopio el ocular de más baja potencia que tengamos, y luego iremos sumando aumento en la medida necesaria. Es conveniente utilizar oculares variados durante la observación y probar distintas combinaciones.

Las nebulosas planetarias logran un mayor contraste con mediano y alto aumento. Las galaxias, nebulosas y cúmulos globulares tenues, con baja, mediana y, ocasionalmente, alta potencia. Las nebulosas oscuras, con un ocular de baja potencia y gran campo. En el caso de cúmulos estelares abiertos o globulares brillantes, cualquier potencia y campo puede ser útil, y son los que menos sufren los efectos de la contaminación lumínica de las ciudades.

Una imagen inolvidable es la que se ofrece al ver varias galaxias juntas en el mismo campo de un ocular de baja potencia o de gran campo, aunque se vean “sólo” pequeñas manchas blanquecinas y difusas.

De ser posible, siempre es mejor colocar el telescopio sobre césped o tierra porque, sobre todo en verano, el concreto o el asfalto irán expulsando lentamente el calor adquirido durante el día, y eso ge-

nera turbulencias.

Para observaciones urbanas es muy recomendable el uso de un filtro antipolución, como el LPR (*Light Pollution Reduction*) o el CLS (*City Light Suppressor*), que reducen los efectos de la contaminación lumínica al bloquear las longitudes de onda amarillas y verdes emitidas por el alumbrado público. Bajo cielos oscuros podemos contar con otros filtros que bloquean o permiten el paso de determinadas longitudes de onda. Por ejemplo, los UHC, Oxígeno III y H β son muy efectivos para resaltar nebulosas brillantes y planetarias.

El resto depende de Ud.

Hay mucho más para contar sobre el tema, pero creemos que la experiencia ahora la tiene que hacer cada uno. Nuestra intención aquí es informar y alentar al astrónomo aficionado a que comience o siga con el estudio de los fantásticos objetos de cielo profundo, así como animarlos a reportar y compartir sus observaciones e inquietudes en algún foro de Astronomía, en sitios *Web* personales, *blogs*, etc. Eso nos ayudará a todos los amantes de algo que es mucho más que un hobby. ■

** Rodolfo Ferraiuolo es aficionado a la observación astronómica desde los 12 años, hace ya más de 30. Publica variados artículos del tema y es parte del staff del sitio surastronomico.com. Es coautor del libro Exótico Cielo Profundo (junto a Enzo De Bernardini), dedicado a la observación visual de más de 200 objetos al alcance de diferentes instrumentos. Es porteño pero vive en San Rafael, Mendoza, adonde fue en busca de la montaña y de hermosos cielos estrellados.*

1 Fóvea: pequeña depresión en la retina del ojo, de un poco más de 1 mm cuadrado, donde se enfocan los rayos luminosos. Se encuentra especialmente capacitada para la visión aguda y detallada.

2 Eje óptico: es la línea imaginaria que recorre los centros de un sistema óptico y forma un ángulo recto con el plano de la imagen. La luz que recorre el eje óptico está libre de distorsiones.

3 Nos referimos a un telescopio conformado por espejos, cuyo componente primario puede tener de 150 mm de diámetro para arriba.

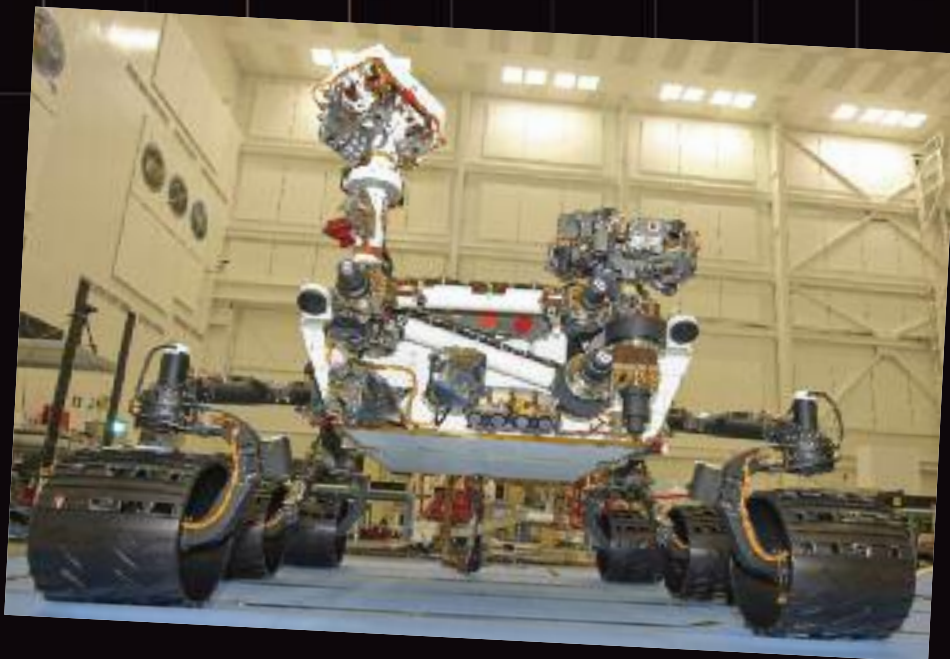
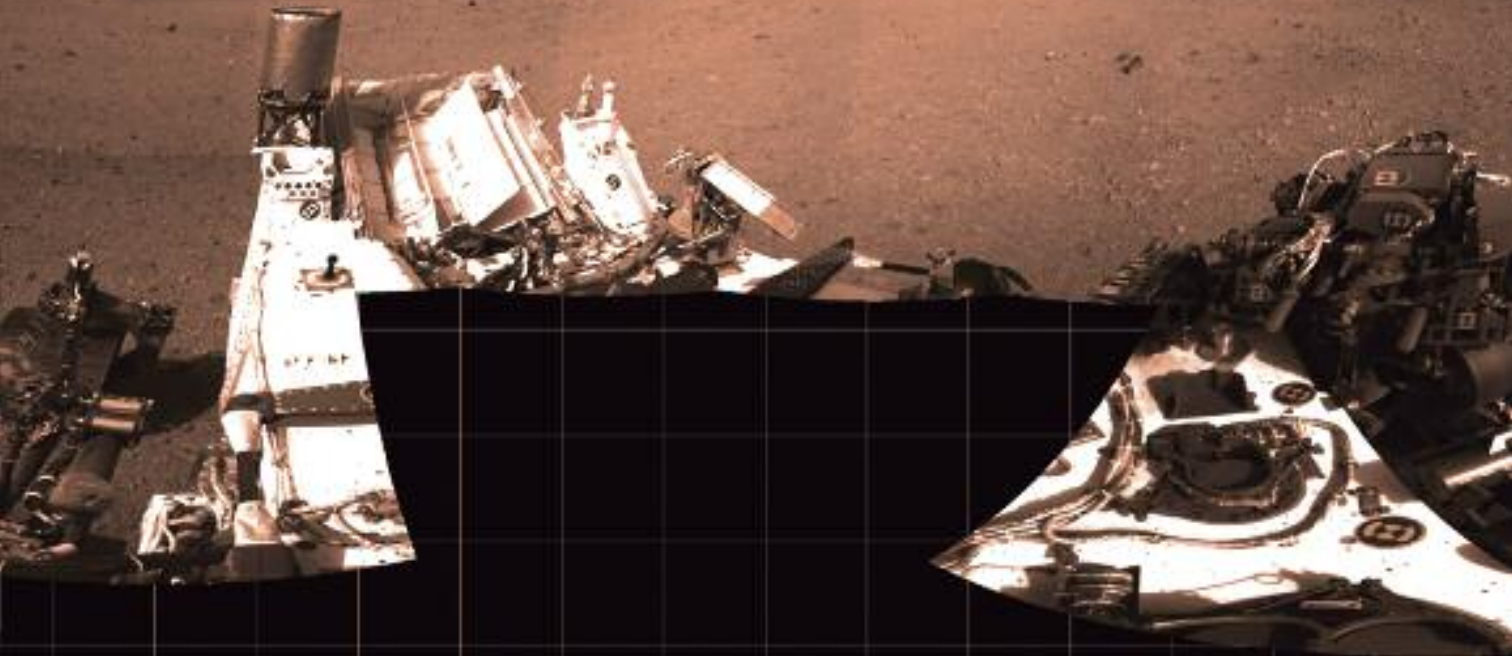
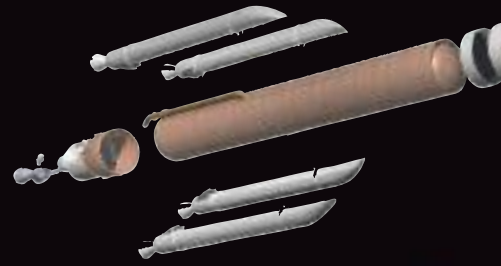
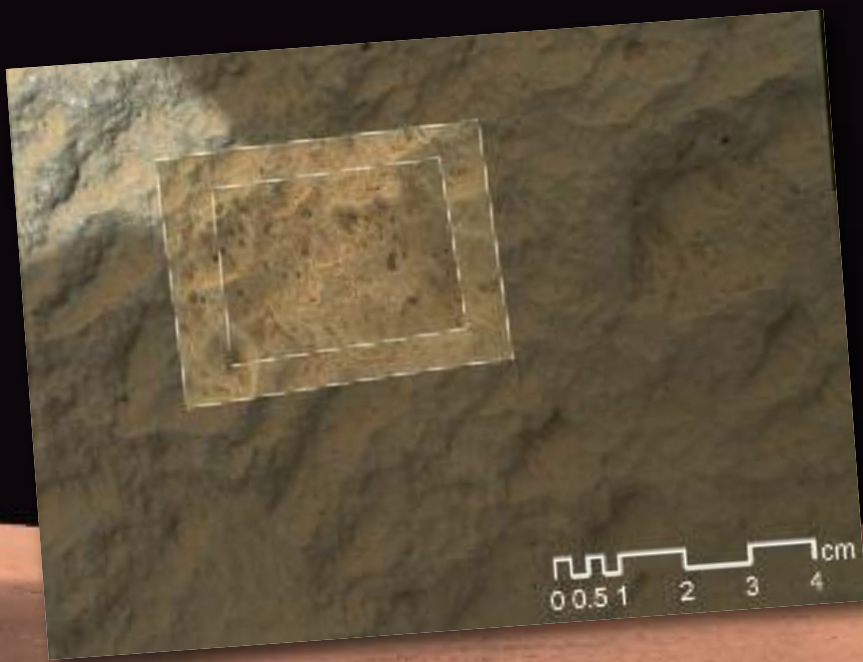
4 Refractor: un telescopio conformado por lentes. Es menos versátil para el aficionado.

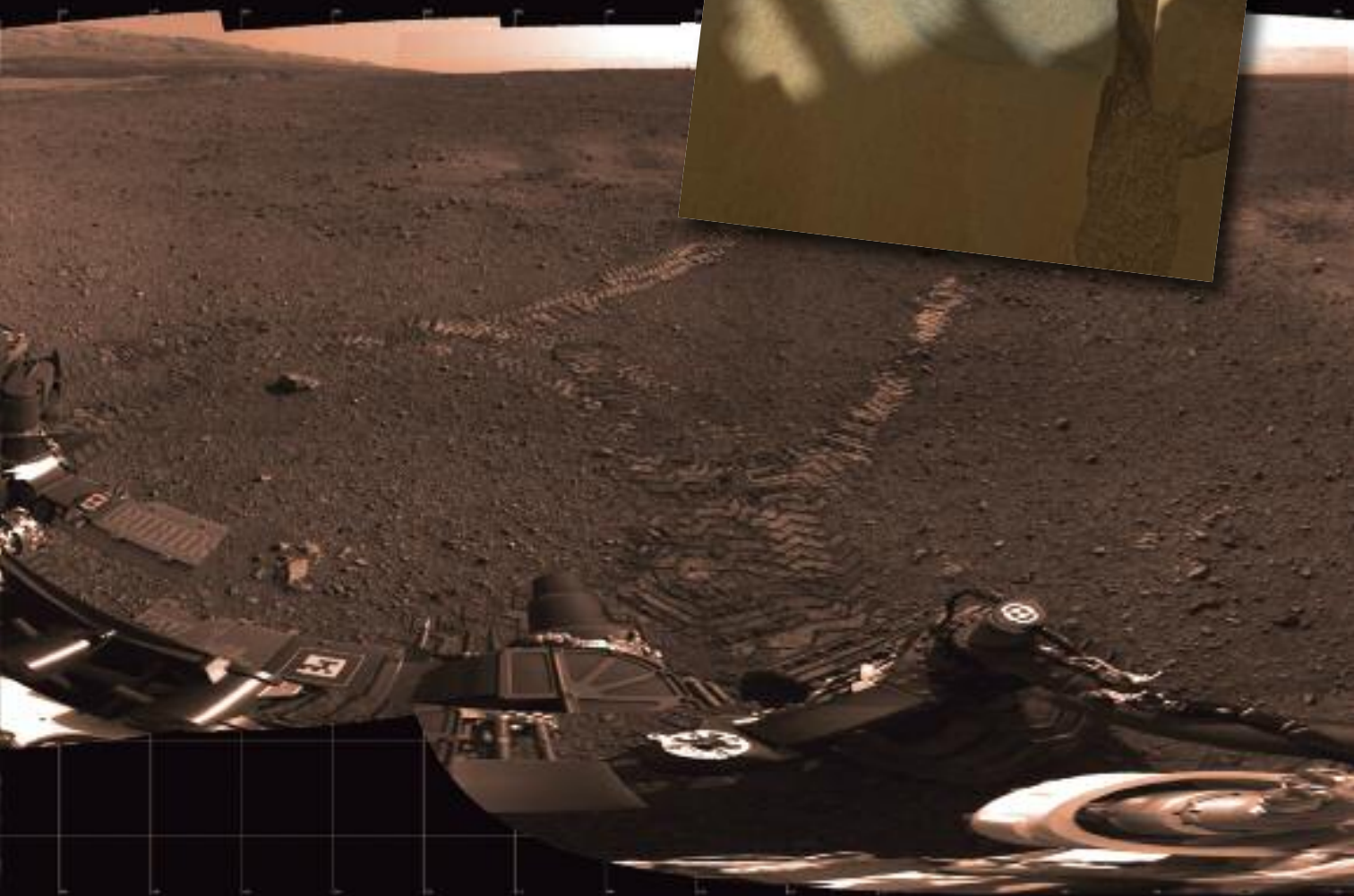
5 Los telescopios cuyas monturas poseen Go-To contienen un sistema electrónico y un programa que permite la búsqueda automatizada de los objetos celestes.



Foto: Omar Mangini

El Cúmulo Abierto NGC 4755, el Joyero, uno de los objetos preferidos de quienes se inician en la observación de cielo profundo. La estrella brillante es Beta Crucis.





Curiosidad marciana

En la madrugada del 6 de agosto, el *Mars Science Laboratory* (NASA), bautizado *Curiosity*, llegó al planeta rojo tras un viaje de más de 8 meses, cientos de millones de kilómetros y luego de completar, en forma impecable, una complicadísima maniobra de descenso. Es un prodigioso vehículo todoterreno de seis ruedas, repleto de sofisticados instrumentos que intentarán sacar a la luz buena parte de la historia geológica y climática de Marte, para determinar sus condiciones de habitabilidad durante los últimos cientos y miles de millones de años. Pero cuando los científicos hablan de habitabilidad se refieren a las condiciones físicas, químicas y ambientales propicias para la aparición y permanencia de la vida, poniendo la lupa en posibles microorganismos; y no, como se ha dicho erróneamente en algunos medios, las condiciones necesarias para que el hombre viva en Marte, lo cual, por ahora, es completamente imposible. Se trata, en definitiva, de entender cómo Marte dejó de ser un mundo cálido y húmedo para convertirse lentamente en lo que es hoy, un desierto global de interminables y oxidadas llanuras anaranjadas.



A rodar, *Curiosity*

Ésta es la séptima vez que una nave no tripulada llega con éxito a la superficie marciana. Desde su amartizaje, *Curiosity* ha recorrido cientos de metros dentro del “piso” del cráter Gale (que probablemente alguna vez fue el lecho de un lago) y al pie de *Aeolis Mons*, una monumental montaña de sedimentos que será el principal blanco de exploración y estudio de la misión. Una vez terminado ese reconocimiento inicial, *Curiosity* se arrimará a la base de *Aeolis Mons*. Sus diez instrumentos realizarán profundos estudios geológicos y químicos: al principio, se topará con materiales sedimentarios depositados hace 3 ó 4 mil millones de años, y con el correr de las semanas seguirá trepando, encontrándose con capas más “modernas”. Los científicos de la misión confían en que, además, podrán encontrar pistas de materia orgánica y hasta compuestos orgánicos muy bien preservados dentro de la arcilla (como ocurrió en la Tierra). Pero *Curiosity* no va a buscar vida en Marte, ni pasada, ni presente. No está preparado para eso. Sí podrá “olfatear” posibles emisiones de metano, y la detección de este elemento en la atmósfera marciana puede alimentar prudentes esperanzas sobre la existencia de microorganismos subterráneos. El cráter Gale fue un blanco cuidadosamente elegido: es una impresionante fosa de impacto, de 160 kilómetros de diámetro, situada a 4 grados al sur del ecuador del planeta. La nave *Mars Reconnaissance Orbiter* reveló que el piso del cráter contiene sulfatos y arcillas, compuestos que se forman en presencia de agua. Por eso, muchos expertos piensan que allí pudo haber existido un lago. Todavía estamos a décadas del ansiado desembarco humano en el planeta rojo, pero la hazaña de ese fabuloso robot, que lleva toda nuestra curiosidad a cuestas, no es poca cosa.

Laboratorio rodante



Curiosity forma parte del Programa de Exploración de Marte de la NASA. Un plan escalonado y de larga duración que, durante los últimos años, ha dado lugar a misiones memorables, como *Mars Pathfinder*, *Mars Global Surveyor* o los rovers *Spirit* y *Opportunity*. Se trata de un laboratorio geo-químico rodante:

tiene el tamaño de un auto chico y seis ruedas de tracción, suspensión y movilidad independiente. En su carrocería metálica lleva montadas computadoras, reguladores de temperatura, antenas, un brazo mecánico (con taladro y pala) para tomar muestras del terreno y diez instrumentos científicos. Entre ellos, se destacan la *MastCam* (una cámara de alta resolución que tomará imágenes del paisaje y de puntos de interés geológico) y la *ChemCam* (una cámara con un rayo láser capaz de evaporar la superficie de las rocas, para luego analizar ese vapor con un espectrómetro y determinar composiciones químicas). También analizará la composición del suelo y del aire, realizará monitoreos meteorológicos diarios

y hasta podría detectar agua y materia orgánica en el subsuelo marciano.

FICHA TÉCNICA

Tamaño: 3 metros de largo, 2,9 de ancho y 2,1 de alto (mástil).

Peso: 900 kilogramos.

Instrumentos científicos: 10 en total, incluyendo la cámara principal (*MastCam*) y la cámara química (*ChemCam*), ambas en el mástil. Espectrómetros, detectores de radiación, sensores meteorológicos y un brazo robot.

Fuente de energía: batería de plutonio (10 años de duración).

Movilidad: podrá recorrer hasta 90 metros por hora y 200 metros en un día.

Duración de la misión: 1 año marciano (23 meses terrestres), como mínimo.

MIGUEL SAN MARTÍN EN EL PLANETARIO

“Buscamos el pasado climático y geológico de Marte”

Foto: Alfredo Maestroni



Miguel San Martín, ingeniero argentino que trabaja en la NASA desde hace 27 años, uno de los responsables del descenso en Marte del vehículo robótico *Curiosity*, brindó una conferencia en el Planetario de la Ciudad de Buenos Aires.

en Buenos Aires. Cursó en Estados Unidos sus estudios universitarios y realizó su sueño de contribuir a la exploración espacial en la NASA. Se recibió con el título de Ingeniero Electrónico en la Universidad de Siracusa, con *summa cum laude* (“con alabanza, laureado”, en latín), y en el Instituto de Tecnología de Massachusetts, con un Máster en Ingeniería Aeroespacial. Luego de su graduación fue contratado por el *Jet Propulsion Laboratory*, el centro de la NASA que se especializa

El pasado 6 de agosto, el Laboratorio de Propulsión a Chorro de la NASA posó sobre la superficie de Marte el vehículo de exploración *Curiosity*, de casi una tonelada de peso y un costo de 2500 millones de dólares. Fue una de las maniobras de descenso más peligrosas y audaces en la historia de la exploración espacial. Días más tarde, el ingeniero San Martín, que estuvo a cargo del diseño y la implementación del sistema de guiado y navegación que controló al *Curiosity* durante ese descenso, brindó una presentación en el Planetario donde detalló los objetivos científicos de la misión y los desafíos técnicos para colocar a la sonda espacial sobre la superficie del planeta rojo.

“¿Por qué pensás que esto va a funcionar?, fue la pregunta que más veces tuvimos que responder en los últimos 8 años de

trabajo. Justamente, por eso, porque estuvimos 8 años trabajando en ello”.

Alejandro Miguel San Martín nació en 1959 en Villa Regina, Río Negro, y creció



El Ing. San Martín, familiares, amigos y parte del personal del Planetario.

Foto: Alfredo Maestroni

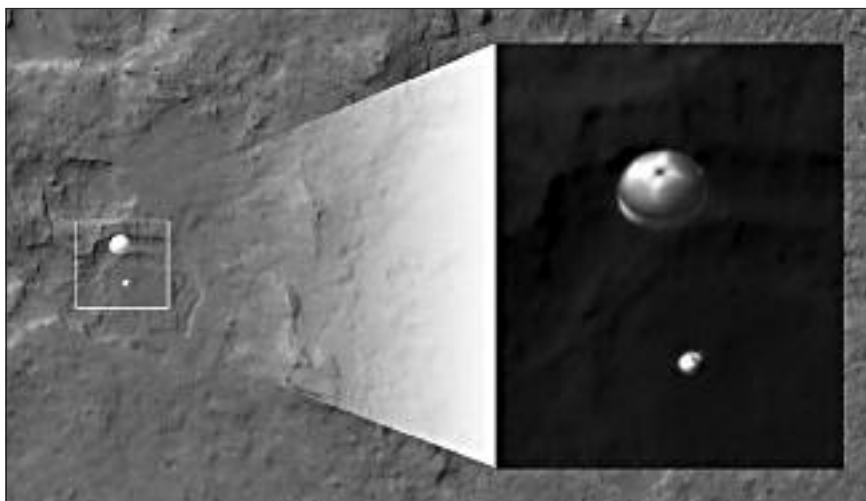
liza en la exploración planetaria, donde se desempeña desde hace 27 años. Su área de especialización es el guiado, navegación y control de naves espaciales interplanetarias. Participó en las misiones *Magallanes* (a Venus), *Cassini* (a Saturno), *Pathfinder* (que posó al *Sojourner*, el primer vehículo robótico en Marte), en el descenso y posterior desempeño científico de los vehículos *Spirit* y *Opportunity* (en Marte), y ha sido miembro de varios paneles de asesoramiento para las misiones *Topex*, *Mars Polar Lander*, *Deep Impact* y *Phoenix*.

En su visita a nuestro Planetario, San Martín se encargó de dejar en claro por qué Marte es una de las prioridades de la exploración espacial. **“Porque tenemos suficiente evidencia de que hace unos 3000 millones de años era un planeta cálido y húmedo, con mucha agua, como lo es la Tierra ahora. Hoy Marte es lo opuesto a eso. En aquel pasado remoto estaban las condiciones necesarias para que pudiera surgir la vida también en Marte. Eso hace que los científicos de todo el mundo tengan interés en saber si alguna vez existió vida allí, para tratar de responder a una pregunta que la humanidad se ha hecho a través de los siglos: si estamos solos en el Universo. Las condiciones que se dieron en la Tierra, la química, la temperatura, la humedad... son casi un accidente cósmico. Pero ante la cantidad de mundos que pueda haber en el Universo, que es tan grande, las posibilidades de que haya vida en otra parte crecen, y nada mejor que intentar encontrarla en un mundo vecino. Eso haría suponer que la vida no es tan poco común. Por eso, la importancia está en probar esta hipótesis en Marte”**.

-¿Por qué es tan difícil buscar vida en Marte?
-En primer lugar, detectar vida es difícil en cualquier lado, ya que la definición de “vida” no es del todo clara. Aparentemente, hay ciertas reacciones químicas que no son biológicas, pero que se asemejan muchísimo a eso. Si se encontrara un organismo complejo sería más simple, pero si se tratara de microorganismos, sería mucho más difícil. Ya se ha fracasado en misiones anteriores en la búsqueda de vida en Marte, y así se desinfló todo el programa espacial de este planeta, ya que bajaron mucho las expectativas. Durante casi 20 años no se hizo nada al respecto. Entonces, ahora la NASA decide ir y bus-

car, primero, evidencias de agua; luego, condiciones de probabilidades para la supuesta existencia de vida; y luego se estudiará dónde buscarla, e incluso está la idea de traer muestras a la Tierra para ser analizadas. El próximo paso será buscar condiciones de vida y compuestos orgánicos. El ingeniero argentino tuvo una participación fundamental en el diseño de los instrumentos que le permitieron al *Curiosity* descender en suelo marciano. Pero una vez superados esos pasos, **“había que buscar el lugar propicio para aterrizar, teniendo en cuenta los objetivos científicos de esta mi-**

sión. El cráter en el que descendió la nave posee montañas con capas geológicas sedimentarias, que cuentan la historia del pasado climático y geológico de Marte. Por eso elegimos ese lugar. Pero al comenzar a transitar el *Curiosity* por la superficie de Marte, los científicos querían reconocer cosas que no estaban, en un principio, en los planes, ya que a cada paso que el vehículo da, algo les llama la atención. Y nosotros, los ingenieros, tenemos que hacer que las cosas sigan funcionando. En este caso, los científicos son como nuestros clientes, y trabajamos para ellos”.



Gracias a misiones anteriores, el descenso del *Curiosity* se vio apoyado por naves espaciales que se encuentran en órbita de Marte hace ya algunos años. **“Eso nos permitió sacar esta primera imagen, que quizás no tenga mucho valor científico, pero sí histórico. Es como si alguien le hubiera tomado una foto a Colón al llegar a América”**.

Miguel se refirió también a la tecnología actual y a la intención, en el futuro, de **“colocar un vehículo que, al menos, tenga la inteligencia de una hormiga para transitar el suelo marciano. Por ahora, estamos lejos de eso”**. Por eso, el sueño de enviar a Marte una nave tripulada por seres humanos que, además de ir e investigar la superficie marciana *in situ* puedan regresar sanos a la Tierra, está muy lejos de concretarse. **“Entre muchas otras cosas, hay que ver cómo hacer descender sobre la superficie marciana unas 30 toneladas de carga, ya que apenas pudimos hacer bajar una tonelada. Otra cosa es cómo desacelerar el descenso. Estamos trabajando en eso, pero hoy en día no tenemos la tecnología necesaria, por lo que habrá que desarrollarla. Debería crearse un plan internacional a través de una decisión política. Pero lamentablemente no estamos muy arriba en la consideración de los políticos. Quizás, si China se lanzara a hacerlo y se produjera una competencia ideológica como cuando el hombre llegó a la Luna, otros podrían lanzarse a esa competencia. Obama dijo que en 30 años se podría llevar gente a Marte, pero no veo que para eso se esté trabajando ahora. Pero tampoco creemos que sea imposible”**. Quizás no haya nacido aún el primer ser humano que pise Marte, y quizás, entre los miles de chicos que nos visitan en el Planetario, haya algún futuro científico que aporte su granito de arena en la exploración espacial o en la investigación científica. Miguel San Martín inició su charla emocionándose al recordar cuando era niño y venía al Planetario. Su sueño se hizo realidad. Y por eso se despidió, en la puerta ya de nuestra institución, diciendo: **“¡Incentiven a los chicos!”**. Allí nos dimos cuenta, una vez más, de que quienes hacen ciencia tienen objetivos similares a quienes la divulgamos. ■

El primero de nosotros

Las naciones tienen muchos héroes y próceres. Sin embargo, hay pocos héroes de la humanidad que han cruzado todas las fronteras políticas, sociales y religiosas. Neil Armstrong fue nuestro héroe global contemporáneo.

Desde chico, Neil sintió una irresistible atracción por los aviones. A los 16 años ya había obtenido su licencia de vuelo. Estudió ingeniería astronáutica y a comienzos de los años '50 fue uno de los pilotos más destacados de la Marina de los Estados Unidos, durante la guerra de Corea. Pero la guerra no hace grande a nadie. Lo que hizo grande a Neil vino tiempo más tarde.

Hacia 1962, la NASA lo convocó para formar parte de la selecta lista de astronautas que participaría de las futuras misiones espaciales. En 1966 formó parte de la misión orbital Gemini 8. El resto es historia conocida: el 20 de julio de 1969, Neil Armstrong se convirtió en el primer ser humano que pisó el suelo de



Foto: NASA, Apolo 11

otro mundo. Fue una hazaña mayúscula, un hito que debe enorgullecernos como especie, más allá de obvias cuestiones políticas y militares, que con el correr de los siglos quedarán en el más absoluto de los olvidos.

Neil Armstrong se nos fue el pasado 25 de

agosto, a la edad de 82 años. Aquel chico que soñaba con volar, un buen día tomó coraje, se subió a un cohete monumental y voló... hasta la Luna. El primero de nosotros. ■

Mariano Ribas

Astronautas en Buenos Aires

El Planetario recibió la visita de dos ex astronautas de la NASA, quienes compartieron sus experiencias en los programas de transbordadores, exploraciones y estaciones espaciales, en dos conferencias abiertas al

público y gratuitas brindadas durante el mes de septiembre. La astronauta **Ellen Baker** realizó tres viajes en los que contó más de 600 horas en el espacio durante la década del '90. Fue especialista en las misiones STS-34, STS-50 y STS-71, y además es geóloga y médica. En 1989 voló a bordo del transbordador Atlantis STS-34 y ayudó a desplegar la nave espacial Galileo, que posteriormente se dirigió a Júpiter. En 1992 voló a bordo del Laboratorio de Microgravedad para estudiar diferentes ciencias en un medio ambiente de baja gravedad, y en 1995 formó parte de la primera tripulación estadounidense en acoplarse con la Estación Espacial rusa Mir. Por su parte, el **Dr. Lawrence J. DeLucas** fue miembro de la tripulación del transbordador espacial Columbia STS-50 en 1992 y colaboró en el Laboratorio de Microgravedad de la misión *Spacelab*. Durante trece días llevó a cabo una amplia variedad de experimentos relacionados con el procesa-



Foto: Pablo España

miento de materiales y la física de los fluidos. Al concluir la misión, el Dr. DeLucas había viajado más de 9 millones de km en 221 órbitas a la Tierra, y había acumulado más de 331 horas en el espacio. ■

Foto: A. Russomando



Escondiendo al gigante

Gracias a una serie de sucesos que la tienen como protagonista, la Luna vuelve a decir presente en las observaciones astronómicas. La mañana del sábado 8 de septiembre, la ciudad de Buenos Aires y sus alrededores se presentaba igual que en los días anteriores, bajo una capa densa de nubes que amenazaba con arruinar lo que no se observaba desde 1998: una ocultación del planeta Júpiter por la Luna. Como curiosidad agregada, esto ocurriría poco después de las 8 de la mañana, es decir, a plena luz del día.

Júpiter es el segundo planeta más brillante de nuestro cielo, después de Venus, y si uno sabe su posición exacta, puede ser visible durante el día. Pero el brillo del cielo diurno dificulta extremadamente la posibilidad de encontrarlo. La presencia de la Luna muy cerca del planeta resulta fundamental para facilitar esa tarea. Ésta fue una de esas extrañas oportunidades que nos brinda la observación del cielo diurno: buscar la Luna y descubrir a su lado un puntito brillante, nada menos que Júpiter, que tanto brilla de noche.

La imagen de la tapa de esta cuarta edición de **Si Muove**, realizada por Mariano Ribas, corresponde a los momentos previos a la ocultación, que ocurrió a las 08:13 del 8 de septiembre. Minutos después, el propio movimiento de la Luna alrededor de la Tierra, viajando a unos 3500 km por hora, la llevó a taparnos a Júpiter durante casi una hora y media, hasta que el planeta asomó por el lado opuesto de nuestro satélite. En realidad, como en todos estos

casos de alineaciones y ocultaciones, fue sólo una cuestión de perspectivas, algo que ocurre según el lugar en el que nos encontremos. En este caso, la Luna estaba a 403.500 km de la Tierra, mientras que de Júpiter nos separaban unos 735.000.000 de km, lo que hace que el planeta se encuentre unas 1821,5 veces más alejado de nosotros que la Luna.

Caminos que se cruzan

Durante el año, el Sol recorre un camino aparente en el cielo al que denominamos Eclíptica. Los planetas del Sistema Solar, incluida la Tierra, giran alrededor del Sol en planos orbitales que si bien no son exactos, son similares y mantienen leves inclinaciones unos respecto de los otros. Eso hace que, vistos desde la Tierra, los planetas realicen trayectorias por un camino similar al que transita el Sol en nuestro cielo, siempre cerca de la Eclíptica. La Luna también realiza un recorrido aparente similar en nuestro cielo, y como está más cerca que cualquiera de los planetas, es lógico que, cada tanto, pase por delante de alguno de ellos y nos lo tape. A eso se llama Ocultación. Es un fenómeno de perspectivas cuya única importancia radica en que nos permite disfrutar de curiosos paisajes en el cielo, pero que en el pasado ayudó a determinar distancias enormes en el Sistema Solar a través de métodos geométricos.

A estar atentos

Si bien debieron pasar unos 14 años desde la última ocultación de Júpiter por la Luna



visible en nuestro país, estamos disfrutando de una seguidilla infrecuente de estos fenómenos. Al evento del 8 de septiembre se sumó una ocultación, en este caso, de Marte por la Luna. El miércoles 19 de septiembre la Luna pasó por delante del planeta rojo y lo ocultó entre las 17:55 y las 19:10. Para los observadores de latitudes cercanas a la de Buenos Aires, Marte “desapareció” por detrás de la Luna durante el día y volvió a “aparecer” casi de noche.

Los próximos eventos de este tipo tendrán nuevamente como protagonista a Júpiter. La Luna volverá a ocultarlo el **28 de noviembre**, aunque en este caso el inicio del fenómeno tendrá lugar mientras ambos astros se encuentren aún bajo el horizonte. Desde Buenos Aires y alrededores podremos ver salir a la Luna Llena ese día a las 20 h por el este-nordeste, en la constelación de Tauro, sin



Foto: Carlos Di Nallo

Instantes posteriores a la reaparición de Marte por detrás de la Luna el 19 de septiembre de 2012. La imagen demuestra, a pesar de una insólita creencia popular moderna, que nunca Marte puede verse tan grande como la Luna.

nada extraño en sus cercanías. Pero si esperamos hasta las 21 h veremos cómo se asoma Júpiter por detrás (si la Luna fuera un reloj, Júpiter aparecerá por donde la

aguja marca las 10). Todo ocurrirá a unos 10° de altura, es decir, cerca del horizonte, por lo que para observarlo bien habrá que buscar lugares despejados de obstáculos, como edificios y árboles, hacia el noreste.

Un mes después, en la tarde del **25 de diciembre** nuevamente podremos ver todo el fenómeno de ocultación. La Luna y Júpiter asomarán por el horizonte a las 17:55. Los instantes posteriores serán ideales para buscar a Júpiter de día, ya que la ocultación comenzará a las 19:41 y terminará a las 20:20.

Si alguno de estos días el cielo llegara a estar nublado, tendremos la última revancha en las primeras horas del **22 de enero**. Otra ocultación de Júpiter por la Luna ocurrirá entre las 00:55 y las 01:52, apenas 15 minutos antes de que ambos se oculten por el horizonte oeste. ■

Júpiter poco antes de ser ocultado por la Luna en la mañana del 8 de septiembre de 2012.

Foto: Mariano Ribas



Bajo una misma Luna



Foto: A. Russomando

El pasado 22 de septiembre, el Planetario de la Ciudad de Buenos Aires participó de la “Noche Internacional de la Observación de la Luna”, un evento mundial de

divulgación astronómica que crece año tras año. Con el lema “Bajo una misma Luna”, el Planetario organizó un evento público y gratuito, en el que cerca de

1200 personas pudieron observar nuestro satélite a través de telescopios y en una pantalla gigante, acompañados con música y charlas didácticas al aire libre. ■

Foto: A. Russomando



Los colores de la Luna

Por Mariano Ribas, Planetario de la Ciudad de Buenos Aires “Galileo Galilei”.

*“¡Hey, es naranja, es naranja... encontré suelo naranja!”,
Harrison J. Schmitt, astronauta y geólogo del Apolo 17 (1972).*



Foto: Mariano Ribas

Cuando Gene Cernan escuchó las vibrantes palabras de su compañero de aventuras, allí en el gran valle lunar de Taurus-Littrow, quedó estupefacto. “*Pensé que Jack había pasado mucho tiempo en la Luna, y que ya era hora de llevarlo a casa*”, recuerda con una sonrisa, cuarenta años más tarde, quien fuera el último ser humano en pisar suelo selenita, esa superficie polvorienta y abrumadoramente grisácea. Justamente por eso, la gran sorpresa: luego de una veloz corrida dando toscos saltitos, Cernan llegó hasta el cráter Shorty. Allí lo esperaba Schmitt, junto a una pequeña fosa que recién había excavado, señalándole orgulloso su colorido hallazgo: sí, tierra naranja. Ya de regreso a la Tierra, los análisis químicos de las muestras revelaron que ese material lunar contenía montones de esferas microscópicas anaranjadas, salpicadas de titanio, zinc y una notable presencia de óxido de hierro. Tierra naranja en un mundo gris. La curiosa anécdota de los astronautas del Apolo 17 puede resultar sorprendente. Al fin de cuentas, con sólo mirar la Luna a simple vista podemos darnos cuenta de que los colores no parecen ser su especialidad. Y sin embargo, los tiene. De manera tímida, sutil, casi austera, la Luna también es un mundo colorido.

Blanco y negro... y algo más

En las noches de Luna Llena, nuestro satélite parece un brillante disco en blanco y negro. Nada de colores. Al menos, eso es lo

que parece a simple vista. Las zonas más claras son las llamadas “tierras altas”, las más antiguas y accidentadas de nuestro satélite. Estas regiones son una suerte de “registro

fósil” de los tiempos más remotos y violentos del Sistema Solar: están completamente cubiertas de antiquísimos cráteres, enormes fosas provocadas por los terribles impactos

Foto: NASA, Apolo 17



El vehículo lunar del Apolo 17 y (abajo) el sector en el que el astronauta Schmitt encontró tierra naranja, al borde del cráter Shorty.

de meteoritos, asteroides y cometas, hace alrededor de 4 mil millones de años.

Las manchas oscuras, por el contrario, son regiones mucho más suaves y relativamente más “jóvenes”. Son los famosos “mares”, así llamados porque los observadores de antaño creían que eran grandes superficies cubiertas por agua. Pero la verdad es que no hay nada más seco que los mares selenitas: son enormes y suaves llanuras de roca volcánica, que cubren el 16% de la Luna (aunque su distribución es muy despareja: son muy notables en su cara visible y casi nulos en su cara oculta). Los “mares” se formaron hace unos 3000 a 3500 millones de años, cuando inmensos flujos de lava brotaron del interior de la Luna, bañando y rellenando cráteres colosales de cientos de kilómetros de diámetro. De ahí sus formas bastante redondeadas. Por su relativa suavidad, los mares fueron los lugares elegidos para el descenso de las seis misiones Apolo (11, 12, 14, 15, 16 y 17) que, entre 1969 y 1972, llevaron a doce astronautas a la superficie lunar; doce hombres que caminaron por aquellos suelos duros, polvorientos y apenas salvados de la chatarra total por algunas colinas y cráteres. A diferencia de lo que vemos a simple vista desde la Tierra, los astronautas observaron que los paisajes lunares muestran suaves matices de grises, amarillos y marrones, además, claro, del muy puntual y anaranjado hallazgo de Cernan y Schmitt, junto al cráter Shorty. Esta historia comienza a tomar color.

Buscando colores con telescopios

Los colores de la Luna están, pero necesitan de una ayudita para estallar ante nuestros ojos. En parte, esa ayuda nos la pueden dar

los telescopios, esas preciosas máquinas ópticas que, además de “acercarnos” lo que está muy lejos y resolver detalles finos, colectan mucha más luz de los astros que la que reciben nuestras pequeñas pupilas. Justamente, para el ojo humano la detección de colores depende mucho del brillo del objeto y de la saturación intrínseca de su color. Si ambos son muy bajos, no vemos colores, o los vemos en forma muy marginal.

Con su gran capacidad colectora de luz, los telescopios transforman a la aburrida Luna en blanco y negro que vemos a ojo desnudo, en un mundo un poco más colorido. Si miramos con cuidado, veremos que los “mares” que dominan la mitad occidental de la cara visible de la Luna, muestran los suaves tonos amarillento-amarronados que vieron, *in situ*, los astronautas de los Apolo

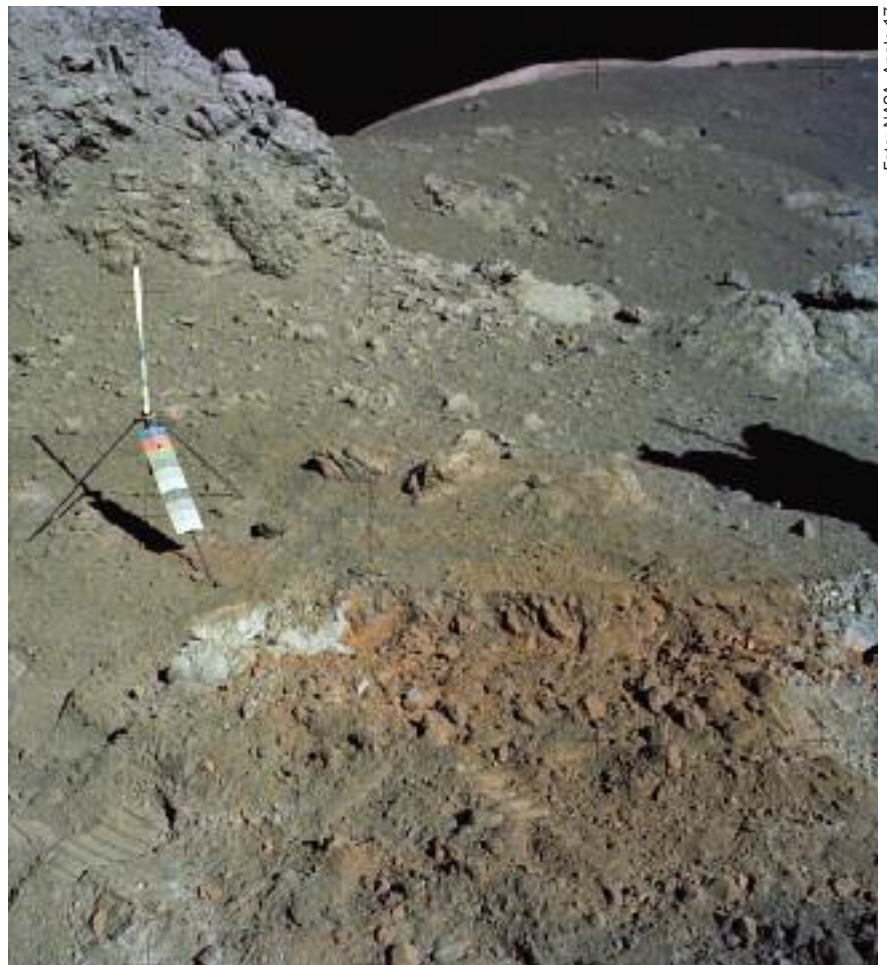


Foto: NASA, Apolo 17

12 y 14 (1969 y 1970). Más aún: del otro lado, en la mitad oriental de nuestro satélite, en el famoso Mar de la Tranquilidad, donde alunizó el Apolo 11 (1969), muchos astrónomos amateurs experimentados suelen “adivinar” un ligerísimo tono azulado en el gris predominante.

La meseta “mostaza”

Pero si de buscar (con un telescopio) colores en la Luna se trata, hay un lugar absolutamente descollante: la Meseta de Aristarco. Es una región rectangular de unos 200 km de largo que se eleva 2 km por encima de los impresionantes flujos de lava solidificada que forman el Océano de las Tormentas. Entre otras formaciones geológicas, esta meseta contiene, justamente, al cráter Aristarco, de 42 km de diámetro, uno de los más brillantes (y por ende, “nuevos”) de toda la Luna. Observada con telescopios, la Meseta de Aristarco muestra un claro tono amarillento. De hecho, muchos observadores experimentados dicen ver allí un color “mostaza”. Y esto es especialmente patente durante la Luna Llena, un día antes y un día después. En 1910, el físico estadounidense Robert W. Wood hizo estudios espectroscópicos de esta región y determinó que ese color se debía a la presencia de depósitos de azufre. Desde entonces, la meseta también es conocida como la “Mancha de Wood”.

Naves e imágenes digitales

En 1994, la sonda espacial estadounidense Clementine (que realizó un profundo estudio geológico, químico y mineralógico de nuestro satélite) también se hizo un tiempito para escrutar –cámaras y filtros mediante– los colores de la Luna. Cuando los científicos procesaron las finas imágenes de Clementine, e incluso algunas tomadas por la nave Galileo, de la NASA (que en viaje a Júpiter hizo dos fugaces pasadas por la Luna, en 1990 y 1992), obtuvieron resultados, literalmente, muy coloridos, y que, a grandes rasgos, coinciden con las actuales imágenes digitales logradas por astrónomos profesionales y amateurs.

Hoy en día, con la ayuda de telescopios, cámaras digitales y programas de procesamiento de imágenes (como el famoso *Adobe Photoshop*), es posible obtener fotos lunares completamente impensadas



Foto: Mariano Ribas

hace apenas unas décadas. Vaya como ejemplo la “Luna Llena a todo color” que ilustra el comienzo de este artículo, que es el resultado de la “suma” y posterior procesamiento de varias fotos individuales tomadas en la madrugada del 9 de enero de 2012.

Colores y química selenita

La clave para obtener este tipo de imágenes es aumentar dramáticamente el grado de saturación de los colores que la Luna realmente tiene. Pero hay que hacerlo de manera gradual y controlada, para obtener resultados visualmente agradables y sin demasiado “ruido” en la imagen. No se trata de inventar nada, sino, en todo caso, de exagerar lo que realmente está para hacerlo patente a la vista. Y así, por ejemplo, aparece claramente el color azul del Mar de la Tranquilidad, ese mismo azul que tantos observadores lunares han adivinado; el naranja y azul del Océano de las Tormentas; y también el marrón

amarillento de la zona central del Mar de la Serenidad. E incluso, algunos parches rosados o violáceos.

Más allá de mostrarnos una Luna mucho más atractiva, estos colores hablan en nombre de los materiales de su superficie: los azules corresponden a zonas de roca volcánica (lava enfriada) ricas en titanio, a diferencia de las zonas naranjas o violáceas, donde el durísimo metal es mucho más escaso. Los tonos amarillados y amarillentos, por su parte, delatan una mayor presencia de lavas ricas en hierro. Finalmente, las tan extensas zonas rosadas indican la presencia de feldespatos, minerales muy duros y ricos en aluminio que dominan las tierras altas de la Luna.

Después de miles de millones de años de triste y oscura existencia, y de la mano de las nuevas tecnologías, la Astronomía ha logrado rescatar los colores de la Luna. Y así, de pronto, nuestro viejo y querido satélite se nos presenta como un mundo enteramente nuevo. ■

ASTROFOTOGRAFÍA

Amateurs con nivel profesional

En los últimos años, la fotografía astronómica se ha visto favorecida notablemente con la implementación de nuevas tecnologías en cámaras y telescopios. Gracias a ello, hoy podemos disfrutar de impresionantes imágenes que, hasta hace poco, parecían exclusivas de los más grandes observatorios del mundo. Ahora, muchos astrofotógrafos aficionados son capaces de lograr imágenes sorprendentes, que nada tienen que envidiar a los métodos profesionales. Muchas veces, nuestra revista se ve enriquecida con el trabajo de los astrofotógrafos amigos, a quienes les pedimos determinados objetos para ilustrar los artículos. Esta vez, quisimos que la elección de la imagen fuera de ellos, y que la justificaran contándonos por qué, cada uno, se decidió por estas fotos que embellecen nuestra Galería Astronómica.



Autor: Ezequiel Bellocchio

Objeto: IC 2631, Chamaeleon Cloud Complex, Nebulosa oscura en la constelación de Camaleón.

“Elegí esta imagen porque durante muchos años me quedaba horas mirando en la Web esas fantásticas tomas de nebulosas oscuras, y soñaba con poder algún día hacer una foto así. Por suerte, después de mucho tiempo y esfuerzo, en una escapada con amigos en busca de cielos oscuros, lo intenté, y aun con pocas expectativas de lograrlo, pude darme el gusto de hacer mi primera toma de estas espectaculares zonas de absorción. Fueron casi cinco horas de exposición durante una cálida noche de enero de 2010, en Intendente Alvear, La Pampa, con un telescopio refractor Takahashi Sky90 y una cámara CCD SBIG ST-8300 monocromo con filtros Baader LRGB”.



Autor: Leonardo Sculli

Objeto: salida de la Luna en el mar

“Esperando la Luna Llena, con un cielo bien despejado y una seda de mar, tuve la oportunidad de agregar en este cuadro un puente de madera y sogas de, por lo menos, 15 cm de diámetro. Al salir, la Luna se mostró anaranjada-rojiza, y no sólo pude disfrutar del espectáculo astronómico, sino que también tenía de fondo a un grupo tocando candombe. El lugar se llama Aguas Dulces, en Uruguay, y posee un estilo en el que las casas están literalmente sobre las playas, con construcciones humildes, en su mayoría combinadas con madera y cemento, en cuyas paredes se pueden ver expresiones artísticas naturales, como el Sol y la Luna. La toma fue captada el 7 de abril de 2012 con una Canon T1i”.



Autor: Leonardo Julio

Objeto: Cúmulo Abierto NGC 4755, el “Joyerero”, y la Nebulosa oscura Saco de Carbón.

“Esta foto resultó muy llamativa en los foros de Astronomía por las estructuras internas y los colores que se pueden apreciar en el Saco de Carbón, un objeto muy observado pero poco fotografiado con largas exposiciones”.



Autor: Carlos Di Nallo

"Es mi objeto preferido. Si bien hago un poquito de todo, la Luna siempre me puede. Esta foto me llevó un trabajo especial: normalmente, este tipo de cuadro lo hago con cámara réflex, pero esta foto está realizada con una cámara tipo Web, con lo cual en el cuadro entran pequeños sectores de la Luna. Se filma cada sector y de cada filmación se hace una foto, para luego juntarlas todas y armar finalmente un mosaico. Para esta foto fueron necesarios 20 videos que terminaron armando 20 piezas del rompecabezas".

Autor: Sergio Eguivar

**Objeto: Cúmulo Abierto
M 6, la "Mariposa".**

"Este proyecto tiene un valor muy importante, ya que fue mi primer trabajo seleccionado por la NASA en su conocida publicación Astronomy Picture of the Day (APOD). La imagen forma parte de una base de datos recopilada por la NASA de trabajos publicados durante el año 2011, y que se distribuye mundialmente en casas de estudios, planetarios y lugares de interés educacional. Esta imagen, tomada desde Mercedes, provincia de Buenos Aires, la he adquirido con mi primer telescopio, un reflector de 150 mm de apertura y 750 mm de distancia focal, que si bien pasó por algunas mejoras mecánicas y ópticas, tiene un sentido emotivo muy especial".





Autor: Diego Sassone

"Esta imagen tiene la particularidad de mostrar un objeto terrestre en contraste con la Vía Láctea, y esto le da volumen y desplazamiento a la foto. El objeto es un árbol pintado con una linterna roja durante una toma de larga exposición (20 segundos) del cielo. Fue realizada en Punta Indio el 25 de marzo de 2012, y se aprecia el centro galáctico entre las constelaciones de Escorpio y Sagitario".



Autor: Matías Tomasello

**Objeto: Cúmulo Abierto
NGC 3532 y Nebulosa
GUM 36**

"Es una de las imágenes propias que más me gustan porque en el campo de visión se combinan un cúmulo y una nebulosa de reflexión, con un fondo muy nutrido de hidrógeno, más algunas manchas de gas dispersas. No es común encontrar en una fotografía una combinación así. La imagen fue obtenida desde mi observatorio en Munro, Vicente López, provincia de Buenos Aires, el 16 de enero de 2012, con un telescopio Orión ED 80 y una cámara CCD Sbig ST-8300M".



Autor: Marcelo Salemme
Objeto: Nebulosas Cabeza de Caballo y la Flama

“Elegí esta foto dado que la Cabeza de Caballo fue uno de los objetos que desde chico me deslumbraba cuando veía la imagen en una Guía de Campo de las estrellas y los planetas. Siempre quería verla con mi pequeño telescopio y no lo lograba. Hace unos años intenté fotografíarla desde la ciudad mediante la utilización de filtros, ya que la contaminación complica la fotografía. Después de muchas horas de exposición y trabajo de procesado, logré esta imagen que realmente me fascinó, ya que se ve tal cual la imaginaba, e incluso, mejor que aquélla que estaba en la Guía”.



Autor: Mariano Ribas
Objeto: Cometa Hyakutake

“En tiempos en los que todos los astrofotógrafos trabajan con sofisticadas cámaras digitales, puede resultar extraño elegir una vieja foto ‘de rollo’. Pero tengo buenas razones para hacerlo: esta fue una de mis primeras astrofotografías. El protagonista fue el magnífico cometa Hyakutake, el primero que me enseñó lo que es un verdadero Gran Cometa. Fue durante la madrugada del 24 de marzo de 1996 en una isla perdida en el sur de Entre Ríos, y nunca olvidaré la emoción de ver esa ‘lanza de luz’ de unos 25 grados de largo, sobre un cielo oscuro y repleto de estrellas (incluyendo a la brillante y rojiza Arturo, en el ángulo superior derecho de la foto). Aquella noche gasté todo un rollo de la venerable película Fuji Supería de 400 ASA, y esta foto, tomada con una vieja cámara rusa marca Zenit, fue la mejor de la cosecha: tiene 10 minutos de exposición con seguimiento totalmente manual”.



Autor: Omar Mangini

Objeto: Nebulosa IC 4628 con filtro H alpha

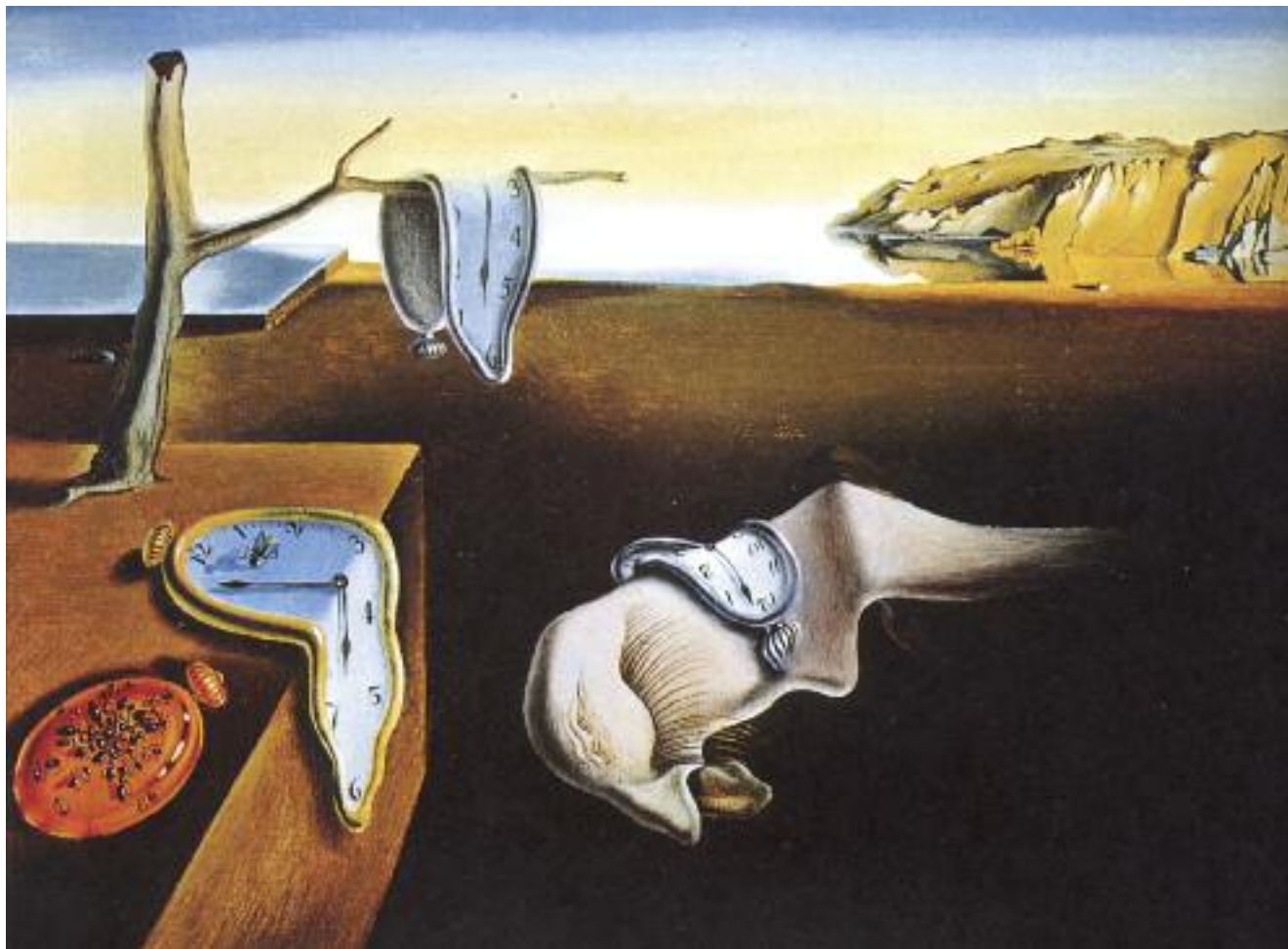
"Esta foto está tomada con un filtro H α , que deja pasar sólo 12 nanómetros del espectro del hidrógeno alfa, una de las líneas de emisión del H, que emite en el sector infrarrojo. Es en blanco y negro porque, como se trata de un color falso, se utiliza esta forma convencional en la imagen final. Lo lindo de este tipo de tomas es que, como las saco bajo la polución de la ciudad, casi toda la contaminación lumínica es filtrada, y así pueden lograrse imágenes de objetos débiles, como la nebulosa de emisión IC 4628, en la constelación de Escorpio. Los detalles que se adquieren son debido a que la fotografía no deja ver todo lo que compone al objeto en sí mismo, sino sólo una parte, la del gas que emite en esa franja del espectro. Así se pueden apreciar mejor ciertas estructuras, como en una radiografía, donde aparecen sólo huesos y algunas sombras de otros órganos, que si no fueran tomados con rayos X no se verían de ninguna manera. En la imagen a color del mismo objeto, se notan las diferencias".

ESFUERZOS Y DESLICES PARA LOGRAR LA MEDICIÓN DEL TIEMPO

Y el tiempo no para...

Por Diego Luis Hernández, Planetario de la Ciudad de Buenos Aires "Galileo Galilei".

"Todo cambia, nada perece. El tiempo lo da y lo quita todo", Giordano Bruno (1548-1600).



"La persistencia de la memoria", por Salvador Dalí (1931).

¡Cómo pasa el tiempo! Démosle paso al tiempo. ¡Qué tiempos aquéllos!

Desde que el tiempo es tiempo, su medición ha sido la obsesión de los pueblos civilizados. Hoy vivimos pendientes de él. El reloj, el almanaque, la radio, la TV o Internet nos informan cuando lo necesitamos. Pero el primer medio de comunicación natural fue el cielo. Allí tenemos el más preciso modo de medir el tiempo. No fue fácil interpretarlo. Está ahí, nadie lo colocó (de haber sido así... ¡Por favor, lo hubiera hecho más simple!) y no es inmu-

table. Produce ciclos regulares, innovaciones fugaces y cambios menores pero inexorables. El cielo nos advierte el paso del tiempo: cuatro minutos, seis horas, un día, tres meses, un año, 26.000 años...

Estamos acostumbrados a dividir el tiempo en períodos exactos. Pero los movimientos de la Tierra y una intrincada serie de atracciones gravitatorias entre nuestro planeta, el Sol, la Luna; más la forma elíptica de las órbitas, los diferentes períodos de tiempo en los que se trasladan los astros, la precesión

de los equinoccios, etc., impiden una medición absolutamente fiel y con resultados redondos, como nos gustaría que sucediera.

El calendario que utilizamos en la actualidad fue ideado por Julio César, poseía originalmente 365 días y cuarto, y tuvo su arranque el 1º de enero del año 45 antes de Cristo. Los romanos contaban los años desde la fundación de Roma. La idea de comenzar a contar desde el nacimiento de Cristo fue engendrada por un monje astrónomo, Dionisio el Exiguo,

quien en el año 532 estableció, con cálculos equivocados, el nacimiento de Jesús en el 25 de diciembre de 753 desde la fundación de Roma. Así, el 1º de enero de 754 desde la fundación de Roma sería el primer año de la era cristiana, **sin incluir ningún “año cero”**, ya que el concepto de cero no existía aún en Europa. El año anterior al 1 de la era cristiana fue entonces el año 1 antes de Cristo, ya que tampoco hay cero entre los números romanos. Este método fue aceptado en diferentes sectores del mundo occidental en distintas épocas, e incluso hoy existen sitios en los que se utilizan otros procedimientos.

César y el Sol contra la Luna

Luego de su viaje por Egipto, Julio César diseñó un calendario tras consultar a los astrónomos especializados de Cleopatra. Su base era el tiempo que le lleva a la Tierra dar una vuelta alrededor del Sol o, lo que las apariencias hacían suponer, el tiempo que tarda el Sol en recorrer la Eclíptica.

Pero cualquier observador del cielo de la antigüedad, con un poco de paciencia y regularidad, pudo haber notado antes que existen otros ciclos más simples, como los de la Luna, cuyas fases pueden ser calculadas y contadas con los dedos de las

manos. Así, lo más lógico era comenzar a calcular el tiempo según lo que le toma a la Luna completar un ciclo de fases. Hace más de 10.000 años se podía contar cuántas Lunas Llenas debían pasar entre las primeras nevadas y las épocas de siembra o de cosecha.

Cuando se establecieron las civilizaciones, muchos pueblos de Europa, Asia y América tenían calendarios lunares basados en el ciclo de doce meses de 29 ó 30 días, agrupados en un año de 354 días. Los antiguos griegos, los sumerios y los chinos se encontraban entre ellos. Pero este método llevaría a un error de aproximadamente 11 días al año, lo que equivaldría a un orden inverso de las estaciones en apenas 16 años. Para intentar solucionarlo, se intercalaban meses extras o, como en el caso de los babilonios, tenían años con 12 meses y años con 13 meses. Otros agregaban días cada determinada cantidad de años.

El Sol y el río

Hace 42 siglos, los sumerios poseían un año de 360 días, el mismo número que utilizaban para dividir en grados una circunferencia, como la de la esfera celeste, por ejemplo. Más tarde, los babilonios dividieron el día en dos etapas, y cada etapa en 12 períodos dedicados a cada signo del

zodiaco, llegando así a un día de 24 segmentos u “horas”.

Fueron los egipcios los primeros en adoptar al Sol como guía. Pero su calendario no era regido por los astros, sino por el río. Las márgenes del Nilo, donde se asentó la civilización egipcia, se desbordaban una vez al año debido al agua procedente de las lluvias en Etiopía. Sólo esto provocaba la fertilidad del valle. Conocer las fechas de este hecho era fundamental para el desarrollo de la agricultura. Casualmente, el desborde del Nilo coincidía con la aparición de *Sotis* (Sirio), la estrella más brillante del cielo, por encima del Sol al amanecer. Gracias a eso adoptaron un año solar de 365 días.

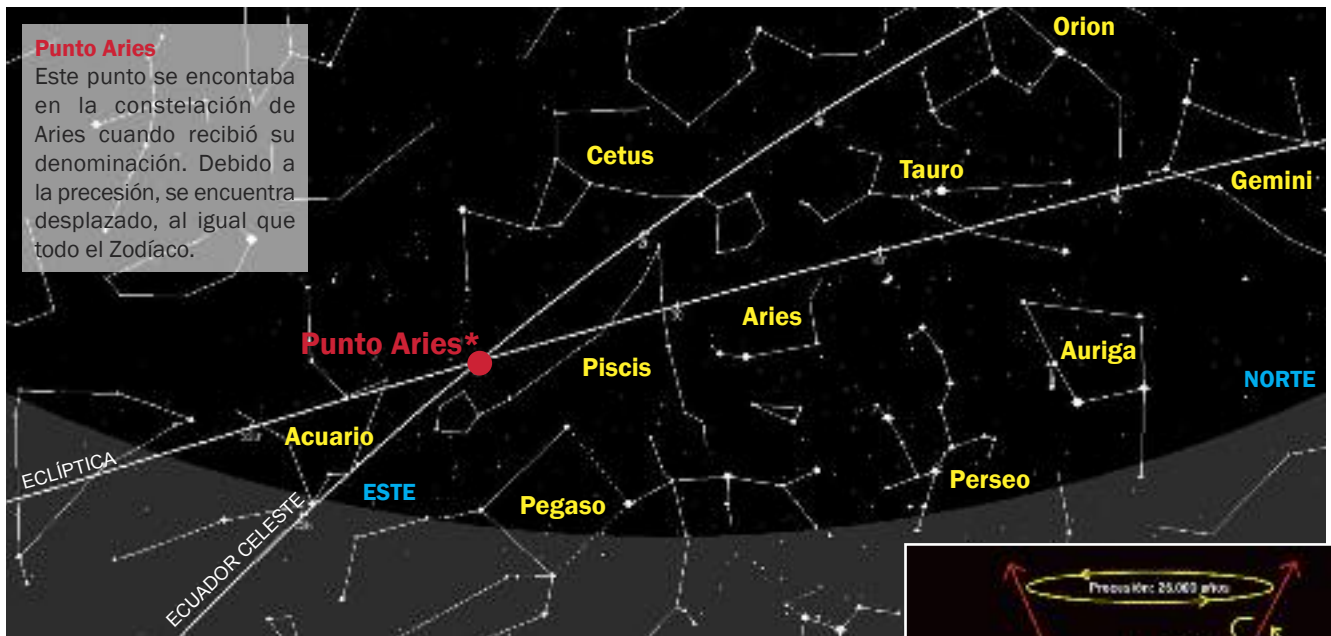
Los egipcios descubrieron que la fecha de la salida de *Sotis* se repetía en el mismo día de su calendario cada 1460 años, y que en esta cantidad de años había una diferencia de 365 días; lo que es lo mismo que un día cada cuatro años. Existen registros de que el faraón Tolomeo III Evergetes, tres siglos antes de Cristo, agregó al calendario un día más cada cuatro años, para sumar las seis horas por año que debían añadirse a los 365 días. Pero los sacerdotes egipcios, por razones de supersticiones, se negaron a realizar modificaciones en su calendario.

Más tarde, hacia el año 130 a.C., el astrónomo griego Hiparco de Nicea descubrió, al comparar observaciones antiguas, la precesión de los equinoccios, una leve desviación hacia el oeste de los puntos equinociales, causada por la interacción gravitatoria del Sol y la Luna con la Tierra. Esto provoca que, si no se hacen las



Salida del Sol desde el Nilo hace 4000 años. La aparición previa de la estrella Sirio (Sotis para los egipcios) marcaba la venida de las inundaciones del río, fertilizantes para todo el valle y su civilización.

El calendario que utilizamos en la actualidad fue ideado por Julio César. Poseía originalmente 365 días y cuarto y arrancó el 1º de enero del año 45 antes de Cristo.



(*) Equinoccio vernal en el hemisferio norte

correcciones necesarias, las fechas del comienzo de las estaciones se vayan adelantando lentamente. Hiparco calculó que el tiempo que le tomaría a un punto equinoccial volver a colocarse en su “lugar original” sería de unos 26 mil años, y que la duración más exacta del año solar era de 365 días, 5 horas y 55 minutos¹.

Los meses de Roma

Gracias a un informe del astrónomo Sosígenes de Alejandría, cuando Julio César llegó a Egipto se enteró de la forma que allí empleaban para medir el tiempo según el recorrido del Sol. Este método fue llevado a Roma para reformar su calendario y decretar, en el 46 a.C., el cese definitivo del calendario lunar.

En su calendario lunar, el fundador Rómulo había dividido un año de 304 días en diez meses, con días y meses agregados casi al azar. A los cuatro primeros meses los llamó *Martis*, *Aprilis*, *Maius* y *Junio* (por Marte, por la época de la cría de cerdos, por la diosa Maya y por la diosa Juno, respectivamente). A los demás meses los llamó *Quintilis*, *Sextilis*, *September*, *October*, *November* y *December* (quinto, sexto, séptimo, octavo, noveno y décimo²). El sucesor de Rómulo, Numa, agregó otros dos meses: *Januarius* y *Februarius*, ante la falta de los días para completar, al menos, un año de 354 días. Entre manipulaciones especulativas y errores involuntarios, hasta que Julio

Los puntos equinociales son las dos intersecciones entre el Ecuador Celeste (el ecuador de la Tierra extendido a la Esfera Celeste) y la Eclíptica (el recorrido aparente del Sol en el cielo durante el año). Debido a la precesión, estas posiciones se van corriendo lentamente hacia el oeste, y completan una vuelta en 26.000 años.



César regresó de Egipto el calendario romano fue un caos de meses atrasados con respecto al año solar. Como Tolomeo III dos siglos antes, César instituyó un calendario con tres años de 365 días cada uno, y un cuarto año de 366 días. Así estableció el año bisiesto cada cuatro años. El año 46 a.C. fue de ordenamiento para los romanos. ¡Tuvo 445 días!, con dos meses intercalados de 33 y 34 días respectivamente. Se acomodó para el 21 de marzo la fecha del equinoccio vernal, que hasta ese momento se suponía caía el 25 de marzo. También César colocó el primer día del año en el 1º de enero, y ya no en el equinoccio vernal; agregó los días necesarios para completar los 12 meses, alternando meses con 30 y 31 días, excepto febrero, que tenía 29 ó 30 según el año que le correspondiere. Más tarde, en su honor, el mes de *Quintilis* pasó a llamarse *Julius*.

Tras la muerte de César en el año 44 a.C., se cometieron algunos errores en el calendario que fueron corregidos por el emperador Augusto en el 8 a.C. Para ho-

menajearlo, el senado decidió cambiar el nombre del mes *Sextilis* por el de *Augustus*. Y no sólo eso: como el mes de Julio tenía 31 días y el de Augusto sólo 30, para no ser menos, se le quitó otro día a febrero, y así julio y agosto pasaron a tener 31 días cada uno. Para no tener tres meses seguidos con 31 días, se les cambió la duración a los siguientes meses: septiembre y noviembre pasaron a tener 30 días, y octubre y diciembre, 31. A partir de allí, el calendario y la medición del tiempo pasaron a estar al alcance de la mayoría de la gente, que empezó a emplearlo para organizar su vida.

Ordenando la semana

Trescientos cincuenta años después de César, el emperador Constantino “el Grande”, el legalizador del cristianismo en el imperio romano, estableció el domingo

como el primer día de una semana de siete días que, hasta ese entonces, no existía. Constantino desterró así la tradición pagana y judía de conmemorar el sábado; ordenó no trabajar el domingo, o *dies solis*, “día del Sol”, como homenaje al principal dios pagano. Los cristianos lo justificaron con el hecho de que Jesús había resucitado un domingo. Además, Constantino retomó una perdida tradición babilónica de otorgarle a cada día un dios/planeta, incluyendo a la Luna y al Sol. El orden de los días de la semana no responde ni a la distancia de los planetas (supuesta, al menos, en aquellos tiempos), ni a su brillo aparente, ni a sus movimientos. El hecho de contar lunes, martes, miércoles, jueves, etc., provendría de una tradición astrológica mesopotámica.

Con el fin de reglamentar una religión estatal (que con el tiempo terminaría reemplazando a la propia Roma), Constantino también estableció un orden a la hora de los festejos de las tradiciones cristianas, especialmente la de la Pascua. Luego de muchas discusiones acerca de si debía ser una fecha fija o móvil, y ante la imposibilidad de determinar con exactitud hechos que habrían tenido lugar más de 300 años atrás, se llegó a un acuerdo en el concilio de Nicea en el año 325. Se estableció que la fecha del domingo de Pascua se regiría según la Luna y el equinoccio ver-

nal. Simplificando una ecuación mucho más compleja, el primer domingo después de la primera Luna Llena después del equinoccio de marzo, se celebraría la resurrección de Jesús, al mismo tiempo en todos los lugares donde el poder romano/cristiano llegara.

Luego de la muerte de Constantino, el obispo Agustín de Hipona unió a la religión cristiana con la filosofía de Platón y Aristóteles, al menos, para explicar la concepción de la naturaleza. Así, las cuestiones científicas y la medición correcta del tiempo perdieron importancia durante más de mil años, no más que para las festividades religiosas. Ya en esa época en Europa la ciencia empezaba a ser considerada como una intromisión a los dominios de Dios. En

cambio, en Oriente la investigación científica siguió viva para, posteriormente, penetrar lentamente en Occidente.

Pero la idea romana de medir el tiempo y dividir el día en horas siguió viva, ya no para la guerra o la organización de las tareas domésticas, sino para el rezo y las oraciones. En un principio, el día simplemente estaba dividido en mañana, mediodía y tarde: *tercia*, *sexta* y *nona*. La vigente hora de la siesta procede de la *sexta*, y había momentos intermedios menos importantes como el amanecer y la noche absoluta. Pero aún quedaba un error de unos 11 minutos por descubrir, lo que implicaría un corrimiento insospechado de las fechas y nuevas correcciones al calendario.

Roger Bacon encuentra los 11 minutos

Muchos siglos más tarde, los atentos observadores del cielo (que eran pocos) y



Constantino “el Grande” retomó una perdida tradición babilónica de otorgarle a cada día un dios/planeta:

- Domingo = Sol
- Lunes = Luna
- Martes = Marte
- Miércoles = Mercurio
- Jueves = Júpiter
- Viernes = Venus
- Sábado = Saturno

quienes podían acceder a publicaciones antiguas acerca de las posiciones de las estrellas, se dieron cuenta de que la fecha real del equinoccio de primavera se había adelantado varios días, casi hasta el 14 de marzo. En 1267, un monje inglés llamado Roger Bacon lo anunció acaloradamente a Roma. Basándose en observaciones del siglo II después de Cristo del astrónomo griego Claudio Tolomeo, Bacon había calculado que el año del calendario era 11 minutos más largo que el tiempo que le toma al Sol volver a colocarse en el punto vernal, es decir, en el equinoccio de marzo. Esos once minutos no parecen mucho si se cuenta de un año para el otro, pero en varios siglos se convertiría en un problema evidente. Desde la época de Julio César, el calendario se había desfasado unos diez días, a razón de un día cada 125 años. Por lo tanto, las estaciones estaban adelantadas

con respecto a la fecha supuesta. Y no sólo eso, se estarían realizando las festividades religiosas en días incorrectos.

Por esa y otras herejías, Roger Bacon fue encarcelado y confinado al olvido durante tres siglos. A partir de 1572, el papa Gregorio XIII mandó a todos los astrónomos cristianos a investigar el asunto, ya que hacía décadas que los científicos venían elevando informes al respecto. Hasta Nicolás Copérnico, medio siglo antes, se había pronunciado desde su lejano monasterio en el norte, a orillas del mar Báltico, y había calculado la duración del año solar en 365 días, 5 horas, 49 minutos y 29 segundos, apenas 43 segundos más de lo que se mide en la actualidad a través de un reloj atómico.

En lo que fue el mayor ajuste del calendario desde la época de Julio César, en 1582 Gregorio tomó una medida drástica para ordenar las fechas: se quitaron 10 días al calendario. Millones de europeos se acostaron la noche del jueves 4 de octubre y, al otro día, cuando despertaron, era viernes 15 de octubre. Si en la actualidad nos causa trastornos adelantar una hora durante el verano, las demandas de la gente a la que le “robaron

diez días” fueron enormes. En diferentes lugares de Europa el calendario se fue ordenando en distintas épocas. Por ejemplo, en Inglaterra no se realizó la modificación hasta el siglo XVIII, y en Rusia, hasta 1929.

Al compás de un átomo de cesio

Hoy en día el tiempo no se mide observando el cielo sino calculando las oscilaciones del átomo de cesio, un metal increíblemente preciso a la hora de absorber y emitir energía con regularidad, con un margen de error de una milmillonésima de segundo por año. Pero si bien esto puede ser prácticamente exacto, la Tierra no lo es, y es por eso que periódicamente hay que agregar o quitar segundos³, introducir días o eliminar años bisiestos. La necesidad de medir el tiempo con exactitud está en todas partes: en la navegación y en las distancias estelares; para sembrar o para sacar un plato de arroz del horno a microondas; a la espera del tren o para saber cuánto tarda Usain Bolt en recorrer 100 metros llanos. De alguna manera, estamos esclavizados por el tiempo. ¿Por

qué? Quizás, la mejor respuesta la tenga el gaucho Martín Fierro:

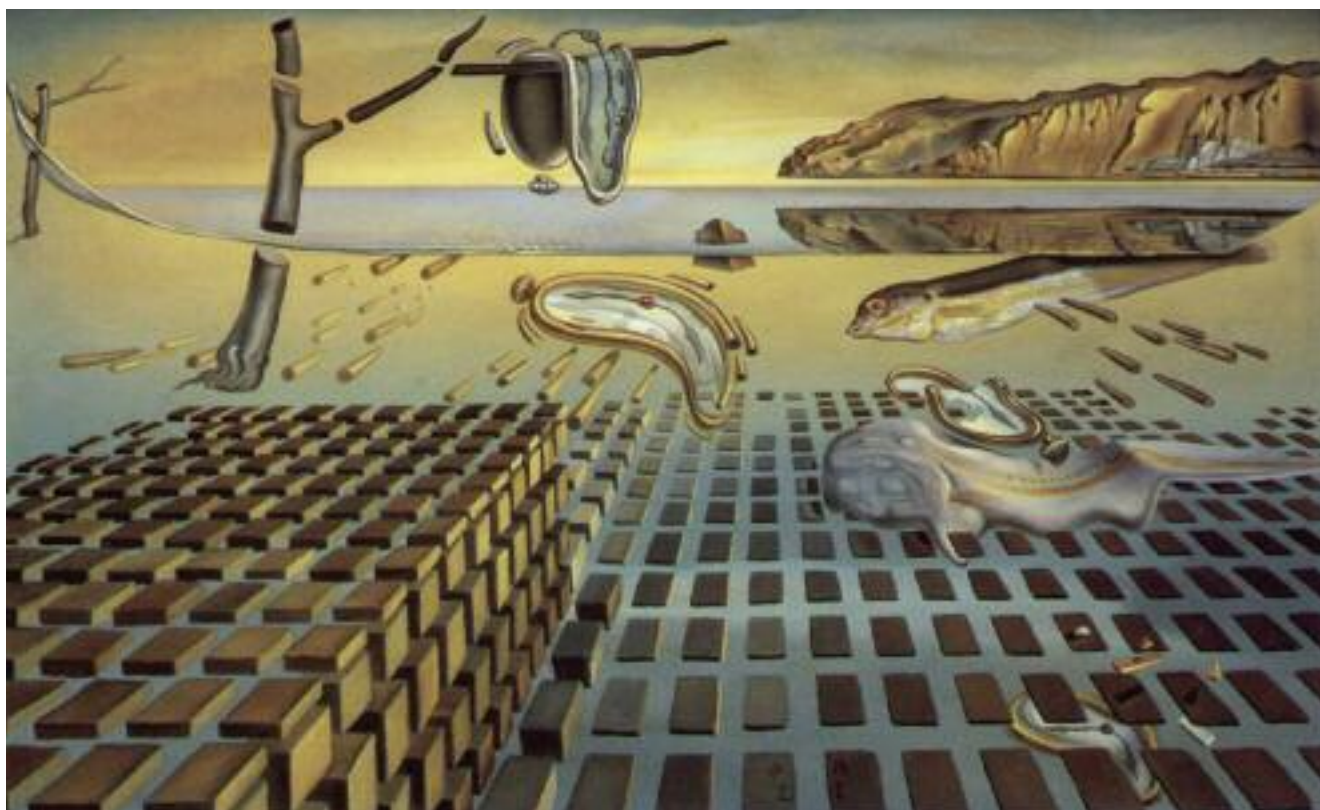
*Moreno, voy a decir,
Síguen mi saber alcanza:
El tiempo es sólo tardanza
De lo que está por venir.
No tuvo nunca principio,
Ni jamás acabará,
Porque el tiempo es una rueda
Y rueda es eternidad;
Y si el hombre lo divide,
Sólo lo hace en mi sentir,
Por saber lo que ha vivido
O le resta por vivir.*

José Hernández, *Martín Fierro* (1872).

1- Hiparco estuvo muy cerca en sus cálculos: a la Tierra le toma 365 días, 5 horas, 48 minutos y 46 segundos dar una vuelta alrededor del Sol.

2- En nuestra lengua, los nombres de los meses se escriben con minúscula. Sus denominaciones y las de los días de la semana provienen de una mezcla entre el idioma latín y el anglosajón.

3- El pasado 30 de junio se agregó un segundo más debido a las variaciones en la velocidad de la rotación terrestre.



“La desintegración de la persistencia de la memoria”, por Salvador Dalí (1954).



MEADE®

Telescopio astronomico ETX-LS LIGHTSWITCH

AHORA LA OBSERVACION ASTRONOMICA ES MAS FACIL



Novedoso y revolucionario sistema óptico ACF con función GO TO de búsqueda y seguimiento automáticos de mas de 30000 objetos celestes almacenados en su data base, incluyendo: CCD para astrofotografía, control electrónico de posición, salida multimedia con audio y video, conexión a monitor para observación en tiempo real, ranura para tarjeta SD, conectividad por USB y muchas mas sorprendentes funciones que facilita la observación de los principiantes.

OPTICA-FOTOGRAFIA-VIDEO
cosentino

Av. Pte. Roque Sáenz Peña 736 · Tel.: 4328-9120 · www.opticacosentino.com.ar

Todos juntos podemos hacer la diferencia.

www.fundacionsiemens.com.ar

Fundación Siemens reafirma su compromiso social.

Corporate Sustainability.

La Fundación Siemens Argentina promueve el desarrollo humano integral y la mejora de la calidad de vida, haciendo especial hincapié en la formación de las nuevas generaciones a través de sus programas Educación & Movilidad social, Servicios básicos &

Estructuras sociales / "Encourage", Identidades culturales & Arte y Medio ambiente; así como mediante el apoyo activo al planetario Galileo Galilei de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires en su fase de renovación tecnológica.